



T.C.
E GE Ü N İ V E R S İ T E S İ
Sosyal Bilimler Enstitüsü

MOBİLYADA BİYOMALZEME UYGULAMALARININ
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ:
BİR SEHPA TASARIMI ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Selin İLERİ

Endüstriyel Tasarım Disiplinlerarası Anabilim Dalı

İZMİR

2024

T.C.
E GE Ü N İ V E R S İ T E S İ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

MOBİLYADA BİYOMALZEME UYGULAMALARININ
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ:
BİR SEHPA TASARIMI ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Selin İLERİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Pınar KÖYMEN ÇAĞAR

Endüstriyel Tasarım Disiplinlerarası Anabilim Dalı

Endüstriyel Tasarım Kültürü ve Uygulamaları Yüksek Lisans Programı

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne sunduğum Mobilyada Biyomalzeme Uygulamalarının Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi: Bir Sehpa Tasarımı Örneği adlı yüksek lisans tezinin tarafımdan bilimsel, ahlak ve normlara uygun bir şekilde hazırlandığını, tezimde yararlandığım kaynakları bibliyografyada ve dipnotlarda gösterdiğimi onurumla doğrularım.

Selin İLERİ



ÖNSÖZ

Tezde tasarımda sürdürülebilirlik konuları biyomalzeme üzerinden incelenerek mobilya özelinde kullanılan türlere odaklanılmıştır. İncelenen biyomalzeme türleri içerisinde miselyum tasarıma entegre edilerek günümüzde sürdürülebilir bulunan geleneksel ahşap kompozitlerden kontrplak malzeme ile karşılaştırılmıştır.

Amaç, yeni malzeme türlerinin mobilya tasarımına etkisini üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçlerde değerlendirilerek sürdürülebilirlik açısından kıyaslamak gelecekteki çalışmalara teknik açıdan rehber olmaktır.

İZMİR, 2024

Selin İLERİ

ÖZET

Günümüzde sıklıkla gündeme gelen küresel iklim değışiklikleri, doğal kaynak rezervlerindeki tükenme riski gibi çevresel sorunlar birçok alanda olduğu gibi mobilya sektörünü ciddi biçimde etkilemektedir. Çevresel sorunlara yönelik çözümler arasında başlıca yer tutan yeni malzeme araştırmaları, son dönemlerde artış göstermektedir. Özellikle doğal kaynak rezervlerini geleceğe aktarma çabası bu yöndeki çalışmalara desteklemeyi öngörmektedir.

Bu noktadaki en büyük adımlardan biri mevcut sürdürülebilir malzeme kullanımının yaygınlaştırılması ve endüstriyel üretime uygun yeni sürdürülebilir malzemeler geliştirmek olmuştur. Tarihsel açıdan sürdürülebilir mobilya üretimi için ilk adımlar doğal malzemelerin kullanımı terk edilerek endüstriyel üretime yüksek uyumlulukta olan plastiğin kullanımına dayanmaktadır. Plastiğin mobilyada yoğun bir biçimde kullanımı doğadaki biyolojik bozunurluğunun düşük olmasına bağlı kullanım sonrası imhasının güçlüğü ileriki dönemlerde kompozit malzeme kullanımına yol açmıştır. Mobilya sektörünün temel malzemesi olan daha önceleri işlenmemiş yüksek ağaç yoğunluğuyla kullanılan ahşap malzeme, daha az yoğunlukta ahşap kompozitlere yerini bırakmasıyla artan tüketici talebini daha rahat karşılamıştır.

Ancak tüm sürdürülebilir malzeme uygulamaları mobilya sektörünün yüksek kullanıcı talebi için yeterli boyutta değildir. Gezegenimizin her geçen gün azalmakta olan ve yerine yenilerinin oluşturulamadığı ormanlarımız bunu kanıtlar niteliktedir. Artan iklim değışiklikleri ve küresel ısınma yeni ormanların oluşumunu güçleştirirken endüstriyel üretim için yeni sürdürülebilir malzemeler geliştirilmelidir.

Önceleri endüstriyel ürün üretiminde adı daha çok Tıp ve Biyoteknoloji alanında yer göstermesine karşın günümüzde biyomalzemeler, mobilya sektöründe de aktif bir biçimde kullanılmakta olup ticari ürün olarak kullanıcıların hayatında yer almaktadır. Biyomalzemeler, sürdürülebilir malzemelerdir ve yüksek biyobozunurlukları sayesinde doğada kolayca yok olabilmektedirler. Tüm bu özellikler ile sürdürülebilir mobilya üretimine destek olarak doğal kaynak rezervlerinin kontrolsüz kullanımını azaltabilmektedir. Biyomalzemelerin mobilyada optimum şartlarda kullanımı için malzeme özellikleri dikkatli incelenerek üretim süreçleri değerlendirilmesi gereklidir. Mobilyanın montajı, konforlu bir kullanımı ve sürdürülebilirlik bir biçimde imhası veya

geri dönüşümü için biyomalzemenin üretime doğru bir şekilde entegrasyonu önemlidir. Bugün birçok çalışmada ürünün yalnızca sergilenen bir mobilya olarak kısıtlanması ürünün biyomalzeme ile uygun bir entegrasyonun gerçekleştirilememesinden kaynaklanmaktadır.

Tez kapsamında, 2 farklı malzeme grubu kullanılarak bir sehpa tasarımı yapılacaktır. Sehpa tasarımında, geleneksel malzemelerden biri olan kontrplak ve canlı kaynaklı bir biyomalzeme olan mantar miselyumu kullanılacaktır. Böylece geleneksel malzeme ve biyomalzeme kullanımının sehpa tasarımı ve üretim yöntemi üzerindeki etkileri irdelenecektir. Bu malzemeler; canlı kaynaklı biyomalzeme ve geleneksel malzeme kullanımının karşılaştırılması amacıyla seçilmiştir. Tez kapsamında ayrıca, ilgili iç mekan endüstriyel ürünlerinin Türkiye ve yurtdışındaki örnekleri incelenerek kullanılan biyomalzeme türleri ve bu uygulamalarının mobilya ve sürdürülebilir çevre açısından etkileri araştırılacaktır. Böylece tez kapsamında tasarlanan sehpanın biyomalzeme ile üretilmesinin hem tasarım, hem üretim hem de çevre açısından sonuçları değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel mobilya; Sürdürülebilirlik; Endüstriyel tasarımda biyomalzeme; Üretimde biyomalzeme; Biyokompozit; Miselyum

ABSTRACT

Nowadays environmental problems such as global climate changes and the risk of depletion of natural resource reserves, which are frequently discussed, seriously affect the furniture industry, as in many areas. Research on new materials, which have a major place among the solutions to environmental problems, has been increasing recently. In particular, the effort to transfer natural resource reserves to the future envisages supporting studies in this direction.

One of the biggest steps at this point has been to expand the use of existing sustainable materials and develop new sustainable materials suitable for industrial production. Historically, the first steps towards sustainable furniture production were based on the abandonment of the use of natural materials and the use of plastic, which is highly compatible with industrial production. The intensive use of plastic in furniture and the difficulty of its disposal after use due to its low biodegradability in nature led to the use of composite materials in the future. Wood which is the basic material of the furniture industry and was previously used with high density of unprocessed wood, has been replaced by wood composites with lower density, thus meeting the increasing consumer demand more easily.

However, not all sustainable material applications are sufficient for the high user demand of the furniture industry. The forests of our planet, which are decreasing day by day and new ones cannot be created, prove this. While increasing climate changes and global warming make the formation of new forests difficult, new sustainable materials must be developed for industrial production.

Although previously used in industrial product production, mostly in the field of Medicine and Biotechnology, today biomaterials are actively used in the furniture industry and take part in the lives of users as commercial products. Biomaterials are sustainable materials and can easily be destroyed in nature thanks to their high biodegradability. With all these features, it can reduce the uncontrolled use of natural resource reserves by supporting sustainable furniture production. In order to use biomaterials in furniture under optimum conditions, it is necessary to carefully examine the material properties and evaluate the production processes. It is important to correctly integrate biomaterial into production for the assembly of furniture, its comfortable use,

and its sustainable disposal or recycling. Today, in many studies, the limitation of the product only as a furniture to be exhibited is due to the lack of proper integration of the product with the biomaterial.

Within the scope of the thesis, a coffee table will be designed using 2 different material groups. Plywood, one of the traditional materials, and mushroom mycelium, a living biomaterial, will be used in the coffee table design. Thus, the effects of using traditional materials and biomaterials on the coffee table design and production method will be examined. These materials; It was chosen to compare the use of living source biomaterials and traditional materials. Within the scope of the thesis, the types of biomaterials used and the effects of these applications in terms of furniture and sustainable environment will be investigated by examining examples of relevant interior industrial products in Turkey and abroad. Thus, the consequences of producing the coffee table designed within the scope of the thesis with biomaterial in terms of design, production and the environment will be evaluated.

Keywords: Traditional furniture; Sustainability; Biomaterials in industrial design; Biomaterials in manufacturing; Biocomposite; Mycelium

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ..... | i |
| ÖZET..... | ii |
| ABSTRACT..... | iv |
| İÇİNDEKİLER..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | viii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | ix |
| KISALTMALAR..... | xiii |
| 1.GİRİŞ..... | 1 |
| 2.ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK..... | 3 |
| 2.1.Sürdürülebilirlik Nedir?..... | 3 |
| 2.2.Sürdürülebilirliğin Tarihsel Gelişimi..... | 5 |
| 2.3.Tasarımda ve Üretimde Sürdürülebilirlik Kavramı..... | 8 |
| 2.4.Sürdürülebilir Mobilya Kavramı ve Örnekleri..... | 18 |
| 3.ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA BİYOMALZEME..... | 27 |
| 3.1.Biyomalzeme Nedir?..... | 28 |
| 3.2.Biyomalzemelerin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları..... | 29 |
| 3.3.Endüstriyel Üründe Biyomalzeme ve Kullanım Örnekleri..... | 42 |
| 3.4.Biyomalzemenin Mobilya Özelinde Kullanımı ve Sürdürülebilirliği..... | 49 |
| 4.ÖZGÜN SEHPA TASARIMI SÜRECİ VE BİYOMALZEME ENTEGRASYONU YÖNTEMİ..... | 65 |
| 4.1.Tasarlanacak Mobilya Ürünü İçin Biyomalzeme Seçimi..... | 66 |
| 4.2.Sehpa Tasarımının Gerçekleştirilmesi..... | 75 |
| 4.3.Sehpa Tasarımının Seçilen Biyomalzemeye Göre Analizi ve Revizesi..... | 86 |
| 5.YAPILAN ÇALIŞMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ..... | 99 |
| 5.1.Çalışmada Tasarlanan Sehpa Modelinin Kontrplak ve Miselyum ile Üretimi Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Açısından Karşılaştırılması..... | 100 |
| 5.2.Kontrplak ve Miselyum Opsiyonlarının Mobilyanın Kullanımı ve Kullanım Sonrası Süreçlerine Katkılarının Analizi..... | 107 |
| 6.BULGULAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ..... | 123 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 7.SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 127 |
| KAYNAKÇA..... | 131 |
| EKLER..... | 139 |
| TEŞEKKÜR..... | 140 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 141 |



ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1. Tarımsal kaynaklı biyoplastik olarak pancar, mısır nişastası ve şeker kamışı gibi yenilenebilir bitki bazlı kaynaklar kullanılarak üretilen sandalye tablası..... | 4 |
| Şekil 2. Sürdürülebilir ürün tasarımı aşamaları (Beşikten Mezara Tasarım Modeli)..... | 14 |
| Şekil 3. Kullanım sonrası aynı ürüne hammadde olma süreci (Beşikten Beşiğe Tasarım Modeli)..... | 15 |
| Şekil 4. Philipp Ross tarafından üretilen miselyum mobilya tasarımları..... | 16 |
| Şekil 5. Nike “Sıfıra Taşı” programları kapsamında tasarlanmış spor ayakkabısı tasarımı..... | 17 |
| Şekil 6. Mirra Chair %96 geri dönüştürülebilir mobilya parçaları..... | 23 |
| Şekil 7. Atık tekstillerden üretilmiş çay tepsisi tasarımı..... | 23 |
| Şekil 8. Deniz kaynaklı biyokompozit örneği olan sea stone (deniz taşı) hammadde üretim süreci ve endüstriyel ürünlere dönüştürülmesi ve teknik testlere tabi tutulması | 36 |
| Şekil 9. Mısır nişastası köpüğünden elde edilen biyomalzeme raf üretimi..... | 37 |
| Şekil 10. Bambu ile üretilen mobilya tasarımları..... | 40 |
| Şekil 11. Miselyum ile üretilmiş deri alternatifleriyle tasarlanmış çeşitli moda ürünleri ve çanta tasarımı..... | 41 |
| Şekil 12. Ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı endüstriyel ürün tasarımları..... | 44 |
| Şekil 13. Danielle Trofe tarafından tasarlanan ve ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı aydınlatma elemanları tasarımları..... | 44 |
| Şekil 14. Danielle Trofe tarafından tasarlanan ve ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı aydınlatma elemanları tasarımları üretim aşaması..... | 45 |
| Şekil 15. Shellmer Malzemesi Üretiminde Kitinin İşlenerek Başka Endüstriyel Ürünlere Hammadde Olması | 47 |
| Şekil 16. Daniel Michalik tarafından tasarlanan hammaddesi mantar meşesi ağacı kabuğu olan mantar ile dolap, sandalye ve tabure tasarımları..... | 53 |
| Şekil 17. Bakteriyel Selülozdan üretilen endüstriyel ürün tasarımları..... | 54 |
| Şekil 18. a) duvar panelleri ve kapı için yonga levha yerine geçenler, b) akustik köpükler, | |

| | |
|---|----|
| c) esnek yalıtım köpükleri ve d) reçine katkılı laminat döşeme olarak ticari miselyum kompozit yapı malzemeleri | 55 |
| Şekil 19. Ecovative Design miselyum kompozitlerinin ticari ürün olarak üretilme aşamaları..... | 56 |
| Şekil 20. Ecovative Design miselyum köpük ile üretilen mobilya ve ambalaj benzeri diğer ticari ürünler | 56 |
| Şekil 21. Miselyumun substrat olarak hazırlanma süreci ve 3D üretimle tasarlanan sehpa tasarımı..... | 56 |
| Şekil 22. Miselyum kompozitlerinden üretilen tabure tasarımı..... | 57 |
| Şekil 23. Ecovative Design tarafından ticari ürün olarak üretilen miselyum bazlı sehpa ve tabure tasarımları..... | 58 |
| Şekil 24. Ecovative Design tarafından ticari ürün olarak üretilen miselyum bazlı masa ve tabure tasarımları ve firmanın tasarımlarında kullanılmak üzere ürettiği miselyum kompozitler..... | 58 |
| Şekil 25. Tasarımcı Jannis Hülsen tarafından tasarlanan Xylinum bakterisinden üretilen malzeme ile tabure kaplaması | 59 |
| Şekil 26. Orta sehpanın kullanım sıklığı oranları..... | 80 |
| Şekil 27. Kontrplak daha az hammadde ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının Rhinoceros programında ortografik çizimleri..... | 83 |
| Şekil 28. Kontrplak ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının Rhinoceros programında ortografik çizimleri..... | 83 |
| Şekil 29. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının kontrplak malzeme atamasıyla 3D görünümü..... | 83 |
| Şekil 30. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının mekanik dayanımının artırılmış halinin kontrplak malzeme atamasıyla 3D görünümü..... | 84 |
| Şekil 31. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının kontrplak malzeme ile render görünümü..... | 84 |
| Şekil 32. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının güçlendirilmiş halinin kontrplak malzeme ile render görünümü..... | 85 |
| Şekil 33. Miselyum üretim aşaması..... | 89 |
| Şekil 34. Miselyum ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının ortografik | |

| | |
|---|-----|
| çizimleri..... | 91 |
| Şekil 35. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının orjinal malzeme atanarak model üzerinde çalışılması (sırasıyla fırınlanmamış miselyum, preslenmemiş miselyum, soğuk preslenmiş miselyum, sıcak sıcak preslenmiş miselyum, gıda boyası ile büyüme aşamasında renklendirilmiş miselyum)..... | 92 |
| Şekil 36. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tablalarının orjinal malzeme atanarak model üzerinde çalışılması (sırasıyla fırınlanmamış miselyum, preslenmemiş miselyum, soğuk preslenmiş miselyum, sıcak sıcak preslenmiş miselyum, renklendirilmiş gıda boyası ile büyüme aşamasında renklendirilmiş miselyum)..... | 92 |
| Şekil 37. Miselyum malzemenin sırasıyla fırınlanmamış, fırınlanmış ve preslenmemiş ve fırınlanmış ve soğuk preslenmiş görünümleri..... | 93 |
| Şekil 38. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının sıcak preslenmiş miselyum tablası ve kontrplak ayaklardan oluşan malzeme atamasıyla 3D görünümü..... | 93 |
| Şekil 39. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının sıcak preslenmiş ve kırmızı gıda boyası ile renklendirilmiş miselyum tablası ve kontrplak ayaklardan oluşan malzeme atamasıyla 3D görünümü..... | 94 |
| Şekil 40. Farklı yapıda numuneler ve farklı presleme işlemleri görünümleri..... | 94 |
| Şekil 41. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile preslenmemiş halinin render görünümü..... | 95 |
| Şekil 42. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile sıcak preslenmemiş halinin render görünümü..... | 96 |
| Şekil 43. Kırmızı Şapkalı Mantar ve mantarların genel fizyolojik yapısı..... | 97 |
| Şekil 44. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile gıda boyası ile renklendirilmiş halinin render görünümü..... | 98 |
| Şekil 45. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin wireframe olarak karşılaştırılmalı explode çizimleri..... | 104 |
| Şekil 46. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırılmalı olarak CNC tablası üzerinde yerleşimleri..... | 105 |
| Şekil 47. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırılmalı olarak CNC tablası üzerinde optimum yerleşimleri | 106 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 48. Sınıfların yangına katkı düzeyleri ve ısı yalıtım malzemelerinin yangına tepki sınıfları..... | 111 |
| Şekil 49. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerin ağırlıklarına bağlı karşılaştırılmalı devrilme riskleri..... | 117 |
| Şekil 50. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının karşılaştırılmalı ortografik çizimleri CNC tezgah üzerinde ve plastik kalıp üzerindeki alanları..... | 118 |
| Şekil 51. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırılmalı olarak parçaları ve montaj şeması..... | 119 |
| Şekil 52. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının karşılaştırılmalı olarak bileşenlerinin malzeme atanmış görünümü ve ağırlıkları..... | 121 |

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

BIFMA (Business Institutional Furniture Manufactures Association): İş Dünyası ve Uluslararası Mobilya Üreticileri Derneği

CaCO₃: Kireçtaşı

CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing): Bilgisayar yardımıyla dizayn ve imalat yapmak

cm: santimetre

CNC (Computer numerical control): bilgisayarlı sayısal kontrol

ISO (International Organization for Standardization): Uluslararası Standartlar Teşkilatı

EPD (Environmental Product Declarations) : Çevresel Ürün Beyanlar

FSC(Forest Stewardship Council: Orman Yönetimi Konseyi

g/cm³: gram/santimetreküp

H₂S : Hidrojen Sülfür

HPDs(Health Product Declarations) : Sağlıklı Ürün Beyanları

İTÜ: İstanbul Teknik Üniversitesi

m²: metrekare

MDF (Medium Density Fiberboard): Orta Yoğunluklu Lif Levha

MSW(Municipal Solid Waste): Belediye Katı Atık

NH₃: Amonyak

O₂: Oksijen

CO₂: Karbondioksit

IUCN (International Union for the Conservation of Nature): Uluslararası Doğayı Koruma Birliği

WCP: Dünya Koruma Programı

LCA (Life-Cycle Assesment): Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

UNEP (United Nations Environment Programme) : Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Programı

VOC (Volatile Organic Compounds): Uçucu Organik Bileşikler

LCA : Yaşam Döngüsü Analizi

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) : Enerji ve Çevre Dostu

Tasarımda Liderlik

PA: Poliamid

PE: Polietilen

pH : potansiyel hidrojen

PP : Polipropilen

PBDE: Polibromlu difenil eter

PET: polietilen tereftalat

PVC: Poli Vinil Clorür

PS: Polistrien

PE: Polietilen

PF: Fenol formaldehit

PLA: Polilaktik asit

PU: Poliöl

UEA (European Furniture Manufacturers Federation): Avrupa Mobilya Üreticileri Federasyonu

yy.: yüzyıl

3D (3 dimensional): 3 boyutlu

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

21. yüzyılın temel sorunları içerisinde küresel bağlamda artan nüfusun üretim taleplerini karşılama güçlüğü büyük yer tutmaktadır. Günümüzde kullanıcı kitlesi için ürün taleplerini karşılamak sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde olabilmektedir. Sürdürülebilirlik; ekonomik, sosyal ve çevresel bir üretimi hedeflerken üretimin kullanım, imha ve geri dönüşüm süreçlerinde de aynı hedefleri koşul tutmaktadır (Güneş ve Demirarslan, 2020). Ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından günümüzde gelişen endüstriyel olanaklar oldukça iyi boyuttadır. Örneğin, CAD-CAM teknolojisiyle lazer kesim ve kalıplama gibi birçok üretim modeli insan gücü yerine makine kullanımı ile hızlı üretim yaparak sosyal sürdürülebilirliğe destek olmaktadır. Üretimde kullanılan bu yeni yöntemler ile hammaddeden en yüksek oranda ve en hızlı biçimde kullanım sağlanırken ekonomik sürdürülebilirliğe de katkı sağlanmaktadır. Ancak, gelişen teknolojinin kolay ve maliyetsiz olan yeni üretim tekniklerine karşın alt yapıda yatan doğal kaynak yetersizliği gibi hammadde sorunları üretim miktarını sınırlandırmaktadır. Üretimde doğal kaynak tercih edilmediğinde geri dönüşüm ve imha sorunları ile karşılaşmaktadır. Doğal kaynaklar ile üretilen biyobozunur ürünler doğaya karışarak yok olabilirken endüstriyel işlem sonucu üretilen petrol bazlı hammaddelerin doğada imhası uzun bir süreç gerektirmektedir. Endüstri ürünlerin üretimindeki tüm bu problemler bir endüstriyel ürün sınıfı olan iç mekan donatıları için de geçerlidir. İç mekan donatıları; aydınlatma elamanları, seperatörler, iç mekan tekstil ürünleri, hareketli ve sabit mobilyalar gibi tüm iç mekan ürünlerini kapsamaktadır (Yıldırım, Yıldırım Kaya, Deli ve Gökbulut, 2021). Tüm iç mekan donatılarının üretimi için sürdürülebilirlik önemliken büyük parçalar halinde tek tip hammadde kullanıldığından mobilya üretimi, diğer endüstriyel alanlardan daha fazla risk taşımaktadır. Mobilya ürünün moda ve deformasyona bağlı daha hızlı değişerek atık oluşturma olasılığı da durumu daha ciddi bir boyuta taşımaktadır. Mobilya üretiminde yüzyıllardır doğal bir kaynak olan ağaçtan elde edilen ahşap hammadde kullanılmaktadır. Ahşap doğal bir kaynaktır, geri dönüşümü ve doğada imhasının kolaylığı nedeniyle ekolojik bir hammaddedir. Ekolojik bir malzeme

olması, teknik ve estetik özelliklerinin güçlü olması mobilya üretiminde ahşabın fazla talep görmesi, günümüz mobilya endüstrisinin yoğun kullanıcı talebine yetişememesi sonucunu doğurmuştur. Bu noktada ahşap kompozit türevi düşük ağaç yoğunluğundaki hammaddeler kullanılsa da gezegenimizin en önemli oksijen kaynağı olan yeşil dokusu ormanlarımızın her geçen gün yok olma yolundaki değişimi bunu destekler niteliktedir. Mobilya endüstrisinde, ahşap tüketiminin yoğun kullanımını azaltabilmek adına malzeme araştırmaları artırılarak yeni ekolojik malzemeler üretilmeli ve mevcut ekolojik malzemelerin kullanımı arttırılmalıdır.

Bu tez çalışmasında, bir iç mekan donatı elemanı ve iç mimari bir endüstriyel ürün olan mobilya bağlamında sentetik biyoplastiklerden ve canlı kaynaklı biyomalzemelerden oluşan doğal biyomalzemeler sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda yapılan tasarıma uyumlu bir biyomalzeme seçilerek kapsama uygun bir sehpa tasarımı gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta en çok kullanılan ekolojik malzeme olarak kontrplak ile tasarım yapılmıştır. Çalışmanın sonraki safhasında sehpa tasarımı için sürdürülebilir biyomalzemeler araştırılarak canlı kaynaklı doğal bir biyomalzeme olan mantar miselyumu ve geleneksel ahşap malzeme olan kontrplaktan tasarlanan tek bir sehpa modeli özelinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmada biyomalzemenin özelliğine bağlı olarak sehpa ürününe entegre biçimi araştırma verileri kapsamında değerlendirilmiş olup daha az hammadde kullanılarak tasarlanan kontrplak tasarımı da çalışma kapsamında sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan biyomalzeme uygulamaları gelecekteki mobilya özelinde biyomalzeme uygulamalarını arttırmayı, bu alandaki bilimsel ve teknik bilgi birikimine ek bir kaynak olmayı hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüzde endüstriyel ürün tasarımcılığı denildiğinde; daha çok CAD-CAM teknolojisi ile üretim gibi yeni üretim metotları gelmektedir. Buna karşın, endüstriyel ürün tasarımcılığı her zaman yeni yöntemleri kullanmayıp kimi zaman geleneksel üretim metotlarını tercih etmektedir. Geleneksel üretim metotlarını tercih etmedeki temel mantık sürdürülebilir tasarımlar elde etme hedefidir. Endüstriyel ürün tasarımında sürdürülebilirlik hedeflerini algılayabilmek için sürdürülebilirlik tanımını incelemek gerekmektedir. Endüstriyel üretimde geleneksel veya modern yöntemlerin çevresel olması hava, su ve karada kirliliğe yol açmaması sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Özellikle hava kirliliğine neden olan endüstriyel üretim kaynaklı zararlı gazların oluşumunu baskılamayı hedefleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Zararlı gazların uzun süreçte küresel ısınmaya neden olarak küresel iklim dengesini bozabilecek potansiyele sahip olması, çalışma sayısının yüksek olmasında etkindir. Birçok malzeme bilimcinin, mimarın ve endüstriyel ürün tasarımcısının odak noktası; fosil kaynak kullanımını ve buna bağlı olarak karbon emisyonunu azaltmak olmuştur (Özdamar ve Ateş, 2018). Endüstriyel tasarımdaki bu yönelim başlarda verimi artırma gibi ihtiyaçlarla başlamış olmasına rağmen günümüzde artan nüfus için zorunlu hale gelen bir tasarım yaklaşımı olmuştur.

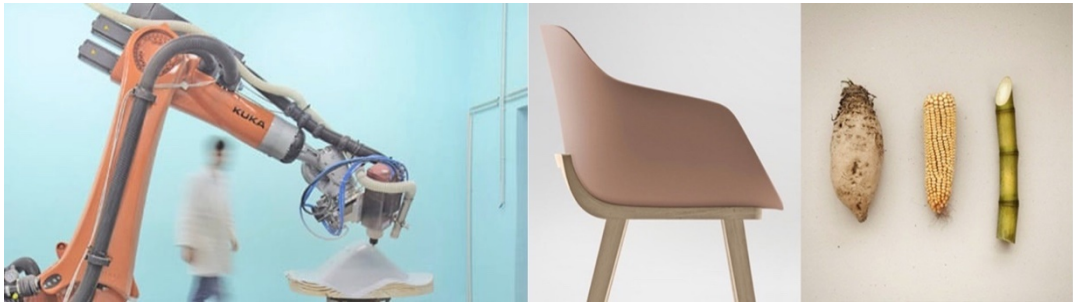
2.1. Sürdürülebilirlik Nedir?

“Sürdürülebilirlik” kavramını tanımlarken, anlam ilişkisi yönünden “minimum” kelimesi ile bağı nedeniyle öncelikle bu kelimeyi iyi incelemek gerekmektedir. “Minimum”, Fransızca kökenli bir sözcük olup en düşük miktarda, “asgari” gibi matematiksel terim anlamları taşımaktadır (Boran Mercan, 2016). Bu tanımdan yola çıkarak, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik olmak üzere üç ana başlıkta incelenmekte olan sürdürülebilirlik, doğaya verilen zararı minimize etmeyi hedeflemektedir (Güneş ve Demirarslan, 2020). Bu üç başlığın içerisinde özellikle doğaya verilen zararın asgari ölçüye indirgenmesi, çevresel sürdürülebilirlik olarak

adlandırılmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik, ürünlerin üretiminde kullanılan hammaddenin çevre kirliliğine yol açmaması ve doğada ekolojik bir biçimde imhası ile yakından ilgilenmektedir.

Bu konuda, Kutbay, Yavuzcan ve Aktaş'ın (2022) savunduğu gibi biyolojik bozunmanın daha yüksek olduğu ürünlerin oluşturulması ve fosil kaynaklardan uzaklaşılmasına yönelik üretim stratejilerinin yer aldığı sürdürülebilirlik çalışmaları yapılmalıdır (Kutbay, Yavuzcan ve Aktaş, 2022). Örneğin; fosil kaynaklar yerine tarımsal atık yoluyla elde edilen hammaddelerin üretimde kullanılması bu çalışmalardan biridir. Bu tür hammaddeler endüstriyel ürünler için daha hızlı bir biyolojik bozunma süreci yaratmaktadır. Böylelikle endüstriyel hammadde ihtiyacı tarım artıklarından giderilebilmekte olup doğada miktarı kısıtlı olan hammaddeler kullanılmamaktadır. Fosil bazlı kaynakların biyolojik bozunma süresi tarımsal atıklara kıyasla oldukça uzundur (Kutbay, Yavuzcan ve Aktaş, 2022). Ayrıca fosil kaynakların doğada yok olma süresinin uzunluğu, endüstriyel ürünün kullanım ömrü tamamlandığında sorun yaratmaktadır. Tarımsal ürünlerden üretilen endüstriyel ürünler, kullanım süresi bittiğinde biyobozunma özelliği nedeniyle doğada kolayca imha olabilmektedirler.

Şekil 1'de yer alan sandalye tablası tasarımcı Jean Lois Iratzoki tarafından tamamen geri dönüştürülebilir olarak tasarlanmıştır. Tasarım; pancar, mısır nişastası, şeker kamışı gibi yenilenebilir tarım artıklarından üretilmekte olup doğada yeniden oluşumu fosil bir kaynaktan daha hızlı gerçekleşmektedir (URL 1).



Şekil 1. Tarımsal kaynaklı biyoplastik olarak pancar, mısır nişastası ve şeker kamışı gibi yenilenebilir bitki bazlı kaynaklar kullanılarak üretilen sandalye tablası (URL 1)

Sürdürülebilirlik tanımının çıkış noktalarından olan aşırı nüfus artışının da etkisiyle atık miktarındaki kontrolsüz artış, sürdürülebilirliğin ekonomik ve sosyal

boyutuna işaret etmektedir. Artan nüfusun üretim talebini karşılayamayan üreticiler, endüstriyel üretimde daha ekonomik ve hızlı çözümler ile bu açığı kapatmaya çalışmıştır. Atık miktarındaki artış doğada yok olmada güçlük gibi önemli bir ekolojik probleme yol açmıştır. Ek olarak, atık sorunun yarattığı su ve toprakta kirlilik ve hammadde kaynakları aşırı tükenme sorunu sonucu doğada var olan ekosistemlerde zarara yol açmaktadır (Güneş ve Demirarslan, 2020). Üretim taleplerini karşılamak adına kimi zaman sosyal sürdürülebilirlik açısından uygun olmayan ve insan sağlığını tehdit edici üretim yöntemlerine başvurulmuştur.

Artan nüfusun yarattığı atık ise çevresel kirliliklere yol açarak biyolojik bozunurluğun sonraki endüstriyel üretim süreçlerinde göz önüne alınmasına neden olmuştur. Doğaya verilen bu tahribat ve gelecek nesillere doğal kaynak aktarımının azalması endişesi, sürdürülebilirlik kavramının doğmasını sağlamıştır. Hammaddenin bilinçsizce kullanımı nedeniyle oluşan ciddi çevre kirliliği, katı atıkların geri dönüştürülerek yeniden kullanımı konusunda belirgin bir farkındalık başlatmıştır (Güneş ve Demirarslan, 2020). Boran Mercan (2016) sürdürülebilirliğin ana hedefi olarak; *“Sürdürülebilirliğin temel hedefi” insanların temel ihtiyaçları karşılanırken, günümüz gereksinimlerinden ve gelecek nesillerin gereksinimlerinden taviz verilmeyerek gıda, barınma gibi zorunlu gereksinimlerin yanı sıra sürdürülebilirliğin sosyal boyutu içerisinde yer alan güvenlik, eşitlik, sağlık, özgürlük, eğitim ve istihdam gibi gereksinimlerle de karşılaşılmaktadır.*” olarak belirterek sürdürülebilirliğin tanımını yapmıştır. Bu noktadan incelendiğinde, sürdürülebilirlik yalnızca günümüzü değil geleceği de inceleyerek günümüzün sahip olduğu imkanların varlığını en iyi seviyede kullanırken geleceğe de aynı imkanları aktarabilme imkanını düşünmek ve buna göre hesaplamalar yaparak geleceğe ulaşmak olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

2.2. Sürdürülebilirliğin Tarihsel Gelişimi

Tarihsel süreçte sürdürülebilirlik, insanoğlunun sürdürülebilirlik kavramıyla tanışmasıyla başlayan oldukça eski bir döneme karşılık gelmektedir. İlk olarak 13. yüzyılda ortaya konmuş sürdürülebilirlik kavramı çevresel sorunlarla yeniden gündeme gelmiştir (Kutbay, Yavuzcan ve Aktaş, 2022). Sürdürülebilirlik kavramı ortaya ilk çıktığı dönemlerde günümüz kadar önem arz eden bir kavram olmamasına rağmen ilerleyen

dönemlerdeki toplumsal nedenler sonucu önemli bir üretim stratejisine dönüşmüştür. Sürdürülebilirlik kavramını iyi anlamak için sürdürülebilirlik tarihini incelemek doğru bir yaklaşımdır.

21. yüzyılda insan toplumunun hızlı gelişmesiyle birlikte kaynaklara olan talep, dünyanın arz kapasitesini çok üzerine çıkararak büyük bir çevresel açığa neden olmuştur (Deng, Lin ve Jiang, 2023). Artan nüfus ve kentleşmenin oluşturduğu şehirleşme etkisi, tüketimi arttırarak doğal kaynakların kullanımını arttırmış ve gelecek nesillere aktarımını engellemeye başlamıştır. Hızlı sanayileşmeye bağlı kentleşme faktörü yalnızca kaynakların azalması konusunda değil, katı atıkların doğal çevredeki artışında da sebep olmuştur (Güneş ve Demirarslan, 2020).

Küresel boyuttaki bu çevresel sorunlar sonucunda sürdürülebilirlik adına bir takım resmi çalışmalarda bulunulmuştur. Günümüze kadarki sürdürülebilirliğin tarihsel gelişimi resmi kaynaklar açısından şu şekildedir: Sürdürülebilir kalkınma çalışmaları ilk olarak 1972 yılında İsveç'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsani Çevre Konferansı ile bu sorunlar dünya gündemine gelmesinin ardından 1983 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Birleşmiş Milletler tarafından kurularak yayınlanan ortak geleceğimiz raporunda bugünün ve yarınların ihtiyaçları ciddi bir biçimde titizlikle ele alınmıştır. 1987 yılında ise Leon Brundtland tarafından sürdürülebilir kalkınma raporu oluşturulmuştur. 1990'lı yıllarda yapılan Rio Zirvesi ve Habitat II. Zirvesi ile bu kavram derinlemesine masaya yatırılmıştır. 2002 yılında yapılmış olan Johannesburg zirvesiyle 21 yy. için kalkınma planları gelecek için oluşturulmuştur (Boran Mercan, 2016).

1980 yılında Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (IUCN) ve diğerleri, "sürdürülebilir kalkınma" sloganını ve kavramını öneren Dünya Koruma Programı'nı (WCP) yayınlaması ve sonrasında 1983 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nu kurması gibi çalışmalar ilk resmi adımlardır. Kuruluş, 1987 yılında yaptığı "Ortak Geleceğimiz" çalışmasında, "sürdürülebilir kalkınmayı" ilk kez, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğini tehlikeye atmadan şimdiki nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma olarak tanımlamıştır (Deng, Lin ve Jiang, 2023). Gelişmiş düzeyde bir toplumun "sürdürülebilir kalkınma" kavramıyla ekosistemi koruma ve toplumun refahını sağlama etkin bir biçimde yaparken doğal kaynakları da akılcı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Kavramsal olarak ortaya çıkan “sürdürülebilir kalkınma” tasarım sürecinde bazı kaynaklarda oldukça basit bir tasarım anlayışı olarak belirterek “sürdürülebilir kalkınma tasarımı” adını almaktadır. Hong Kong Politeknik Üniversitesi akademisyeni Leung Ting, sürdürülebilir kalkınma tasarımı kavramını; “Sürdürülebilir kalkınma tasarımı *sıradan tasarımdan farklıdır. Yalnızca basit maddi ürünler üretir.*” olarak yorumlarken tüketicilerin özel ihtiyaçlarını karşılamak için sürdürülebilir çözümler yaratmak ve geliştirmek amacıyla ürün ve hizmetleri birleştiren stratejik bir tasarım faaliyeti olduğunu savunmaktadır (Deng, Lin ve Jiang, 2023). Ting’in (2023) savunduğu “sürdürülebilir kalkınma tasarımı” sürdürülebilir tasarımı üretim kolaylığı ve ekonomiklik gibi sürdürülebilirliğin ekonomik ve sosyal boyutlarıyla sınırlandırarak tanımlarken sürdürülebilirliğin çevresel boyutu tanım içerisinde yer almamaktadır. Ayrıca tüketici özelinde tasarım çalışmaları da yalnızca ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine karşılık gelmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik; ekosistemi korumak, doğal kaynakların kontrollü kullanımı ve geri dönüşüm faaliyetlerini kapsayan bir kavram olmasına karşın “sürdürülebilir kalkınma tasarımı” modelinde yer verilmemiştir. Sürdürülebilirlik adına atılan resmi adımlara gelişen küresel ekonomiye bağlı farklı ülkelerde çalışmalar yapılmıştır. Birleşmiş Milletler, hükümetler arasında sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek amacıyla 1992 yılında Rio de Janeiro’da Çevre ve Kalkınma Konferansı’nı ve 1994 yılında Kahire’de Nüfus ve Kalkınma Konferansı’nı düzenlemiştir. (Deng, Lin ve Jiang, 2023).

Sürdürülebilirlik tarihi mobilya özelinde incelenecek olursa; mobilya üretiminin tarihi süreç içerisinde dönemin ihtiyaçlarına bağlı olarak ahşap, plastik, doğal taş, cam, kompozit gibi çeşitli malzeme türlerinin mobilya hammadde olarak kullanıldığı görülmektedir. Tarihte büyük etki yaratan sosyal olaylar sonucu dönemin ihtiyaçları değiştirerek mobilyada hammadde kullanımını etkilemiştir. Sanayi Devriminden sonra mobilya tasarımı ve üretiminde yeni malzemelerin kullanımına ve hızlı üretim metotlarına başvurulmuştur. Mobilya üretiminde 1940’lardan itibaren kolay biçimlenebilme ve hızlı üretim süreçlerine uyumluluğu ve ekonomikliği ile plastik malzeme mobilya sektöründe yer almaya başlamıştır. Sonraki süreçte ise doğada yok

olma güçlüğüne dayalı çevresel sorunlar mobilya üretimi için ekolojik malzeme arayışını doğurmuştur (Güneş ve Demirarslan, 2020).

Sonraki dönemde, ekolojik malzememe kullanıma odaklanılarak ahşap, doğal taş gibi doğal malzeme kullanımı arttırılmasıyla doğal kaynakların tükenmesine riskiyle karşılaşmasına ve mobilya üretimi için yeni hammadde arayışına sebep olmuştur. Güneş ve Demirarslan'ın (2020) belirtmiş olduğu ekolojik malzeme arayışına çözüm olarak sanayileşme ile uyumlu, ekonomik ve ekolojik ahşap bazlı malzemelerin mobilya üretiminde kullanımı görülmektedir. Artan nüfus talepleri için miktarsal ulaşılabilirliği yüksek ve çeşitlilik oluşturacak hammaddelere duyulan gereksinim sonucunda; kontrplak, sunta (yonga levha), mdf gibi endüstrileşmeyle uyumlu, ekonomik ve üretimde kolaylık sağlayan hammaddeler yeni bir çözüm alternatifi olmuştur (Güneş ve Demirarslan, 2020). Mobilya endüstrisi için yapılan ahşap bazlı hammadde devrimi bir süre için yoğun nüfus talebine cevap verebilmiş olsa da gezegenimizin refahı içi bu yeterli değildir. Günümüzde aşırı derecede azalan orman popülasyonu bu durumu gözler önüne sermektedir. Sürdürülebilir mobilya tarihi oldukça git gel içeren deneye yanıla gelişen bir süreç olsa da günümüzde gelinen nokta teknik açıdan oldukça elverişli ve teşvik edicidir.

2.3. Tasarımda ve Üretimde Sürdürülebilirlik Kavramı

Tasarımda sürdürülebilirlik kavramı; ürünün üretim, paketlenme, nakliye, montaj, kullanım süreci, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi farklı süreçlerine etki ederek tasarımcının ürünün sürdürülebilirliğine dair aldığı tasarım kararlarını içermektedir (Güneş ve Demirarslan, 2020). Etki ettiği süreçler bakımından kullanım sonrası süreçleri dahi değiştirebilen kararlar içeren tasarımda sürdürülebilirlik kavramı üretim öncesinden alınan yüksek tahmin ve araştırma gerektiren kapsamlı kararlar bütününden oluşmaktadır.

Bu noktada alınan kararlar bütününe içlerinde malzeme seçimi oldukça büyük değer taşımakta ve ürünün geri dönüştürme yöntemlerine etki etmektedir. Tasarımda sürdürülebilirlik kavramı için malzeme seçimine dair günümüzde yapılan çalışmalar tarihte sürdürülebilir tasarım kavramına dair uygulanmış olan sürdürülebilir malzeme çalışmalarına dayanmaktadır. Örneğin, tarihte çevresel bağlamda sürdürülebilir ürünler tasarımı için tasarımda malzeme seçimi konusunda birtakım denemeler yapılmıştır. Çevresel sürdürülebilirlik amacıyla yapılan bu çalışmalardan en çok üzerinde durulanı,

doğal malzemelerin kullanılmasıyla ikinci geri dönüşüme uygun malzemelerin kullanılmasıdır (Güneş ve Demirarslan, 2020).

Tasarımda sürdürülebilirlik amacıyla kullanılan bu iki yöntem ilerleyen aşamalarda detaylı olarak incelenecek olup bu aşamaları çeşitli perspektiflerden değerlendirebilmek adına “yaşam döngüsü tasarımı” kavramına değinilecektir. Yaşam döngüsü tasarımı; ürün, servis veya prosese ait hammaddelerinin elde edilmesiyle başlayan, işleme, üretme, kullanma, yaşam sonu ve doğada yok olmasına kadar olan yaşam döngüsü boyunca çevresel olayların ölçülebildiği ve raporlanabildiği, kaynak verimliliği ve atık oluşumu dahil somut veriler elde etmeyi sağlayan değerlendirme yöntemidir (Karaca, 2018).

Ürün yaşam döngüsü üzerinden çok daha net anlaşılabilir bir kavram olan sürdürülebilir tasarım için farklı tanımlar bulunmaktadır. Örneğin, McLennan (2004) tarafından “*Sürdürülebilir tasarım, doğal çevreye olumsuz etkileri en aza indirir veya ortadan kaldırırken, çevre kalitesini en üst düzeye çıkarmak isteyen bir tasarım felsefesidir.*” şeklinde ifade edilerek sürdürülebilir tasarımda çevreselliğinin önemine dikkat çekmiştir. Başka bir tanıma göre; sürdürülebilir ürün tasarımı, ürün yaşam eğrisinin aşamaları boyunca maliyet ve zaman, ürün ve sonuç kalitesinin artması, atığın-malzeme ve enerji kullanımının azaltılması gibi tasarım kararlarının, ekolojik kriterlere uygunluk, ekonomi, fonksiyonellik, estetik, ergonomi, yenilik ve imaj gibi ölçütlerle eşit olarak değerlendirilmesidir (Boran Mercan, 2016).

Sürdürülebilirlik kavramının amacı şu an ki yaşam ve gelecekteki yaşam döngüsünde kısa ve uzun vadeli kazanımları belirleyip teknik ve estetik işlevleri açısından değerlendirip deneyimlemek ön tasarım sürecinde ortaya koymaktır (Boran Mercan, 2016). Sürdürülebilir tasarım, ürün yaşam döngüsünde kısa ve uzun süreçteki gereklilikleri ortaya koyup estetik ve teknik açıdan tasarıma yansıtmaktır (Boran Mercan, 2016). Teknik açıdan bakıldığında fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler kapsam dahilinde olmaktadır.

Sürdürülebilir ürün tasarımının genel ilkeleri bütünlük, koordinasyon, likidite ve yenilikçilik üzerine olup sürdürülebilir tasarım sisteminin özelliklerini ve niteliklerini birleştirerek gerçekçi planlama ve üretim, kullanım, onarım gibi birçok süreçte insan-makine uyumluluğunu ergonomi bağlamında değerlendirerek sağlam bir yapı

yaratmaktadır (Deng, Lin ve Jiang, 2023). Bir başka tanıma göre de sürdürülebilir ürün tasarımı; tasarım aşamasından başlayıp yeniden kullanım sürecine dek tüm süreçleri kapsayan ürün yaşam döngüsü olarak (Deng, ve diğ., 2023), oldukça zahmetli ve uzun süren öngörülere içermektedir.

Ürün yaşam döngüsü içerisinde tasarımda sürdürülebilirlik daima aktif rol oynayarak sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen ürünlerin üretimini çeşitli tasarım modelleri kullanarak sağlamaktadır. Örneğin; sürdürülebilir kalkınma kavramının bir sonucu olarak oluşan, sürdürülebilir kalkınmayı temel alan sürdürülebilir tasarım, ekolojik tasarım, yeşil tasarım ve yenileyici bu tasarım modelleri arasında bulunmaktadır (Deng, ve diğ., 2023). Yaşam döngüsü modelleri arasında Eko tasarım (eco design), beşikten beşiğe tasarım (cradle to cradle design), x için tasarım (design for x) ve yeşil tasarım (green design) gibi yaşam döngüsü mantığına benzer tasarım modelleri de sıklıkla tercih edilerek sürdürülebilir tasarım kararları alınabilmektedir (Karaca, 2018). Bu tasarım modellerinden bazılarını daha detaylı olarak incelenecek olursa;

Eko Tasarım Modeli: Eko tasarım kavramı, endüstriyel üretimde sürdürülebilir ürün tasarımı üretme amaçlı geliştirilen yaklaşımlar bütünü olarak adlandırılmakta olup çevresel etkileri azaltmaya ve ürün, üretim ve kullanım sonrası süreçteki çevreyle ilişkili tasarım ilişkisini meydana getirmektedir. Başka bir ifadeye göre ekolojik tasarım; üretilen tasarımları yeryüzüyle kusursuz bir uyum içinde olacak biçimde tasarım yapmaktır. (Güneş ve Demirarslan, 2020). Çevreyi eko tasarım ile değerlendirebilmek için, ürün üretimi tüm çevre sorunlarının temel kaynağı olmakta olup bunlara örnek olarak kirlilik gibi büyük sorunlar, ormansızlaşma ve küresel ısınma sağlayan uygulamaların tüm çevresel boyuttaki oluşturduğu istenmeyen etkiler günümüzden eskiye oranla daha önemli hale gelerek ürün geliştirme, tasarlama, ürün yaşam döngüsü, tasarım sürecinde düşünülmesi gereken süreçler içerisinde eko tasarı modeli ile değerlendirilmektedir (Boran Mercan, 2016). Örneğin ürün tasarımı sürecindeki malzeme seçimi aşaması kullanım sonrası süreçlerde önemli olmaktadır (Boran Mercan, 2016). Eko tasarım, yaşam döngüsü içerisinde üretim, kullanım ve elden çıkarma süreçleri bir ürünün çevresel etkileri göz önüne alınarak tasarlanmasına tasarlanmasıdır (URL 2).

Yeşil Tasarım Modeli: Yeşil tasarım modeli; ürün ömrü ve işlevlerinin kaybını en düşük düzeye indirerek bir bütün oluşturmaktadır. Yaşam Döngüsü Tasarımı (Life Cycle

Design) “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi”, LCA (Life-Cycle Assesment), son zamanlarda oldukça fazla kullanılan maddenin ham halinden başlayıp ürün kullanımı dahil olmak üzere olmak üzere bütün süreci kapsayan ve bu süreçteki kayıpların kontrol edildiği bir tasarım modelidir. (Boran Mercan, 2016). Yeşil tasarım yaklaşımı insan sağlığı ve çevrenin korunması adına üretimin zararlı etkilerini minimize eden tasarım modelidir (URL 3).

Çevre İçin Tasarım Modeli: Ürün üretim sürecinde ürünün ömrü boyunca çevreyle olan etkileşimi ile ilgili tasarım yöntemlerinin belirlenmesiyle oluşturulan tasarıma çevre için tasarım denmekte olup “Çevre için Tasarım Modeli” tanımsal açıdan ürünün çevresel kaynakların azalması ve çevresel zararı minimuma indirmekle birlikte ürünün tasarım aşamasında çevreyi korumak gibi önemli sürdürülebilir tasarım prensipleri bulunmaktadır (Boran Mercan, 2016). Ürünlerin ve proseslerin çevreye olan olumsuz etkilerini minimize etmeyi tüm yaşam döngüsü boyunca sürdüren bir tasarım modelidir (URL 4).

Sürdürülebilir üretimi destekleyen ISO 14000 ve 14001 gibi yönetim modelleriyle oluşturulmuş etkiler ile firmalar çevresellik hedeflerini sağlarken ISO14001 çevre yönetim modellerini kullanmanın nitelikli avantajları saptanmış olup çevre kirliliği gibi sorunlara bu modeller yardımıyla çözümler aranmaya başlanmıştır (Boran Mercan, 2016). Ürün yaşam döngüsü kavramını daha detaylı inceleyebilmek adına sürdürülebilir tasarımın ürün yaşam döngüsünde işlevini yerine getirme durumunu sorgulamak için hazırlanan birtakım sorular Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları- IV, Eko Tasarım” dergisinde sıralanmıştır;

Boran Mercan’ın çalışmasında *İhtiyaçlar analizi (örnek soru: ürünün fonksiyonları kullanıcının ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak şekilde geliştirilebilir mi?)* şeklinde soru listesi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

1. *Yaşam döngüsü aşaması; malzemelerin ve parçaların tedarik edilmesi ve üretimi; (Örnek soru: Ne kadar ve ne tür plastik, metal, cam vb. kullanılmıştır?)*
2. *Yaşam döngüsü aşaması; ürünün üretimi, (Örnek soru: Ne kadar enerji kullanılmıştır ve ne kadar atık çıkarmıştır?)*
3. *Yaşam döngüsü aşaması; ürün dağıtımı, (Örnek soru: Ne tür ulaşım araçları kullanılmıştır?)*

4. *Yaşam döngüsü aşaması; ürünün kullanımı (Örnek soru: Teknik ömrü ne kadardır, ne kadar tamir ve bakım gerektirir?)*
5. *Yaşam döngüsü aşaması; geri kazanımı ve bertaraf edilmesi (Örnek soru; Sökülme kolay mıdır, yeniden kullanım geri dönüşüm imkanı var mıdır?)* (Boran Mercan, 2016).

Yukarıda “Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları- IV, Eko Tasarım” dergisinde yayınlanan soruların üzerinde durduğu tasarım kararlarıyla benzer olmakla birlikte mobilya tasarımının başlıca teknik etmenleri ergonomi, malzeme, konstrüksiyon ve üretim teknolojisi olarak sıralanabilmektedir (Boran Mercan, 2016). Mobilya tasarımını oluşturan teknik etmenler içerisinde strüktür sürdürülebilirlik açısından önemli bir yer tutmaktadır. Sürdürülebilir mobilya için önemli bir etmen olan strüktür, mobilya ürününün tasarımı, kolayca tamir edilebilir, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir olmasının sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Mobilya tasarımında strüktürün sürdürülebilirlik bağlamında tasarımı mobilyanın paketlenmesi ve nakliyesiyle birlikte geri dönüşüm ve yeniden kullanımı etkileyeceğinden mobilya tasarımında temel sürdürülebilirlik kararı olarak ele almak doğru bir yaklaşım olmaktadır.

Tasarımın strüktür kararı, “minimum alan kaplayarak maksimum sayıda ürün nakliyesi” gerçekleştirebilecek düz paketleme sistemi yönünde olması sürdürülebilir çevre için büyük önem taşımaktadır (Canbolat, 2019). Strüktür ile ilgili verilen tasarım kararları yalnızca kullanım, paketlenme ve nakliye etkilemekle sınırlı kalmayarak kullanım sonrası süreçleri de etkilemektedir. Ayrıca geri dönüşüme girmeden önceki endüstriyel açıdan işlenebilir hale gelmesi sürecine doğrudan etki etmektedir. Bu süreç ürünün kolay sökülebilirlik ve parçalanabilirliği olarak tanımlanırken ürünün geri dönüşüme girmeden önceki ön aşaması da olabilmektedir. Kullanılmış malzemenin görevini tamamladıktan sonra sökülüp toplanması, yeniden işlenerek farklı bir işlev kazanmasını oluşturan bütün, parça ve eklentilerin Boran Mercan (2016) savunduğu bileşenlerin demonte prensibini belirleyen üretim kararları tasarım sürecinde en uygun biçimde alınmalıdır. Aksi takdirde ürünün geri dönüşüm safhası süre bakımından uzayabilir, maliyetlenebilir veya yüksek hata payı oluşturarak dezavantajlı bir sürece dönüşebilmektedir. Strüktür kararı geri dönüşüm haricinde kullanım sürecinde monte/demonte uygulamalarını da doğrudan etkilemektedir.

“Mobilyanın teknik özellikleri öncelikli olarak mobilyanın yapımında kullanılan malzeme ve/veya malzemeler ve bu malzemelerin ürünle bütünsel ilişkisi önemlidir.” (Tütüncü, 2011) Bu noktada mobilyada kullanılan malzeme grubunun çeşitliliği geri dönüşüm sürecini yavaşlatarak zorlaştırmaktadır. Bunlara ek olarak, mobilya endüstrisinde açığa çıkan çevresel zararın büyük bir çoğunluğu hammaddeyi üretime hazırlama süreci ve ürün ömrünün kullanım ömrü tükenip geri kazanım süreci sırasında gerçekleşmektedir. Bu nedenle doğal ve bozunur hammaddelerin kullanımı önemlidir. Mobilya tasarımında sürdürülebilirliği sağlamak için üretim yöntemi ve verimliliği, ürün ömrü, yenilenebilir olması ve malzeme seçimi gibi önemli tasarım kararları verilmelidir (Boran Mercan, 2016). Verilen tasarım kararlarının üretim sürecinde yarattığı sonuçlar rapor edilerek tasarım kararları optimizasyonu sağlanarak sürdürülebilirlik hedeflerinden taviz verilmemelidir.

Üretimde sürdürülebilirlik iki ana başlıkta kategorize edilebilir. Bunlardan birincisi, üretimin devamlılığının sağlanabilmesidir. Bu durum, ekolojik sürdürülebilirliğe ek olarak proses uygunluğunu, imalat kolaylığını, tekrar edilebilirliği, ekonomik sürdürülebilirlik kavramlarını içermektedir. İkinci kavram ise üretimin çevresel etkisi yani ekolojik üretimdir.

Üretimde sürdürülebilirlik kavramsal olarak tasarımda sürdürülebilirlik hedeflerinin üretim sürecine geçildiğinde de devamlılığını sağlamakla yükümlü bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirlikte devamlılık faaliyetleri arasında başta gelen geri dönüşüm süreci üretim süreci için alınan kararların değişmez sonucu olarak oluşum göstermektedir. Bu noktada alınan sürdürülebilir üretim kararları ürünün kullanım sonrası süreçlerde istenmeyen durumlarla karşılaşarak atıl duruma düşmesinin önüne geçilebilmektedir. Malzemenin geri dönüşüm sürecinin sürecinden en başta gelen avantajı; geri dönüşümde harcanan enerji, hammaddenin üretime hazır hale gelmesi için işlenmesi sırasında harcanan enerji ile çok daha düşük değerlerde bulunmaktadır (Boran Mercan, 2016).

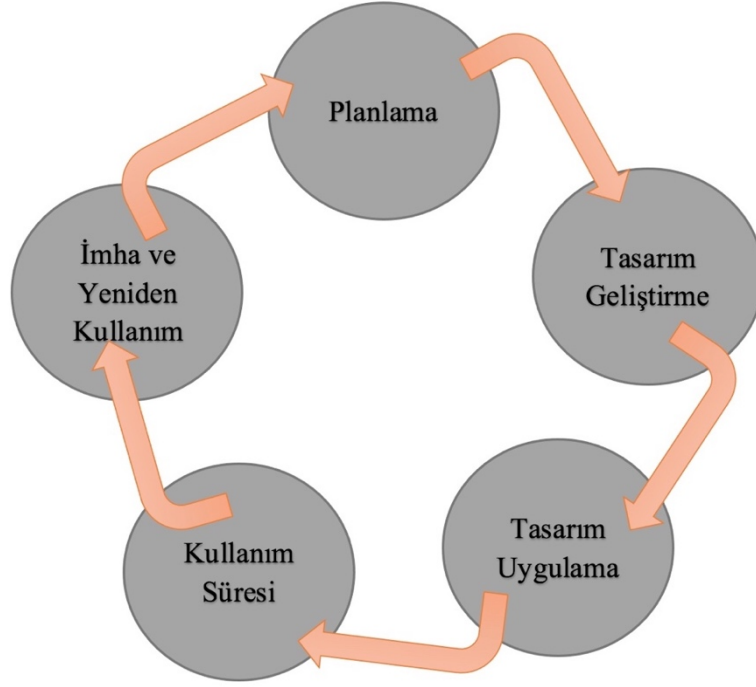
Sürdürülebilir üretim, mobilya üretimi açısından değerlendirildiğinde; geri dönüşüm düşüncesiyle, yeni bir endüstriyel tasarım süreci olan ekolojik tasarımların yaygınlaşmasını sağlayarak doğal kaynak rezervlerinin kontrollü kullanımı, açığa çıkacak atıkların doğa ile uyumlu olarak bertarafı ya da yeniden kullanılması, hammaddelerin

işleme, uygulama ve nakliyesinde kirlilik oluşturmadan sürdürülebilir mobilyalar üreterek sürdürülebilir mekanlar oluşturmayı hedeflemektedir (Güneş ve Demirarslan, 2020). Üretimde sürdürülebilirliğin hedeflerinde yer alan “çevreye duyarlı üretim”, çevresel etkilerin en aza indirmek adına atık oluşumunun denetlenmesi ve değerlendirilmesi ile hammadde kaynaklarının azaltılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, ürün ve süreç tasarım konuları ile üretim, planlama ve kontrol faaliyetlerini bütünleştiren bir süreci tanımlamakla birlikte temel olarak sürdürülebilir ürün aşamaları (Bknz. Şekil 2) sırasıyla planlama, tasarım geliştirme, uygulama, kullanım ve bertaraf olarak oluşmaktadır.



Şekil 2. Sürdürülebilir ürün tasarımı aşamaları (Beşikten Mezara Tasarım Modeli)

Ürünün yeniden kullanımını teşvik etmek amacıyla, tasarım sürecinde, kullanım ömrü bittiğinde nasıl değerlendirileceği hesap edilerek ürün tasarlanması gerekmektedir. Bu durumun dikkate alınmadığı ürünlerde yeniden kullanım gibi bir geri kazanım aşaması olmamaktadır (Boran Mercan, 2016). Endüstriyel ürünün planlamadan geri dönüşüme kadar olan döngüsel süreci Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Kullanım sonrası aynı ürüne hammadde olma süreci (Beşikten Beşiğe Tasarım Modeli)

Mobilya üretiminde çok kullanılan plastik malzeme, geri dönüşümü yüksek enerji kullanımını nedeniyle güç olmakla birlikte geri dönüşüm süreci sırasında zararlı madde salınımı nedeniyle çevresel açıdan zararlı olmaktadır. Plastik geri dönüşüm oranı oldukça düşük olup küresel boyutta iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının oluşumuna neden olmaktadır (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Bu nedenle, mobilya endüstrisi, günümüzde plastiğin yerini alabilecek yeni malzeme uygulamalarına odaklanılmaktadır. Mobilya üretimde yeni malzeme uygulamalarında, son yıllarda kullanımı artış gösteren mantarın yapısal bileşeni olan miselyum dikkat çekmektedir. 2007 yılından itibaren giderek artarak sentetik deri, mutfak eşyaları ve mobilya üretiminde kullanılarak çeşitli tasarımcılar ve mimarlardan tarafından ticari ürün elde edilmesinde mantar bazlı kompozitlerin farklı geometrilerde ve düşük yoğunlukta kalıplanabilmesine üretim çeşitliliği gibi endüstriyel üretime elverişlilik sağlayan sebepler bulunmaktadır (Alemu, Tafesse ve Mondal, 2022). Düşük üretim maliyetleri, geri dönüştürülebilirlik ve hafiflik nedeniyle mantar bazlı biyokompozit malzemeler kullanımı teklif olarak sunulmaktadır (Krijgsheld, Montalti, ve Wösten, 2018). Philip Ross adlı tasarımcı tarafından üretilen

(Bknz. Şekil 4) çeşitli mobilya tasarımları geri dönüştürülmüş ahşap strüktür ile birlikte tasarlanarak mantar miselyumdan elde edilmiştir. Miselyum biyokompozitinin oturma bileşeni olarak kullanıldığı tasarımlarda (Bknz. Şekil 4), geri dönüştürülmüş ahşap güçlendirme amaçlı kafes veya destek elemanı olarak değişen işlevlerde kullanılmıştır (URL 5).



Şekil 4. Philipp Ross tarafından üretilen miselyum mobilya tasarımları (URL 5)

Bunların haricinde geri dönüştürülmüş malzemelerin çeşitli endüstriyel ürünler için hammadde olarak kullanımıyla ilgili çalışmalara bulunmaktadır. Bu çalışmalarda kullanım ömrü tükenen endüstriyel bir ürün parçalara ayrılıp işlenerek başka bir endüstriyel ürüne hammadde olmaktadır. Atık tekstil ürünleri ile yapılan başka bir çalışmayı inceleyecek olursak; sınıflandırma olarak pamuk, yün, polyester, naylon, akrilik, karışımlar ve diğer türlerden oluşan atık tekstil ürünlerinden doğal kumaşlar geri dönüşümden sonra hızla bozulurken pamuklu ürünler 1-5 ay, yünlü ürünler 1-5 yıl ve ipek ürünler ise yaklaşık 4 yıl gibi bir süreye gereksinim duymaktadır. Ayrıca, yapay elyaftan dokunmuş ürünler daha yavaş bozulur veya ayrışması daha zor olmakla birlikte naylon ürünler genellikle 30-40 yıl, polyester ürünler ise 20-200 yıl sürmektedir (Wang, Liu, ve Zhang, 2023). Günümüzde özellikle moda algısının yarattığı tekstil ürünlerinin yoğun biçimde üretimi tekstil ürünlerinin geri dönüştürülemediği takdirde yaratacağı kirliliğe dikkat çekmektedir.

Atık tekstil ürünlerinin bertarafında geleneksel olarak uygulanan depolama ve yakma gibi metotlar dışında günümüzde geri dönüşüm ve yeniden kullanım teknolojisinin gelişimine bağlı atık tekstillerin bugün ve gelecekteki çevresel etkilerini

azaltarak geri dönüştürülmesi ve ayrıştırılması, atık tekstil ürünün doğrudan yeniden kullanımı, yeniden yapımı, patchwork dikişi, kumaş dönüşümü, kumaş dekorasyonu gibi atık tekstil ürünlerinin yeniden tekstil endüstrisinde sıklıkla tercih edilmektedir (Wang ve diğ., 2023). Bununla ilgili olarak uluslararası olarak tanınmış şirketlerin uyguladığı atık değerlendirme uygulamaları bulunmaktadır. Örneğin, Wang ve diğerlerinin (2023) belirttiği spor ürünleriyle dev bir kullanıcı kitlesine sahip Nike firması sürdürülebilirlik adına ayakkabı, kıyafet gibi birçok ürünü için geri dönüştürülmüş plastiklere, ipliklere ve tekstil ürünlerine çeviren ve geri dönüştürülmüş malzemelerin %70'ini kullanabildiği “Sıfıra Taşı” programları (Bknz. Şekil 5), oluşturularak bir geri dönüşüm sistemi oluşturmuştur. Böylece, geri dönüşümü gerçekleştiren malzeme aynı ürünün süregelen üretimleri için yeniden hammadde olurken başka geri dönüşüm uygulamalarında farklı endüstriyel ürünler için hammadde olma durumu söz konusu olmaktadır.



Şekil 5. Nike “Sıfıra Taşı” programları kapsamında tasarlanmış spor ayakkabısı tasarımı
(URL 6)

Wang ve diğeri (2023) tarafından savunulan son yıllardaki bilimsel araştırmalar, atık tekstillerin mobilya, inşaat ve diğeri endüstriyel alanlar için kullanılabilmesini yönünde olduğunu göstermektedir. Bu araştırmalar içerisinde atık tekstillerden elde edilmiş kompozitlerin mobilyada doğal kaynak kullanımından tasarruf edilerek çevresellik hedefiyle mobilya hammaddesi olduğu çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Örneğin, New South Wales Üniversitesi Araştırma ve Teknoloji Merkezi'nin (SMART) kurucusu Profesör Veena Sahajwalla, kumaşlı kırık camla karıştırıp plakalar bastırarak inşaat, endüstri ve mobilyada kullanımı uygun olabilmektedir (Wang ve diğ., 2023). Bir başka atık tekstil kompoziti örneği olarak; Zunjarrao Kamble ve Bijoya Kumar Behera, tek yönlü cam elyaf ön kalıplarını iğneli jüt dokunmamış kumaşlara lamine ederek atık pamuklu tekstillerden elde ettiği kompozit, yeterli termal stabiliteye sahip olmasıyla mobilya, inşaat ve yapı malzemelerinde düşük ve orta maliyetli ahşap için eşdeğer nitelikte olduğunu göstermektedir (Wang ve diğ., 2023). Üretimde sürdürülebilirlik hedefleri yalnızca çevresellik ile sınırlı olmayıp maliyetin baskılanması ile de ilgili olup ekonomik sürdürülebilirliği sağlamayı hedeflemektedir. Bu nedenle hammaddeyi üretime hazırlama sürecindeki işleme faaliyetleri yerine maliyeti düşük olan geri dönüştürülmüş hammadde tercih edilmektedir. Buna örnek olarak; Endüstri devrimi sonrası hammadde olarak kullanılmaya başlayan alüminyum, geri dönüşüm ile kazanımı mümkün olmakla birlikte bu dönüşüm sonrasında maliyet açısından üretim sürecine ilk kez dahil olacak alüminyuma oranla daha avantajlı olmaktadır (Boran Mercan, 2016).

2.4. Sürdürülebilir Mobilya Kavramı ve Örnekleri

Bir iç mimari projenin en temel endüstriyel elemanları, iç mekân donatıları olan mobilyalardır (Yıldırım ve diğ., 2021). Kaynakları koruyarak gelecek nesillere bırakabilmek için sürdürülebilir iç mekan donatıları tasarlamak ve sürdürülebilirlik kavramını detaylı incelemek önemli olmaktadır. Endüstriyel ürünler arasında çeşitliliği ve insanoğlunun uyuma, dinlenme, yemek yeme, oturma gibi yaşamsal faaliyetlerinden birçoğuna eşlik etmesi ile mobilyalar büyük önem taşımaktadır. “Mobilya” sözcüğü köken olarak Fransızca dilinde “mobilier” olan terim, Türk diline taşınabilir eşya, ev eşyası gibi anlamlarla adapte olmuştur. Ayrıca Fransız diline de Geç Antik Çağ'da

konusulan Geç Latince dilindeyse bu sözcük “mobiliaria” olarak yazılarak “menkul eşya” anlamına gelmektedir (Boran Mercan, 2016).

Mobilya, tarihte insanoğlunun gereksinimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış olsa da zaman zaman rastlantısal olarak fark edilmiş durumlarla da çeşitli gelişimler gerçekleştirmiştir. Gereksinimlerin bilinçli bir hedef dahilinde ele alınmasıyla ise mobilya oluşumları başlamıştır. Mobilya oluşum süreci, insanoğlunun tarih sahnesindeki yaşadığı Neolitik Çağ ile birlikte Tarım Devrimi, Sanayi Devrimi, I. ve II. Dünya Savaşı gibi büyük olaylardan etkilenerek ucuz, kolay ve hızlı üretilen az maliyetle daha fazla ihtiyaca yönelik mekanların ortaya çıkmasını ve mobilyaların da bu ihtiyaç dahilinde şekillenmesini sağlamıştır (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Kronolojik açıdan da görüldüğü gibi mobilya kavramı daima farklı coğrafyalarda ve farklı tarihsel dönemlerde insanoğlunun bir parçası olarak yer alması terim olarak da farklı dillerde yer almasına sebep olmuştur. Mobilyanın insan yaşamında bu denli büyük yer tutması bir endüstriyel ürün olarak yoğun üretilmesine neden olmaktadır. Yoğun üretim faaliyetleri ise çevresel olmadığı takdirde sonu gelmeyen çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu sebeple hemen her koşulda insan yaşamının ayrılmaz bir ögesi olarak konforunu sağlayan mobilya ürünlerinin sürdürülebilirliğe destek olacak biçimde tasarlanması öncelik ve önem arz etmektedir (Deng, ve diğ., 2023).

Sürdürülebilirlik, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve yaşamın korunmasını amaçlamaktadır. Anlamsal açıdan sürdürülebilirlik ise çeşitlilik ve üretkenliğin bugün ve gelecekte sürdürülebilmesini sağlayarak, ebediyet kazanabilme durumunu korumak olarak ifade edilmektedir (Boran Mercan, 2016). Sürdürülebilirliğin sözcük kökenini inceleyecek olursak; "sustinere" sözcüğünden gelmekte olup sürdürmek, desteklemek veya dayanmak anlamlarında kullanımı bilinmekte olup "mobilya" sözcüğü ile aynı kökenden olan Latince'den diğer dillere yayılmıştır (URL 7). Sürdürülebilirlik kavramının terim olarak ortaya çıkışı Latince'nin yaygın olduğu 13.-14. yy arası bir döneme (URL 7), dayansa da sürdürülebilirliğin fiilen başlangıcı yukarıda "Sürdürülebilirliğin Tarihsel Gelişimi" kısmında yer aldığı gibi çok daha geç bir tarihe rastlamaktadır. Endüstride sürdürülebilirliği mobilya özelinde algılayabilmek adına “sürdürülebilir gelişme” tanımını incelemek gerekmektedir. İngilizce’de “sustainable development” kavramından Türk diline geçiş yapan “sürdürülebilir gelişme” kavramı,

günümüz ve gelecekteki doğal çevre ve kaynakların kontrollü kullanım bilinciyle maddi olanakların devamlılığını çevreci bir gelişimle amaçlamaktadır (Boran Mercan, 2016). Yukardaki tanımlamalar ışığında mobilya özelinde sürdürülebilirlik için yapılan uygulamaları kronolojik olarak açıklayacak olursak mobilya üretimin tarihlere bağlı olarak belirli sanatsal akımların etkisinde kaldığı görülmektedir.

Dönemin endüstriyel sanat akımları haricinde mobilyanın etkilendiği ve bertarafını zorlaştıran durum “moda” algısının doğmasıdır. Karaca’nın (2018) savunduğu gibi 60’lı yıllarda moda akımı endüstri ürünlerinde pahalılık ve lüksün sembolü olarak kullanımı mümkün olmayan ürünlerin üretimi ve yerine yenisinin üretilmesinden kaynaklanan eskinin “demode” olması sorunu getirmiştir. Moda akımının oluşturduğu üretim çıkmazı özellikle de mobilya üretimini derinden etkileyerek katı atık miktarında kontrolsüz artışa ve ardından da dönemin mobilya tasarımcılarının aşağıdaki sürdürülebilir mobilya üretimine ön ayak olan sanat akımlarından etkilenmelerine neden olmuştur.

Bunlardan postmodernizm, modernizm karşıtı bir hareket olup 1970 ve 80 yıllarında etkili olarak mobilya tasarımını yüksek oranda etkilemiştir. Mobilyada postmodernizm; geçmiş tasarımları ve kullanılan malzemeleri günümüz koşullarına uyarlayan bir yaklaşım olup akımın savunucularından 1980’lerde Ettore Sottsass “Bugün yapılan herşeyi kullanıyoruz. Üretimlerimiz bugüne aittir, gelecek kuşaklara değildir” demiştir (Adamson ve Pavitt, 2011). Bu dönemde, geri dönüştürülebilirliği neredeyse imkânsız olan plastik malzemeleri iyileştirilmek durumunda kalınarak Gaetano Pesce’nin 1963 yılında tasarlamış olduğu farklı yoğunluklardaki atık poliüretan reçinenin strüktürü elle veya kalıpla ürettiği modeli gösterilebilmektedir. Pesce’nin hedefi; hem endüstriyel hem elle yapılan üretimi içeren bir mobilya modelini oluşturarak üretimdeki plastik payını azaltmak olmuştur (Karaca, 2018)

Bir diğer akım olarak, etnik ve primitiv sanat anlayışı; yerel malzeme ve biçimlerin kolaylıkla yakın çevreden temin edebildiği bir anlayıştır. Bu sanat anlayışıyla mobilya tasarımlarının üretildiği bölgenin kültürüyle ilgili olarak tüketiciler beklentisini karşılamada başarılı olmuştur (Karaca, 2018). Primitiv akıma bağlı tasarımcılardan Marcel Duchamp’ın “Her şey sanat eseridir” biçiminde anlayışına göre, en küçük bir tasarım bile sanat eseridir yorumu her tür malzemeyle bir tasarım yapılabileceğini fikrini

ortaya koymuştur. Ducamp ile malzeme alternatifi sınırsız olarak listelemesi diğer ekolojik yaklaşımlara da destek verdiğini göstermektedir. Verdiği desteğin somut sonuçları olarak Benjamin Baldwin'e ait 1953 tasarımı "Traktör Oturma Sandalyesi" ikincisi ise, 1983 yılına dek sürmüş Mezzadro ve Sella Sandalye örneği olarak karşımıza çıkmaktadır (Karaca, 2018).

Bir diğer sanat anlayışı olan günümüzde bile etkin kullanımına rastladığımız "Ready-made" mevcutta hazır malzemelerden üretilen ürünler tasarlamayı öngören bir akım mobilya sektöründe de yoğun ilgi görmüştür (Koszewska ve Bielecki, 2020). Marcel Bruer ve Andy Warhol'un sanat akımıyla mobilya ürünleri tasarlamış ve onlar için herhangi bir oturma elamanı olabilmektedir (Karaca, 2018). Aslında bu yaklaşım mobilyanın üretildiği dönemde çok sayıda üretilerek veya kullanım ömrü sonra ererek atıl duruma gelmiş ürünlerin değerlendirilmesi için tercih edilmektedir. Böylece, hammadde rezervleri azalmadan mevcut atıl ürünler aracılığı ile mobilya üretimi yapılabilmektedir. Günümüzde İKEA gibi modüler mobilyalar üretme sistemi üzerinde kurumsal olarak çalışan birçok şirket bu akıma örnek verilebilmektedir. Bu kapsamda kişilerin ihtiyaçlarını optimum düzeyde karşılamayı hedefleyerek birçok farklı modülün monte/demonte olmasından oluşan sistemleri, özellikle mutfak mobilyalarında sunta, yonga levha gibi malzemelerin artan parça olmaksızın kesilerek hammaddeden kar sağlanmasını sağlamaktadır (Karaca, 2018).

Bu akımların ortaya çıkışında mobilyanın ürün olarak spesifik özelliklerinin kullanıcı beklentileri ile üretici çıkarları arasında çevresellik hedefine bağlı şekillenmesi sonucu olduğu söylenebilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramının çok çeşitli tanımları bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını inceleyecek olursak; ilk olarak 1983 yılında Birleşmiş Milletlerin kurmuş olduğu Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nda (World Commission on Environment and Development) Gro Harlem Brundtland tarafından hazırlanan "Ortak Geleceğimiz" (Our Common Future) adlı Brundtland Raporunda (1987) sürdürülebilirlik bugünün ihtiyaçlarını karşılarken yarının ihtiyaçlarını karşılama potansiyeline negatif etki etmeden başarıya durumu olarak ifade etmiştir (İndir, 2019).

Sürdürülebilirliğin bir diğer tanımı ise UNEP (United Nations Environment Programme) tarafından (1996) daha az kaynak tüketimi ile üretmekle birlikte insanların yaşam kalitesinin artarak sosyal ve ekonomik ortamda yaşamasını sağlamak olarak

açıklamıştır. UNEP için sürdürülebilirlik çevresellik, ekonomiklik ve sosyal etkenlere dayalı olarak üreticiler ve kullanıcılar için avantajlı sonuçlara odaklanan “tasarım ve geliştirme” yaklaşımı olarak açıklanmaktadır (2. UNEP, 1996). Sürdürülebilirlik kavramsal olarak açıklayan bir diğer tanım ise Rob Fleming’e ait “Sürdürülebilir bir gelecek için tasarım eğitimi” (Design Education for a Sustainable Future) kitabında (1995), evrensel olarak sadece kaynakları yok etmeden “gereksinimleri karşılamak” fikrine odaklanarak yenilenebilir tasarımlar üretmeyi konstrüksiyon, yenilik, doğal ortam, güven ve konfor içeren tasarımlar üretme olarak adlandırmıştır (3. Fleming, 1995, s.54). Sürdürülebilirliğin farklı çevrelere ait tanımlarından hareketle kavramsal olarak nasıl ortaya çıktığını ve nasıl yayıldığına değinilecek olursa; bu konudaki ilk uluslararası çalışma 5 Haziran 1972’deki 113 ülke ve çeşitli çevreci örgütlerle birlikte Türkiye’nin de yer aldığı Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi, Stockholm konferansında insanın sağlıklı bir çevrede yaşamını sürdürme hakkı üzerine konuşulmuştur. Çalışma uygulamaya dönüşemese de İndir (2019), sürdürülebilirlik tarihinde yeni görüşlerin önünü açtığı söylenebilmektedir.

Bunlardan biri McDonough ve Braunart’a ait beşikten mezara (cradle to grave) yaklaşımıdır. Günümüzde pek çok üründe de olduğu gibi kullanım sonrası depolanarak veya gömülerek yok edilme sürecine olarak tanımlanan bu süreç, modern üretim sistemine yüksek oranda etki etmektedir (15. McDonough, W and Braungart, M.2002, s.18). Bu yaklaşım oldukça yaygın bir sürdürülebilirlik yaklaşımı olmasına karşın bugün beşikten beşiğe (cradle to cradle) tasarım yaklaşımları ile üretimler yapılmaktadır. Beşikten beşiğe tasarım anlayışı, kullanım ömrü tükenen bir ürünün yeni kullanım süreçleri sonucunda başka bir ürüne hammadde olmasıdır.

Şekil 6’da Güneş ve Demirarslan’ın çalışmasında da yer alan, Herman Miller adlı firmaya ait 2003 senesinde üretilmiş “Mirra Büro Koltuğu” adlı tasarıma ait geri dönüştürülebilir mobilya parçaları örneği görülmektedir. Firma, beşikten beşiğe tasarım fikrini uygulamak amacıyla %96’lık bölümü geri dönüştürülebilir olan kolay montajlanabilir bu sandalye tasarımını üretmiştir. Beşikten beşiğe tasarım modeli sayesinde “Mirra Büro Koltuğu” adlı sandalye tasarımında hammadde olarak kullanılan malzemelerin yapısal değerinde bozulma olmadan başka ürünler için yeniden kullanılabilirliği söz konusu olmaktadır.



Şekil 6. Mirra Chair %96 geri dönüştürülebilir mobilya parçaları (Güneş ve Demirarslan, 2020)

Mobilya ürünü olamamakla birlikte, konuya etkin bir örnek oluşturduğu için, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Tekstil Teknolojileri ve Tasarım bölümünde tekstil atıklarından tutucu malzeme yardımıyla oluşturulan kompozit çay tepsisi (Bknz Şekil 7) ele alınabilir. Söz konusu çalışmada, kullanım ömrü biten tekstil ürünleri çay tepsisi için küçük parçalar haline getirilerek hammadde olarak kullanılmıştır (İndır, 2019). Yapılan tasarım atıl duruma gelmiş bir endüstriyel ürünün başka bir endüstriyel ürüne hammadde olmasını sağlayarak beşikten beşiğe tasarım modeline örnek oluşturmuştur.



Şekil 7. Atık tekstillerden üretilmiş çay tepsisi tasarımı (İndır, 2019).

Mobilya üretimine etki eden akımları incelemeyi önce mobilyanın spesifik ürün özelliklerine değinecek olursak; mobilya çoğunlukla, birden fazla bileşenden oluşarak malzeme çeşitliliği oluşturmaktadır. Ayrıca mobilyanın farklı yüzeylerinde değişen estetik ve mekanik özelliklere bağlı olarak da mobilyada malzeme çeşitliliği oluşmaktadır. Günlük yaşamın ayrılmaz bir elemanı olan mobilyanın sürdürülebilir gelişimine verilen çaba toplumsal açıdan oldukça önemli olmakla birlikte günümüzde

sürdürülebilir mobilya tasarımı adı altında daha çok malzeme, teknoloji ve teknik yönleri ile ilgilenilmektedir. Böylece mobilya tasarımlarında yalnızca biçim ve işleve odaklanılarak ambalajlama, nakliye, kullanım süreçleri ve ürün atıklarının geri kazanımı gibi sürdürülebilir diğer tasarım unsurları geri planda bırakılmaktadır (Deng ve diğ., 2023). Günümüzde bazı şirketler ise mobilya tasarımında sürdürülebilir kalkınmaya öncelik veren tasarımlar üretmeyi benimsemektedir. Örneğin, IKEA, mobilya yapımında geri dönüşümü ve yenilenebilir kaynakları kullanmayı zorunlu kılan “İnsan ve Dünya Pozitif” sürdürülebilir kalkınma planını şart koyarak sürdürülebilir kalkınmanın göz ardı edilemeyeceği tasarımlar yapmayı hedeflemiştir (Wang ve diğ., 2023).

Mobilya tasarımında sürdürülebilir kalkınma hedeflerini irdeleyebilmek için öncelikle mobilyanın çok bileşenli yapısını incelemek gerekmektedir. Çoğunlukla, ahşap, metal ve çeşitli plastik bazlı malzemeler dahil olmak üzere birçok parça ve malzeme çeşidinden oluşan mobilya ürünleri için geri dönüşüm süreci karmaşık ve zorlu süreç haline gelmektedir (Wang ve diğ., 2023). Ayrıca, günümüzde endüstriyel olarak mobilyaların çoğu, alev geciktiriciler gibi zararlı kimyasallar ile birçok farklı çeşitte kimyasalları barındıran zehirli kimyasal yapıştırıcılar içeren yonga levhalardan üretilmektedir. Bu malzemelerin geri dönüştürülmesi neredeyse imkansız olmakla birlikte işlenmesi zor ve pahalı olmaktadır. Ek olarak, mobilya üretimi sırasında kullanılan kimyasalların geri dönüşümü esnasında zararlı etkileri daha fazla açığa çıktığı gibi kullanım aşamasında da ortam içerisinde salınım yaparak iç mekan hava kalitesini negatif yönde etki ettiği bilinmektedir (Wang ve diğ., 2023).

İç mekan hava kalitesine negatif etki eden kirleticiler olarak biyolojik kirleticiler, yanma kirleticileri, uçucu organik bileşikler, radon ve diğer gazlar gibi toksik maddeler bulunmaktadır. Biyolojik kirletici kaynakları olarak; küf oluşumu, virüsler, bakteriler, polen, hayvan kepeği ve toz akarları olmakla birlikte nem biyolojik kirleticilerin varlığında önemli bir rol oynamaktadır (URL 8).

VOC' ler (Uçucu organik bileşikler); çeşitli katı veya sıvıların oda sıcaklığında salınan gazlarıken VOC kaynakları arasında yapı ürünleri, boyalar, çözücüler ve ahşap koruyucular önemli yer tutmaktadır (URL 8). Mobilya üretiminde kullanılan kimyasallardan bazıları ileriki bölümde ayrıntılı olarak ifade edilecek olup formaldehit, renksiz, güçlü kokulu bir gaz olan mobilya üretiminde sıklıkla hammadde olan kontrplak,

sunta ve orta yoğunlukta lif levha üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Formaldehit haricinde VOC kaynağı olarak benzen, stiren, ksilen ve metilen klorür gibi kimyasallar mobilya üretiminde dahil olan ve toksik salınım yapan maddelerdir.

Bunların içerisinde benzen; çözücüler, kontrplak, sunta, fiberglas, ahşap paneller, yapıştırıcılar, boya, kalafatlama ve ahşap sıyırıcılarda bulunan bir insan sağlığı için tehlikeli bir kanserojen olmaktadır. Stiren; plastik, kauçuk ve reçinelerin imalatında kullanılan etkileşimde geçici sağlık sorunları olarak mukoza zarı tahrişi, depresyon, kas güçsüzlüğü ve göz, burun, boğaz tahrişi yaparken kalıcı etkiler olarak da işitme kaybı, periferik nöropati ve böbrek hasarı sonuçları doğurabilmektedir (URL 8). Ksilen ise kauçuk ve yapıştırıcıların bir bileşeni olan çözücü olmakla birlikte solunduğunda merkezi sinir sisteminin yıpranması, baş dönmesi, sinirlilik ve kusma gerçekleşmesi görülmektedir. Metilen klorür de boya, boya sıyırıcılar ve yapıştırıcılarda kullanılan ve mobilya ürünlerinde sıklıkla dahil olan uzun süre aynı ortamda kalındığında merkezi sinir sistemi hasarı, karaciğer kanserine ve akciğer kanserine neden olabilen zararlı kimyasallar içerisinde yer almaktadır (URL 8).

Mobilya kimyasallarının yol açtığı sağlık sorunlarının önüne geçebilmek için sürdürülebilir mobilya üretimi yapılmalıdır ve öncelikle mobilya üretiminde ekolojik malzemeler kullanılmalıdır. Böylece, mobilya kullanım sırasında kullanıcıya üretim sürecinde de mobilya üretim zincirinde çalışanların sağlığını tehdit etmemesi sağlamak mümkün olmaktadır. Ek olarak, işleme, geri dönüşüm ve imha süreçlerinde çevreye verilen zararı minimize ederek tüketici beklentileri ile uyumlu ve dayanıklılığı optimize edilmiş tasarımlar yapmak mümkün olmaktadır (Wang ve diğ., 2023).

Bu noktada; Endüstri devrimi sonrası malzemelerde ahşap işçiliği ve malzemenin işlenmesinde büyük gelişmeler yaşanmasından kaynaklanan malzeme kullanımında ekonomik yöntemlere başvurulmuştur. Örneğin, mdf, sunta gibi yapay ve düşük ahşap yoğunluklu malzemelere ve el yapımı yerini makinelere bırakmıştır. Sonraki dönemde dijital teknoloji, bilgisayarlı CNC gibi sistemler ile büyük değişimler yaşanmıştır. Böylece; kullanıcı beklentilerini yakalama ve çevreye verilen zararı limitleme ve ekonomik kalkınma hedeflenerek mobilyada sürdürülebilirlik sağlanmaya çalışılmıştır (Mercan, 2016). Aynı süreçte mobilya malzeme kullanımına dahil olan alüminyum, plastik, pvc, köpük, polietilen endüstriyel tasarımı bir üst segmente taşıyarak istenilen

şekil ve formda üretim yapma olanağı doğurmuş olup ahşap, demir, cam gibi malzemelerin yerine geçmiştir. Özellikle alüminyum, plastik ve polietilen gibi sıvı hale gelebilen malzemelerin kullanımı, istenilen şeklin üretimini kolaylaştırırken kalıp ve dijital teknolojinin gelişmesiyle de yeni ve özgün tasarımlar sıvı halde eklenen sürdürülebilir malzeme eklemeleriyle daha çevresel hale gelmiştir (Boran Mercan, 2016).

Gelişen teknoloji üretim teknolojisini oldukça sürdürülebilir hale getirerek bertaraf yöntemlerine çeşitlendirmesine karşın sürdürülebilir mobilya üretiminde halen katı atık sorunuyla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu duruma örnek olarak, Avustralya’da ortalama bir ev yılda 24 kg mobilya atmakla birlikte bu atığın üçte ikisi ahşaptan, geri kalanı ise kanepeler ve koltuktan oluşmaktadır. Dernek (UEA), Belediye Katı Atıkları’ndaki (MSW) Avrupa Birliği mobilya atıklarının %80-%90 yakılmaktadır veya çöp sahasına gönderilirken ikinci el mobilyaların yalnızca %0,3’ü geri dönüştürülmüş olduğunu belirtmektedir (Wang ve diğ., 2023). Böylelikle, mobilyada geri dönüşüm oranı halen yüksek olmamakla birlikte sürdürülebilir mobilya için en çok üstünde durulması gereken tasarım ölçütü olması sürdürülebilirlik adına yapılan çalışmaların artırılması gerektiğini göstermektedir.

Bu noktada sürdürülebilir biyomalzeme örneği olarak biyomalzeme endüstride sürdürülebilirlikte çığır açan nitelikte olup ilerleyen bölümlerde biyomalzeme uygulamalarının detaylarına yer verilerek konuyla ilgili biyomalzeme kullanımını içeren bir “sehpa tasarımı” yapılarak sonuçlar sürdürülebilirlik açısından değerlendirilecektir.

BÖLÜM ÜÇ

ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA BİYOMALZEME

Endüstriyel ürün tasarımı için günden güne artan malzeme araştırmaları içerisinde biyomalzeme üzerine yapılan uygulamalar önemli bir yer tutmaktadır. Genel olarak endüstriyel ürün üretimine dahil olacak malzemelerden optimum düzeyde verim elde etmek için belirli mekanik özellikler bakımından yeterliliğinin sorgulanması gerekmektedir (Attias, Danai, Ezov, Tarazi ve Grobman, 2017). Özellikle basınç, çekme kuvveti, sertlik, elastikiyet, yoğunluk, boyutsal stabilite, yaşlanma, su emme gibi mekanik özelliklerin test sonuçları bir endüstriyel ürün için hammadde olmada belirleyicidir ve bu durum biyomalzeme grubu için de aynı olmaktadır (Attias ve diğeri, 2017). Ek olarak, biyomalzemenin kullanım alanları ve bir ürünün bileşenlerinde veya yüzeylerinde miktar, kesit, hacim ve form değişikliğiyle uygun endüstriyel üretim metodu seçimi yine endüstriyel üründe kullanılacak olan malzemenin mekanik test sonuçlarıyla belirlenmektedir.

Kimi çalışmalarda tek bir biyomalzeme yekpare ürüne entegre edilirken bazı üretimlerde ürünün farklı kısımlarında farklı biyomalzemenin uygulandığı görülmektedir. Uygulamalardaki bu çeşitlilik, mekanik özellik, maliyet ve estetik açılarından etkili olmaktadır. Estetik nedenler arasında endüstriyel ürün özgün bir form içeriyorsa veya üzerinde desen, kabartma ve oyma bulunduruyorsa biyomalzeme bu tür yüzey işlemleri ile uyumlu olamayabileceğinden biyomalzemedeki çeşitlilik gerekebilmektedir (Yüksel, 2008). Bu nedenle endüstriyel üründe kullanılacak biyomalzemeye karar verilirken mekanik özellikler, estetik ve maliyet değerlendirilmelidir. Tüm bunlara ek olarak; bazı endüstriyel ürün çeşitlerindeki çeşitli malzeme grupları için malzeme kaynak yetersizliği üretim pahalılığı için iyi bir alternatif olan biyomalzeme grubu kullanım, imha ve yeniden kullanım açısından çevre dostu oluşuyla son yıllarda giderek daha popüler hale gelmektedir.

3.1.Biyomalzeme Nedir?

Biyomalzeme; “biyo+malzeme” şeklinde iki farklı sözcüğün birleşiminden oluştuğundan endüstriye ürünlerde malzeme tanımını da incelemek bu kavramı tanımlamada daha yararlı olmaktadır. Malzeme; *“Bir tasarımın bünyesine giren ve o tasarımın oluşum ve kullanım süreci içindeki biçimlenişi sağlayan, tasarımı kullanan insanın sağlık ve konforunu sağlayan her tür işlenmemiş, yarı veya tam olarak işlenmiş maddelerdir,”* (Winter, 1992, s.12) Bu tanımdan yola çıkarak, biyomalzeme de bir tasarıma dahil olduğunda kullanıcının sağlık ve konforunu sağlayan tasarımın üretim sürecinde biçimlenişi ve kullanım sürecinde de değişimiyle ham, işlenmiş veya yarı işlenmiş materyaller olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, malzemeye tür kazandıran “biyo” ön eki sayesinde biyomalzeme, canlı ve hayat anlamı içermektedir.

Başta biyoloji ve biyosfer olmak üzere birçok sözcüğün ön eki olan “biyo” sözcüğü Türk diline Yunancadan geçmiş olup Antik Yunan döneminden beri kullanılmakta olan bu kelime, -loji gibi evrensel bir sözcüktür (URL 9). Böylece biyomalzeme kavramına “biyo” ön eki sayesinde canlılık ve hayat anlamları katılmaktadır. Biyomalzeme kavramı Akgün (2020) tarafından, canlılıkla sınırlanarak, *“Biyomalzemeler, kökeni canlı bir yapıya sahip, doğadan türetilen maddelerdir”* tanımı ile ele almıştır (Akgün, 2020).

Ancak biyomalzeme tanımı yalnızca canlı kaynaklı olmayarak literatürde biyomalzeme sentetik katkılı veya doğal malzemeleri içeren daha kapsamlı bir tanıma sahiptir (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Bununla birlikte, canlı dokular ile kimyasal reaksiyona girmeyen veya girdiğinde toksik etki yaratmayan malzemeler de biyomalzeme tanımına dahil olmaktadır. Bir başka tanıma göre de biyomalzeme; endüstriyel bir ürünün kullanım ömrü tamamlanmasıyla doğaya zarar vermeden ve yeniden kullanılmak veya geri dönüşüm amaçlı değerlendirilebilen ve buna bağlı atık oluşturmayan bir malzeme türüdür (Yılmaz, 2023). Biyomalzemenin doğada kendiliğinden yok olma sürecinin özel bir adı biyobozunurluk; bir maddenin, bakteri ve/veya mantar gibi mikroorganizmaların biyolojik hareketiyle doğada özümleme olayı esnasında parçalanma (ayırışma) özelliğidir (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Özümleme; bir yapım faaliyeti (URL 10) olup, biyozunma sürecinde kompleks biyomoleküllere dönüşümü gerçekleşmektedir.

3.2.Biyomalzemelerin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları

Biyomalzemeler; seramik, plastik, metal ve kompozit olarak 4 farklı türde Köymen Çağar (2023, s.15) tarafından ele alınmakta ve üstün özelliklerin öne çıkması için mobilya üzerinde kompozit olarak kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır.

Biyomalzemelerin birçok farklı teknolojik alanda faaliyeti geçmişte bu yana sürmekte olup en belirgin olarak insan vücudu üzerindeki uygulamalarına değinilecektir. Wintermantel'nin (1996) savunduğu gibi vücuda uygulandığında çevresindeki doku ile uyum göstererek dokularda pıhtılaşma, iltihaplanma ve olmayan uygulamalar olarak açıklamak mümkün olmaktadır. Biyomalzemeler kan ve lenf gibi vücut bileşenleri ile sürekli temas halinde çalışabilecek mekanik, fiziksel kimyasal ve biyolojik uyum içerisinde bulunması gereken yapılar olup aksi takdirde sağlık sorunlarına yola açabilmektedirler (Köymen Çağar, 2023, s.17). Vücut içerisinde kim zaman canlı yapıyla eşdeğer kimi zaman yardımcı rolünde işlev görmekle görevli bu yapılar uygun ağırlık, özkütle, korozyon direnci, ilgili bölümde çalışabilecek pH entegrasyonu gibi çeşitli özelliklere bağlı olarak, (Köymen Çağar, 2023, s.15), vücut bileşenlerinde uyum tablo 1 de olduğu gibi entegre edilmektedirler. Tablo 1'den de görüldüğü gibi; metaller, seramikler, plastikler ve kompozitler olmak üzere çeşitli biyomalzeme türleri, vücut içerisinde çeşitli uygulama alanları bulmaktadır (Hench ve Wilson, 1984).

Tablo 1. Vücutta Kullanılan Biyomalzemeler, Özellikleri ve Klinik Uygulamaları (Barrere, 2008)

| Kompozisyon | Tür | Köken | Klinik Uygulama | Özellik |
|-------------------------------|-------------|----------|---|--|
| Kalsiyum fosfat | Seramik | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük olmayan bölgelerde | Biyoaktif Biyouyumlu |
| Silika esaslı kalsiyum fosfat | Cam seramik | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük olmayan bölgelerde | Biyoaktif Biyouyumlu |
| Alümina | Seramik | Sentetik | Eklem tedavisinde | Yüksek çekme mukavemeti, yorulma mukavemeti, yağlayıcı |
| Ti alaşımı | Metal | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük taşıyan bölgelerde | Biyoaktif, yüksek korozyon ve yorulma |

| | | | | |
|-------------------|--------------|---------------|--|---|
| | | | | direnci, düşük elastisite modülü |
| Paslanmaz çelik | Metal | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük taşıyan bölgelerde | Uzun süreli uygulamalarda korozif |
| CoCr alaşımı | Metal | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük taşıyan bölgelerde | Biyoaktif, yüksek korozyon ve yorulma direnci |
| PMMA | Polimer | Sentetik | Kemik tedavisinde, yük taşıyan bölgelerde, kemik dolgu malzemesi | |
| Polyester | Polyester | Sentetik | Kemik sabitleyici, yumuşak doku tedavisi | |
| UHMW PE | Polimer | Sentetik | Kıkırdak tedavisinde, yük taşıyan bölgelerde | Yağlayıcı |
| Polianhidrit | Polimer | Sentetik | Sert ve yumuşak doku tedavisinde | Erozyon dayanımı, kararlı |
| Polietilen glikol | Polimer | Sentetik | Sert ve yumuşak doku tedavisinde | Enjekte edilebilir, çözülebilir |
| Mercan | Mineral | Doğal (deniz) | Kemik dolgu maddesi | Yüksek iletkenlik, çözülebilir |
| Kollajen | Kompozit | Doğal | Sert ve yumuşak doku tedavisinde | |
| Chitosan | Polisakkarit | Doğal | Sert ve yumuşak doku tedavisinde | Kıkırdak proteinine çok benzer yapıda |

Yukarıda Tablo 1’de verilen biyomalzemeler oldukça yaygın olarak insan vücudunda tıp alanında kullanılan biyomalzeme türleri olup tez kapsamında endüstriyel ürün ve bir endüstriyel ürün ögesi olan mobilyada kullanılan doğal ve sentetik biyomalzemeler incelenmiştir.

Mobilyada Endüstriyel Devrim sonrası kullanımı başlayan plastik malzeme yerine kullanılan biyoplastik türleri bulunmaktadır. Yenilenebilir veya yenilenebilir olmaya yakın olan bu biyomalzemeler, biyobozunur olup nişasta gibi doğadaki hazır maddelerden üretilenler, mikrobiyal fermantasyon sonucu polimerlerden işlenen plastikler ve laktik asit gibi doğal reçinelerden işlenen plastikler olmak üzere 3 sınıfa

ayrılmaktadır (Özdamar ve Ateş, 2018). Biyoplastik çevresel avantajları arasında fosil yakıtların tükenmesine engel olmaları ve biyobozunur olma özellikleri bulunmaktayken zayıf noktaları arasında neme karşı hassasiyetleri mekanik dayanımlarının düşük olması durumu bulunmaktadır (Özdamar ve Ateş, 2018). Bu zayıflıklar, Özdamar ve Ateş ‘in (2018) savunduğu gibi sebze ve meyve artıklarından toplanan lifler, arap zambak, reçine, kahve harcı veya kül suyu gibi maddelerden elde edilen kompozitler ile baskılanarak güçlendirilmesine bağlı maliyet ve CO₂ emisyonları azaltılabilmektedir.

Biyoplastikler ve diğer canlı kaynaklı biyomalzemeler doğada çeşitli alanlardaki atıklardan elde edilebilirken temelde, deniz kaynaklı atıklar, tarımsal kaynaklı atıklar ve canlı organizmalardan elde edilebilmektedir. Deniz kaynaklı atıklara deniz kabuğu, deniz tortusu ve deniz kaynaklı gıda atıkları örnek verilirken, tarımsal kaynaklı olarak mısır ve patatese dayalı atıklar sıklıkla kullanılırken canlı organizma olarak bakteri ve mantar kaynaklı olabilmektedir (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Bakteri ve mantar kaynaklı biyomalzemelerin üretiminde yer alan bakteri mantarlar çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük canlı organizmalardan oluşan mikrobiyal bazlı biyomalzemeler olup üretimlerinde kullanılan hammaddelerin büyük bir bölümü yerel olarak temin edilebilen organik atıklardan oluşmaktadır. Ayrıca, bu atıklar biyo bazlı malzemelerin üretimi sırasında değerlendirilmesi sonucu yeniden kullanım olanağı sağlayarak atık olmaktan çıkmaktadır (Alemu ve diğ, 2022).

Deniz, tarım ve canlı kaynaklı biyomalzemeler tek bir malzemedan oluşmadıklarından kompozit malzeme olarak adlandırılmaktadır. Kompozit malzeme; iki veya ikiden fazla malzemenin daha iyi düzeyde mekanik özelliklere ulaşması, düşük maliyet oluşturması ve uygun üretim koşullarına sahip olması gibi nedenlere bağlı belirli oranlarda birleştirilmesidir. “biyo” ön eki almasıyla biyomalzemelerin birleşimden oluşan “biyokompozit” kavramına erişmek mümkün olmakla birlikte tanım olarak “*Yeşil kompozitler ya da biyokompozitler olarak da adlandırılan; yenilenebilir kaynaklardan veya biyolojik maddelerden kaynaklanan hem takviyelerden hem de polimer matris fazından oluşan farklı türde biyo-kompozit malzemeler olarak tanımlanmaktadır*” (URL 11). Aşağıda bazı biyokompozit hammaddeler ve mobilya özelinde kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 2. Biyomalzemelerin Özellikleri ve Mobilya Üretimine Entegrasyonları (Alıcı ve Dalkılıç, 2022)

| Biyomalzeme İsmi | Üretim Methodu | Kaynağı | Dokusal Özelliği | Endüstriyel Ürün |
|----------------------------|------------------------------------|--|---|--|
| Deniz Taşı (Sea Stone) | endüstriyel, manuel ve el işçiliği | deniz kabukları | kalıplama yöntemi ile istenilen form, renk ve doku alternatifleri mukavemeti düşük | mobilya, mutfak tezgahı ve dekoratif öğeler |
| Miselyum Esaslı Malzemeler | biyolojik yöntemler | mantar miselyumu ve organik atıklar | kalıplama yöntemi ile istenilen formda (3D yazıcı) hafif, esnek, yumuşak ve dayanıklı | masa lambası, avize ve sehpa gibi iç mekan donatı elemanları |
| Palm Leather | endüstriyel ve biyolojik işlemler | Areca betel nut Palm | lastik, deri ve kauçuk gibi malzemelere alternatifleri | oturma grubu ve yatak gibi mobilyaların döşemelerinde, sandalye ve taburelerin oturma yüzeylerinde ve aydınlatma ve dekoratif öğelerde |
| Parblex Plastik | endüstriyel işlemler | patates, nişasta, protein ve selüloz içeren yenilenebilir kaynaklar. | petrol esaslı plastiklere alternatif ve farklı renk, doku ve ebatlarda üretilebilme ve düşük suya dayanım | iç mekânlarda ıslak hacimler dışında, duvar yüzeyleri kaplamasında, mobilya, aydınlatma ve aksesuar gibi iç mekân donatılarında ve ambalaj malzemesi |
| Shellwork | endüstriyel ve biyolojik işlemler | deniz ürünü atıkları | petrol esaslı plastiklere | saksı, vazo, biblo gibi dekoratif nesnelere, şeffaf-opaklık düzeyi |

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|---|---|--|
| | | | alternatif ve antibakteriyel saydamlık, sertlik ve ebat değişimi | ayarlanarak aydınlatma elemanlarında, sertlik-esneklik oranı uygun hale getirilerek sandalye tabure, bank vb. |
| Tomtex | endüstriyel ve biyolojik işlemler | deniz Ürünleri Kabukları, Kahve Telvesi | esnek, yumuşak, mukavemetli ve suya dayanıklı, renk, desen ve doku alternatifli | deri, kauçuk veya plastik benzeri malzeme görselleri, ambalaj |
| Totomoxtle | geleneksel Yöntemler ve el işçiliği | mısır bitkisinin kabukları | farklı renk alternatifi ve geniş yüzeylerde kullanım olanağı | sehpa, sandalye, dolap gibi mobilyaların kaplama ve detay işlemlerinde, aydınlatma, seperasyon elemanlarında, duvar ve dekoratif eşyalarda kaplama malzemesi |

Yukarıda görüldüğü gibi biyomalzemenin pek çok çeşidi olmakla birlikte, bu çalışmanın kapsamında Tablo 2’de de görülen mobilya ürünlerinde kullanılan canlı kaynaklı biyomalzemeler ele alınmıştır. Biyomalzemeler veya diğer ifadeyle biyolojik esaslı/ biyo bazlı malzemelerin kullanım alanları birbirinden farklı olmakla birlikte elde edildiği kaynaklara göre sınıflandırılarak ayrılmaktadır.

Malzeme seçimimde kullanılacak malzemeler mekanik özellikler, termal özellikler, optik karakteristik özellikler ve teknolojik karakteristik özelliklere göre kullanım alanı bulmaktadır. Bunlardan mekanik özellikleri; çekme basma burulma ve elastiklik, termal özellikleri; ısıl iletkenlik, ısıl genleşme katsayısı, optik karakteristik özellikleri renk ve ışığı yansıtma, ses iletme, şeffaflık ve teknolojik karakteristik

özellikleri döküm tekniği, dövme için uygunluk, işlenebilirlik, kaynak ile biçimlendirme imkanı gibi özelliklerdir (Yüksel, 2008). Yukarıdaki özellikler biyomalzeme seçiminde de kullanılan ölçütlerden olup biyomalzemenin uygun kullanım alanı tayin etmede rehber olmaktadır. Son yıllarda biyokompozitlere olan ilgi giderek artmaktadır ve bunun altında yatan nedenlere arasında ticari maliyetinin düşüklüğü, biyobozunurluk, ve hafiflik gibi endüstriyel uygunluk sağlayan fiziksel özellikler haricinde yenilenebilir kaynak kullanımı veya üretiminde geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı gibi üretim olanakları etken olmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023).

Endüstriyel üretimde hafiflik avantajlı bir fiziksel özellik olup hafif üretimin sağladığı avantajlar sırlanacak olursa; minimum üretim maliyeti ve çekme mukavemeti ve sertlikle birlikte kolay üretim olanağı olarak özetlenebilmektedir (Abdallah ve Estévez, 2023). Hafiflik endüstriyel üretimde önemli bir tasarım kriteriyken endüstriyel ürün ambalajında oldukça avantajlı bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, tamamen sürdürülebilir bir ambalaj plastiğinin üç kriteri karşılaması gerekir. Öncelikle yenilenebilir hammaddelerden yapılmalıdır. İkincisi gübrelenebilir olmalıdır. Üçüncüsü, geri dönüştürülebilir olmalıdır; eritildiğinde, işlenmemiş malzemelerle benzer performans gücüne sahip olması gerekmektedir (URL 11). Bu bakımdan incelendiğinde sentetik biyomalzemelerin olan biyoplastikler ideal bir ambalaj malzemesi potansiyeli taşıdığı görülmektedir.

Shellworks adlı firmaya ait kitosan biyoplastiği ile, anti-bakteriyel kabarcıklı ambalajlar, besin çeşidine göre değişen taşıma torbaları ve doğada kendiliğinden gübrelenen bitki saksıları üretiminde kullanılarak çeşitli endüstriyel ürünler üretimler (URL 12), günlük yaşamda kullanılan birçok plastik ürün için gelecekte bir alternatif haline gelmesiyle birlikte tasarımcılar tarafından yaygın olarak kullanımı tahmin edilmektedir (URL 13). Deniz ürünleri kabukları ve sirke kullanarak çevreye zarar vermeyen kozmetik ürünleri ve gıda ambalajları da üreten firmaya ait tüm biyoplastikler gübrelenebilir nitelikte olup, *“Gübrelenebilirlik; sürdürülebilirlik açısından biyobozunabilirliğe oranla daha güçlü bir potansiyel olup doğada mikroskobik canlılar tarafından toksik olmayan bileşiklere parçalanabilmektedir. Gübreleme sayesinde, biyolojik olarak tamamen parçalanabilen ve toksik, kalıcı bileşiklere dönüşen plastikler bile*

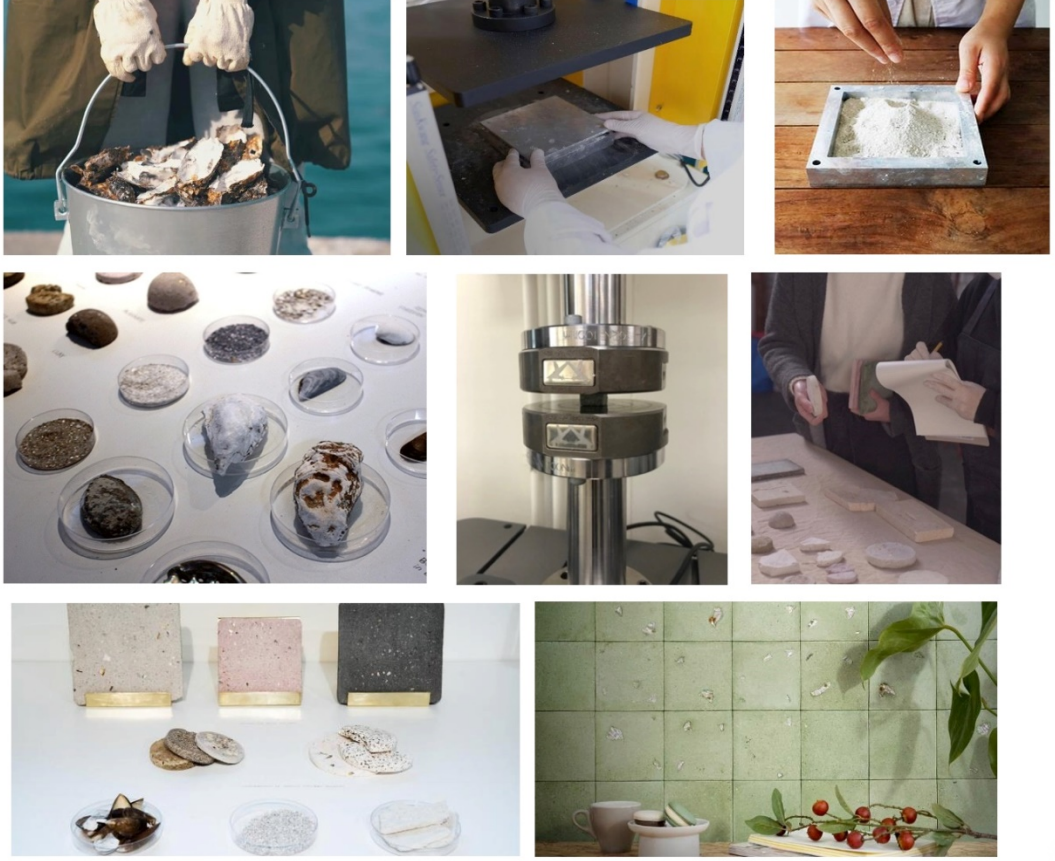
Shellworks ürünleri kadar çevresel değildir. Ayrıca Shellworks ürünleri eritilerek yeni ürünlere dönüştürülmesi de kolaydır.” (URL 10).

Endüstriyel üretime dahil olmada hafiflik dışında doğada çok miktarda bulunabilmesi bir diğer avantaj olmaktadır. Doğada az bulunan bir malzemenin çok sayıda üretim yapılan endüstriyel üretimde kullanılması doğal kaynak rezervlerini tehdit edeceğinden doğru olmamaktadır. Bu noktada, kitin, doğada fazla bulunmasında sebebiyle selülozdan sonra dünyada kullanımı en yaygın biyoplastiktir. Deniz kabukları, böceklerin dış iskeleti ve mantarların hücre duvarlarında bulunan kitinin, saflaştırma ve elde edilen türlerine göre değişen mekanik özellikleri bulunmaktadır. Ek olarak, kitin bazlı akademik çalışmalar 70 yıldır var olmasına karşın ticari boyuta taşınması oldukça yeni olup toz, lif, film, boncuk, sünger, jel ve çözeltilere ek olarak antimikrobiyal ve hemostatik özellikleri nedeniyle yara tedavisinde kullanımı yapılamasıyla beraber petrol bazlı plastik üründe kullanımına karar verilerek uygulamalar gerçekleştirilmiştir (URL 10).

Deniz kaynaklı biyomalzemeler çok çeşitlidir. En çok kullanılanı doğada yaygın bulunmasından dolayı deniz kabuğundan elde edilen biyomalzeme türüdür ve başta inşaat olmak üzere çeşitli alanlara sürdürülebilir olarak hizmet vermektedir. Bu duruma neden olan sebep; küresel çapta her yıl yaklaşık olarak 45.000 ton atık deniz kabuğu oluşmakta ve bu atıkların arta kalan etin bozulması ve/veya kabuklarında bulunan tuzların H_2S , NH_3 gibi gazlara ve aminler gibi organik bileşiklere ayrışmasından kaynaklanan kötü koku oluşumları gibi önemli sorunlar yaratmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023). Deniz kabuğu türleri istridye kabukları, tarak kabukları, deniz salyangozu kabukları ve midye kabuklarından oluşmakta olup kimyasal özelliği kabuk türüne, kaynağa ve ürettiği suyun mineral içeriğine göre küçük değişiklikler gösterebilmektedir. Ancak, genel olarak işlenmemiş deniz kabukları kalsiyum karbonat ($CaCO_3$ - %95-97) açısından zengin olmakla birlikte oldukça az oranda mineral ve organik maddeye sahip bir yapıda bulunmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023).

Deniz atıklarından deniz kabuğu kullanılarak elde edilen bir başka biyomalzeme ise seastone olarak bilinen deniz taşıdır. Kimyasal açıdan değerlendirildiğinde, küçük endüstriyel ürünlerin tasarımı ve betona sürdürülebilir bir alternatif potansiyeli olan sea

stone (deniz taşı), içeriğinde bulunan yoğun kireçtaşı olarak da bilinen CaCO_3 'ün çimentonun önemli bir bileşeni olması sebebinden kaynaklanmaktadır (URL 14).



Şekil 8. Deniz kaynaklı biyokompozit örneği olan sea stone (deniz taşı) hammadde üretim süreci ve endüstriyel ürünlere dönüştürülmesi ve teknik testlere tabi tutulması (URL 15)

Deniz taşı doğal ve toksik olmayan bağlayıcılarla birleştirilerek eldesi mozaik benzeri estetik bir görünüm kazandırmamaktadır (URL 16). Beton ve deniz taşı kimyasal içerik yönünden oldukça benzerlik göstermektedir. Ancak geleneksel beton malzemesi inşaat alanında kullanılması için yüksek mukavemet gibi önemli bir mekanik özellik göstermekle birlikte bu özelliğin oluşabilmesi için yüksek enerji ile ısıtma işlemi yapılması gerekmektedir (URL 17). Deniz taşı çimento yerine sürdürülebilir bir kullanımı bulunmasa da iç mekan tasarımında mutfak tezgahı ve mobilyalar ile birlikte küçük dekoratif nesnelere hammadde kaynağı olabilmektedir (URL 18). Malzeme

incelendiğinde deniz taşının yalnızca fayans, tezgah ve vazo gibi yüksek mukavemet gerektirmeyen endüstriyel ürünlerde kullanımına yoğunlaştığı görülmektedir (URL 19). Ek olarak deniz taşının estetik özellik bakımından terazzo, fiziksel özellik bakımından hafifliğiyle plastik benzerliği bulunmaktadır (URL 20). Bu özelliklerine göre endüstriyel hammadde olma imkanı bulunması sayesinde döşeme ve dekoratif nesnelere açısından oldukça uyumlu olmaktadır (URL 21).

Endüstriyel üretimde tarım artıklarından da üretilen sentetik biyomalzemeler bulunmaktadır. Bunlardan mısır nişastasından elde edilen köpük ile raf tasarımı İngiltere’de Monc Eyewear Mağazası içerisinde (Bknz. Şekil 9) kullanılmıştır. Geri dönüşüm, suda çözünüm, toprak için gübre oluşum gibi çeşitli çevresel özellikleri sayesinde sürdürülebilir bir biyomalzeme olup mukavemeti yüksek olmasıyla endüstrinin çeşitli alanlarında hammadde olma imkanı bulmaktayken suda çözünmesi gıda muhafaza ve kullanımını sağlayan ürünleri için kullanımına engel olmaktadır (Yılmaz, 2023).



Şekil 9. Mısır nişastası köpüğünden elde edilen biyomalzeme raf üretimi (Yılmaz, 2023)

Bazı tasarımcılar atık kumaşları biyoplastiklerle kompozit parçalara dönüştürerek masa ve sandalyeler için mobilya panelleri üretmektedir (Wang ve diğ., 2023). Tarım kaynaklı nişasta ile kumaş kompozitleri elde edilerek mobilyaların fiziksel ve mekanik özellikleriyle uyumlu olarak yüksek mukavemetli ve taşıma kapasitesi yüksek, katı ve gözenekli bir mobilya hammaddesi üretilmiştir (Wang ve diğ., 2023).

Tarım kaynaklı olabilecek bir diğer örnek sürdürülebilir, yenilenebilir ve çok fonksiyonlu olması sebebiyle bitki hücre duvarlarının yapısal bir bileşeni selüloz olmaktadır (Faidi, 2017). Selülozun biyozunabilirliği, bolluğu ve sürdürülebilirliği ile

daha geleneksel ahşap veya selüloz bazlı ürünlerden daha çevresel olmasıyla birlikte son dönemdeki teknolojik üretim faaliyetleri selülozu daha öne çıkarmış ve araştırmalar bu yönde artırılmıştır (Faidi, 2017). Geri dönüşüm ve kullanım sonrası geri kazanım yöntemleri selülozun geleceğin potansiyel materyali olma öngörüsünü yaratmaktadır (Faidi, 2017). Endüstriyel üretimde yukarıda anlatıldığı malzeme özellikleri ürüne entegrasyonunu için biyomalzeme ve ürün özellikleri karşılaştırılmalı ve uyumu sorgulanmalı ardından ürün eldesinde kullanılacak biyomalzemenin sürdürülebilirliği tartışılmalıdır.

Biyomalzemelerin her biri canlı kaynaklı olmadığı gibi her biri de tamamen biyobozunma özelliği gösteremeyerek çevresel açıdan zararlı olabilmektedir. Örneğin; biyoplastiklerle ilgili olarak, sürdürülebilir biyomalzeme olarak sınıflandırılan biyo bazlı Polietilen (PE), polipropilen (PP), poliamid (PA) ve polietilen tereftalat (PET) gibi tam olarak biyolojik parçalanmayan ürünler pazarda yer bulmakta bu gibi durumlar biyomalzemenin sürdürülebilirliği açısından güven kırmaktadır. Çünkü bu tarz biyomalzeme petrol esaslı eşdeğer görülen ürünlerden işlev bakımından yetersiz olmakla birlikte bir biyobozunma oranı %100 olmayan bir ayrışma süreci bulunmaktadır (URL 10). Diğer yandan, PLA gibi bazı biyoplastiklerin biyobozunur ancak yalnızca belirli uzman tesislerde yüksek maliyetli ve büyük enerji tüketen ayrışma koşulları altında aksi takdirde doğal çevre için petrol esaslı plastiklerle eşdeğer zarar oluşturma ihtimalleri bulunmaktadır (URL 10). Doğada biyobozunma özelliğine bağlı düşük çevresel etkiye sahip biyomalzemeler ile biyobozunma oranı düşük biyomalzemelerin yarattığı çevresel etki karbon ayak izi olarak aşağıda Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çeşitli Biyomalzemelere Ait Karbon Ayak İzi Oranları (Yılmaz, 2023)

| Malzeme | Karbon Ayak İzi | Etkileri |
|---------|-----------------|---|
| Ahşap | Düşük | Yenilenebilir, düşük işleme maliyeti, doğal görünüm (Hammel, K., & Barnette, A., 2018). |
| Kenevir | Düşük | Yüksek dayanıklılık, düşük işleme maliyeti, hafif (VanderWerf, J., 2018). |

| | | |
|-----------|--------|--|
| Kâğıt | Düşük | Yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, düşük işleme maliyeti (Cullen, J. M., Allwood, J. M., Borgstein, E. H., & Graves, A., 2019). |
| Keten | Düşük | Yüksek dayanıklılık, düşük işleme maliyeti, hafif (Perino, M., Magrini, A., & D'Amico, G., 2017). |
| Mantar | Düşük | Yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, düşük işleme maliyeti (Xu, W., Xiao, L., Wang, Y., & Wu, Y., 2020). |
| Çelik | Yüksek | Yüksek dayanıklılık, uzun ömürlü, geri dönüştürülebilir (Allwood, J. M., Cullen, J. M., & Milford, R. L., 2014). |
| Beton | Yüksek | Uzun ömürlü, yüksek mukavemet, geri dönüştürülebilir (Horvath, A., 2011). |
| Alüminyum | Yüksek | Hafif, yüksek dayanıklılık, geri dönüştürülebilir (Reck, B. K., & Graedel, T. E., 2012). |
| Plastik | Yüksek | Çeşitli uygulamalar için uygun, hafif, geri dönüştürülebilir (Parker, H. W., & Langer, A. M., 2018). |
| Cam | Orta | Uzun ömürlü, geri dönüştürülebilir, yüksek işleme maliyeti (Gunasekara, D., 2018). |

Sentetik biyomalzemeler haricinde doğal biyomalzemeler de bulunmaktadır. Mobilya ve inşaat endüstrisinde sıklıkla kullandığımız ahşap doğal bir biyomalzemedir. Ahşap sürdürülebilir bir malzeme olmasına karşın günümüzde giriş bölümünde anlatılan çeşitli sebeplere bağlı tükenme tehditi yeni biyomalzeme araştırmalarına yönelim sağlamıştır. Ayrıca tabloda doğal ahşabın karbon ayak izi düşük olarak görülmesine karşın ahşap daha az yoğunlukla kullanılmak amacıyla işlendiğinde bu durum nihai ürününün özelliklerine göre değişmektedir.

Ahşaba alternatif olarak, bambu hızla yenilenebilen sürdürülebilir bir biyolojik kaynak olup günümüz üretim teknolojisi, bambunun endüstride geniş bir kullanım alanı bulduğunu ve bambuyla üretilen endüstriyel ürünlere olan ilginin büyüklüğü dikkat çekmektedir (Deng ve diğ., 2023). Bambu mobilya kullanımı, çok eski tarihlerden bu yana süregelen bir uygulamadır. Bu durumun nedenleri arasında toksik olmaması, bolluk ve sağlık etkenleri yatmakta olup doğası gereği sürdürülebilir olan bu malzemenin mobilya

tasarımında yoğun kullanıldığında ciddi israflara neden olmaktadır (Deng ve diğ., 2023). Çünkü bambu yapısı gereği hızlı değişime uğrayan bir materyal olup kullanıma bağlı hızlı yıpranma potansiyeli kaynaklanmaktadır (Deng ve diğ., 2023). Ayrıca bambu kalasların ikincil işleme sırasında mekanik özellikleri ve kullanım ömrü küçük bir miktar azalırken işleme sırasında harcanan enerji yönünden tam olarak sürdürülebilir olmadığı görülmektedir (Deng ve diğ., 2023). Bambu kalasların mekanik özellikleri ve servis ömrü bir miktar etkilenirken, bambu kalasların ikincil işlenmesiyle ortaya çıkan kaynak ve enerji tüketimi, sürdürülebilirliklerini büyük ölçüde azaltmaktadır (Deng ve diğ., 2023).



Şekil 10. Bambu ile üretilen mobilya tasarımları (Deng ve diğ., 2023)

Çalışmada canlı kaynaklı bir biyomalzeme olan miselyum seçilerek ilerleyen kısımlarda ele alınacağı için canlı kaynaklı biyomalzeme örneklerinden miselyumun kullanım alanları ve genel özelliklerinden daha kısıtlı bahsedilmiştir. Canlı kaynaklı biyomalzemelerden miselyum bitki malzemesinden oluşan bir biyo-kompozit olarak farklı alanlardaki endüstriyel ürünler için biyobozunur bir malzeme alternatifi oluşturmaktadır (Attias ve diğ., 2017). Örneğin, miselyum biyokompoziti, uygun maliyeti ve atıksız üretimi ile inşaat ve biyomedikal alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023). Miselyum kompozit panellerin sürdürülebilir mimari malzemeler olarak başarılı bir şekilde kullanılması için su emme oranının artırılmasına odaklanılmalıdır (Lee ve Choi, 2022). Geleneksel yapı malzemelerine göre çok daha zayıf mekanik özelliklere sahip olmasına rağmen malzemenin yalnızca basınç dayanımlarına göre yapısal olarak optimize edildiğinde yük taşıyan yapılarda kullanılabileceğini başarıyla göstermiştir. Miselyum tabakasının gözenekliliğinin, su emme oranında etkili olduğu gözlemlenmiştir (Krijgsheld, ve diğ., 2018). İleride endüstriyel üretim ve

inşaattaki payının artacağı tahmin edilmektedir. Bilinmeyen dayanıklılık, güvenilirlik ve sabitleme teknolojisindeki zorluklar malzemenin sınıflandırılmasını zorlaştırmaktadır (Sydor, Bonenberg, Doczekalska ve Cofta, 2021). Ayrıca miselyum kurutulduğunda bina yalıtımı ve ambalaj üretiminde kullanılmasının yanında tarım artıklarıyla biyokompozit oluşturduğunda bağlayıcı özelliği sayesinde plastik malzemelerde dolgu malzemesi olarak kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022). Üretim için düşük enerji gereksinimleri, biyolojik parçalanabilirlik ve sanatsal değerlerin varlığı gibi avantajlı özellikler bulunmaktadır (Sydor ve diğ., 2021). Geliştirilen bir prototip, yük taşıma ve bağlama kapasitelerini kanıtlamıştır. Endüstriyel fırına ihtiyaç duyulması nedeniyle büyük hacimli ürünler için üretim imkanı kısıtlı olmaktadır (Nguyen, Solueva, Spyridonos, ve Dahy, 2022). Üretim için düşük enerji gereksinimleri, biyolojik parçalanabilirlik ve sanatsal değerlerin varlığı gibi avantajlı özellikler bulunmaktadır (Sydor ve diğ., 2021).



Şekil 11.Miselyum ile üretilmiş deri alternatifleriyle tasarlanmış çeşitli moda ürünleri ve çanta tasarımı (Amobonye, Lalung, Awasthi ve Pillai, 2023), (URL 22)

Canlı kaynaklı bir başka biyomalzemede yine selülozdur ve selüloz yukarıda anlatıldığı tarım artıklarında bitkisel kaynaklı da elde edilebilmektedir. Ancak selüloz ev koşullarında *Acetobacter* bakterileri tarafından fermantasyon metoduyla da üretilmektedir. Bakteri bazlı selüloz, tıp alanı gibi bitkisel selülozdan farklı bir kullanım yerine sahip olmaktadır (Faidi, 2017). Bakteriyel selüloz yüksek ısıya karşı dayanıklılığı ile de abajur için kullanılan kağıt ve tekstillerin üzerinde kullanımını, ek olarak yine ısıya dayanıklılık özelliğine bağlı ışık kaynaklarının yakın iletişimli elemanlarında malzeme olarak kullanabilmektedir (Faidi, 2017).

3.3. Endüstriyel Üründe Biyomalzeme ve Kullanım Örnekleri

Endüstriyel üründe biyomalzeme ve kullanım alanlarını değerlendirebilmesi için endüstriyel tasarım, ürün ve ürün döngüsü kavramlarını anlayabilmek ve yorumlayabilmek gerekmektedir. Endüstri ürünleri tasarımı veya endüstriyel tasarım seri üretimi için tüketici gereksinim ve problemlerine yönelik estetik, yaratıcılık, teknik avantaj, işlevsellik, ergonomi, malzeme bilgisi, pazarlanabilirlik, üretim yöntemleri gibi çeşitli ölçütler, değerlendirme altına alarak, yeni ve içinde bulunan dönemin şartlarıyla uyumlu ürünler tasarlama süreci olarak tanımlanabilmektedir (URL 23). Ürün genel olarak; doğal mahsul veya endüstride hammaddenin işlenmesiyle üretilen somut nesnelere olup maddi bir kazanç veya bir eylemi gerçekleştirmede destek olmak gibi amaçları bulunmaktadır (Başbuğ, 2016).

Ürün döngüsü kavramı ise; “yaşam döngüsünden” etkilenilerek oluşturulmuş bir kavram olup hammaddenin doğadan elde edilmesinden, ürüne ait atıkların tekrar doğaya dönmesine kadar üretim, uygulama, kullanım ve kullanım sonrası devam eden tüm süreçleri kapsamaktadır. Ek olarak, bu süreçlerin alt süreçlerini değerlendiren bir sistem olup çeşitli disiplinlerin pek çok alanında kullanılan “yaşam döngüsü” kavramı, biyolojik sistemlerde görülen bir özelliğin endüstriyel etkinliklere de uyarlanması ile uygulanmaktadır ve çeşitli disiplinlerde kullanılmaya devam etmektedir (Başbuğ, 2016).

Tablo 4. Üretim, Uygulama, Kullanım ve Kullanım Sonrası Alt Süreçleri (Başbuğ, 2016)

| Üretim Alt Sistemi Süreçleri | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|
| İşlevlendirme Süreci | Hammadde Süreci | İşleme Süreci | Paketleme Süreci | Depolama Süreci | Nakliyat Süreci |
| Uygulama Alt Sistemi Süreçleri | | | | | |
| Teslim Alma Süreci | | Depolama Süreci | | Montaj Süreci | |
| Kullanım Alt Sistemi Süreçleri | | | | | |
| Üründe Değişiklik Süreci | | Kullanım Süreci | | Bakım ve Onarım Süreci | |

| Kullanım Sonrası Alt Sistemi Süreçleri | | |
|---|-------------------|---------------------|
| Yeniden İşlevlendirme Süreci | Sökme-Atma Süreci | Geri Dönüşüm Süreci |

Üretim alt sistemi süreçleri; işlevlendirme, hammadde, üretim, paketleme, depolama ve nakliyat süreçlerinden oluşmaktadır. Ürünün tasarım aşamasından uygulamaya hazır hale getirilmesine kadar olan tüm süreçleri kapsamaktadır (Başbuğ, 2016). Uygulama alt sistemi ve süreçleri ürünün, satış noktasından uygulamasının yapıldığı süreç dahil tüm süreçleri içermektedir. Teslim alma, depolama ve kurulum gibi ürünün kullanıcıya ulaşması ve kullanıcısıyla olan ilişkisinin başlamasıyla birlikte kullanım alt sistemlerinden üründe değişiklik süreci ve kullanım süreci ile birlikte bakım ve onarım süreci devreye girmektedir. Kullanım sonrası alt sistemi ve süreçlerinde ise ürün yeniden işlevlendirme süreci, sökme atma süreci ve geri dönüşüm süreçleriyle ürün ömrünü tamamlayarak yerini başka ürüne bırakabilir veya yeni işlev kazanabilmektedir. Sökme-atma sürecinde ise, yeniden kullanılmayacak ürünün sökülüp atıldığı süreçtir. Bazen bu aşama geri dönüşüme hazırlık olabilmektedir. (Başbuğ, 2016).

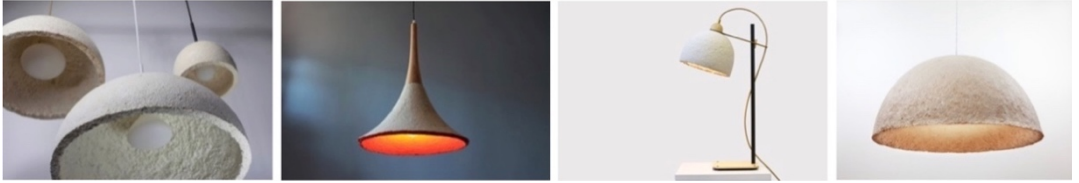
Biyomalzemelerin endüstriyel üretime entegrasyonu bu bölümde çeşitli örnekler üzerinden incelenerek sürdürülebilirliğe olan katkıları değerlendirilmiştir. Miselyumun farklı mobilya ürünelerine bileşen olduğu (Bknz. Şekil 12) olduğu görülmektedir. Çeşitli doğal atıklarla kompozit olarak kullanım bulan miselyum, mekanik dayanım, hafiflik, biyobozunabilirlik, düşük maliyet, yüksek enerji gerektirmeyen çevresel üretim şartları, estetik görünüm gibi çeşitli sebeplerden dolayı iç mekanda kullanımı avantajlı olmaktadır (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Miselyumun hammadde olarak kullanıldığı bazı 3D üretim örnekleri bulunmaktadır (Sarıay, Cörüt ve Büyükakıncı, 2023). Miselyum malzemelerin basılabilirliğini belirleyen parçacık boyutu, bileşenlerin konsantrasyonu ve ısı ve oktavlanmanın vizkozite üzerindeki etkisi gibi bir dizi parametre bulunmaktadır. Belirli hızda, tıkanmadan, düzgünce macun kıvamında akması istenen miselyumun için çalışmalar devam etmekteyken nesneleri canlı malzemelerle basmak için gerekli steril baskı ortamı sağlanmış olsa da basmada substratın (altlığın) viskozite yapısının tutarsızlığı gibi birtakım kısıtlayıcı unsurlar bulunmaktadır (Elsacker, Peeters ve De Laet, 2022).

Bu noktada miselyumun hammadde olarak kullanımı mantar türüne bağlı olarak üretimin 3D ile üretim gibi modern veya kalıp içersinde büyüme gibi ilkel yolla olmasında belirleyici olmaktadır (Krijgsheld, Montalti ve Wösten, 2018).



Şekil 12. Ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı endüstriyel ürün tasarımları (Yılmaz, 2022)

Miselyumun biyobozunurluğu sayesinde kullanım sonrası süreçlerde sürdürülebilir olarak imhası mümkün olmakta kullanım sırasında hafifliği sayesinde insan sağlığında bel ve omurga rahatsızlıkları yaratmadan kullanılabilmekte ve üretim süreçlerindeki maliyetinin düşüklüğü sayesinde ekonomik değerlerde satışı yapılabilmektedir. Bu noktada yapılan endüstriyel üretimlere örnek olarak; mantar miselyumu kullanılarak tasarımcı Daniella Trofe tarafından masa lambası, avize ve sehpa gibi miselyum bazlı endüstriyel ürünler üretilmiş ticarileştirilmiş olup üretilen ürünler iç mekan donatı ürünlerinden oluşmaktadır (Alıcı ve Dalkılıç, 2022).



Şekil 13. Danielle Trofe tarafından tasarlanan ve ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı aydınlatma elemanları tasarımları (URL 24)



Şekil 14. Danielle Trofe tarafından tasarlanan ve ticari ürüne dönüştürülen miselyum bazlı aydınlatma elemanları tasarımları üretim aşaması (URL 24)

Son yıllarda " Fungal Features 2016" gibi miselyum kullanılarak malzeme araştırmaları ve geliştirmeleri üzerine çalışmalarını sürdüren sanatçı ve tasarımcılara ait atölye çalışmalarından birçoğu yalnızca oluşan sergiler bulunmaktadır. Ancak, bunların birçoğu ticari ürün haline gelememiş günlük kullanımı ergonomik açıdan zorlayıcı ve endüstriyel üretime uygun olmayan türden çalışmalar içermesine bağlı sergilerle kısıtlı kalmaktadır (Attias ve diğ., 2017).

Endüstriyel ürünlerde kullanıcı memnuniyetini optimum düzeye çıkarmak ergonomik tasarımlar yapmaktan geçmektedir. Ergonomi; Yunanca Ergon-iş, çalışma ve nomos-yasa anlamına gelen sözcüklerin birleşmesiyle oluşmaktadır. Anlam olarak ise Ergonomi, rn-kullanıcı diyalogunu verim, emniyet, fonksiyonellik ve konfor ölçütleriyle yakalayan alet, makine, sistem, görev, iş ve çevrenin tasarımını insan ölçütü

merkezli tasarlayarak kullanıcının bu ortamlardaki performansını en üst düzeye taşımaktadır (Başbuğ, 2016).

Ergonomiyle ilişkili olarak çalışan bir diğer kavram antropometri bilimi olup endüstriyel üretim süreçlerinin özellikle tasarım aşamasında sıklıkla her iki kavrama da birbiriyle bağlantılı olarak başvurulmaktadır. Yunanca'dan türetilmiş bir sözcük olarak antropometri insan ve ölçme anlamalarına gelen iki sözcüğün birleşiminden oluşmuştur. İnsan merkezli ve sistemli üretim ile üretim elemanlarının vücut ölçüleri ve vücut hareketleri ile bu hareketlerin frekans ve sınırları ilgili çalışmalar antropometrinin alanına girmektedir. Antropometri, anatomi, coğrafi bölge ve meslek grupları gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanan farklılıkları ve benzerlikleri saptayarak daha geniş bir insan kitlesine standardize edilmiş üretimler yapmada etkili olmaktadır (Başbuğ, 2016).

Statik antropometri insan anatomisi ve ölçüleriyle dinamik antropometri insan hareketiyle ilgilidir (Başbuğ, 2016). Ergonomi ve Antropometri'den yararlanılmadan üretilmiş bir endüstriyel ürünün kullanıcı ile iyi bir iletişim halinde olması imkansız olacağını söylemek mümkündür. Örneğin Şekil 13'te görülen mantarın vejetatif kısmı olan miselyumdan sarkıt aydınlatma ergonomik açıdan uygun olmasa malzeme ısı ve ışığa bağlı bozulmaya uğrasa ya da aşırı ısınsa bu durumda insan kullanımına ergonomik açıdan uyumsuz olacağından endüstriyel olarak üretilse bile kullanım bulamayacaktır Yılmaz (2023). Bir diğer örnek Shellwork firmasına ait Shellmer malzemesi sürdürülebilir ve ergonomik açıdan uygun bir biyoplastik olarak ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır ve sıcak suda hemen çözülebilen ince filmler halinde işlenebilir ve kullanım sonrası gübre olarak toprağa dökülebilmektedir (URL 10).



Şekil 15. Shellmer Malzemesi Üretiminde Kitinin İşlenerek Başka Endüstriyel Ürünlere Hammadde Olması (URL 25)

Shellmer kimyasal olarak selüloza benzeyen kabuklu havanlarda bulunan kitin adlı maddeden üretilen Kitosan'dan yapılan ambalaj ürünleri dışında Vivomer adlı toprak ve denizde bulunan mikroorganizmaların yağlarından kozmetik ürünler ve gıda malzemelerini muhafaza etmek için kutular, ambalaj filmler ve çok çeşitli doğal boylardan oluşan saksılar üretilebilmektedir (URL 10). Shelly, Sheety, Vaccy, Dippy ve

Drippy adlı beş üretim makinesiyle Shellmer malzeme üretimi yapan firma, süreçte son ürünün geri dönüştüreceğinden hiçbir katkı maddesi kullanmamaktadır (URL 12).

Tablo 5. Kitinden Gübrelenebilir Biyoplastik Eldesinde Kullanılan 5 Makine (URL 10)

| | |
|------------------|--|
| 1. Shelly | Küçük ölçekli çıkarıcı: Kitinin deniz ürünleri atıklarından çıkarılmasını yaparak malzemenin opaklığını ürüne göre değiştirmektedir. |
| 2. Sheety | Biyoplastik solüsyonu düz malzeme tabakalarına dönüştürmek için ısı ve rüzgarı kullanan buharlaştırıcı daha sonra biyoplastığın sıvı formu kullanılarak birbirine yapıştırılabilen bir tabaka oluşturucudur. |
| 3. Vacky | Buharla ısıtılan bir vakum oluşturucu olup biyoplastik tabakalar, vakum oluşturucuya konulan nesnenin şeklini alarak kalıplanmış ambalaj haline getirilebilmektedir. |
| 4. Dippy | Bir ısı kaynağına bağlanan, sıvı malzemeye batırılan ve kurumaya bırakılan, fincanlar ve kaplar gibi 3 boyutlu kaplar oluşturan iki katı metal elemandan oluşan, ısıtmalı bir daldırma kalıplama makinesidir. |
| 5. Drippy | Malzeme, Drippy hidro-geri dönüşüm makinesi kullanılarak tekrar sıvı forma dönüştürülebilmektedir. Malzemenin çok yönlülüğü aynı zamanda tasarımcıların temel bileşenlerin oranlarını ayarlayarak farklı malzeme özellikleri elde etmelerine de olanak sağlayan bu, malzemenin sertliğinin, esnekliğinin ve optik berraklığının yanı sıra kalınlığını da kontrol edilebilmektedir. |

Malzeme daha sonra orijinal biyoplastik solüsyona dönüştürülerek sonsuz geri dönüştürülebilir hale getirilebilmektedir. Alternatif olarak, doğal, kirletici olmayan bir gübre olarak sıvı halde toprağa dökülebilmektedir. (URL 12). Şili’de tasarımcı Margarita Talep’in malzemesi, onu renklendirmek için kullanılan ve yaban mersini, mor lahana,

pancar ve havuç gibi meyve ve sebzelerin kabuklarından elde edilen boyalar da dahil olmak üzere yalnızca doğal madde içeren ve meyve ve sebze artıklarıyla fermente ederek çevre dostu gıda ambalajları ve kapları ürettiği malzemenin farklı renk ve dokularını oluşturmak için elma, patates, pancar, üzüm posası ve bira şerbetçiotu gibi farklı meyve ve sebzelerle denemeler yapmaktadır (URL 12).

3.4.Biyomalzemenin Mobilya Özelinde Kullanımı ve Sürdürülebilirliği

Biyomalzemenin mobilya özelinde kullanımı ve sürdürülebilirliği için mobilya kavramının temeline inilmesi önemli olmaktadır. İnsanoğlunun hayatta kalabilmesi ve neslinin devamını sağlayabilmesi için öncelikle vahşi hayvanlardan, iklim ve doğa koşullarından korunması gerekmiştir. Bu gereksinim, beraberinde barınma ihtiyacını doğurmuş olup barınma gereksinimini amaçlı mağaralarda yaşaması üzerine kendini, doğayı ve çevreyi keşfiyle birlikte bitkiyi, taşı ve toprağı diğer bir ifadeyle doğal malzemeyi kullanarak oluşturduğu mekanlarda “Mobilya” adı verilen eşyalar oluşmuştur (Başbuğ, 2016).

Mobilya etimolojik köken bakımından Latince taşınabilir mal anlamına gelen “mobilius” kelimesinden gelmekte olup, Fransız dilinde “mobilier” veya “meuble”, İsveççede möbler, Almandada “möble”, ve İtalyancada “mobilla” olup Türk diline İtalyanca’dan geçmiştir (URL 26). Mobilya sözcüğünün kökeni “mobil” sözcüğü olup Mobilya Latin dilinde de “devingen” anlamına gelmektedir. Devingen (hareketli olan, taşınabilir her şeyi “mobil” kökü ile ifade etmekte ve mobilya bir mekanı, tamamlayan, ona kimlik kazandıran önemli bir donatı elamanıdır.

Mobilyanın doğuşunun, insanların mağaralarda yaşamaya başladığı dönem olan yontma taş devrinde (paleolitik çağ) taştan, kemikten ya da ağaçtan yontulmasıyla elde edilmiş olabileceği tahmin edilmektedir (Kurtoğlu, 1986). İnsanoğlu, ilk çağlardan bu zamana kadar daha iyi ve konforlu yaşam hedefiyle ergonomi kurallarını, deneme yanılma yoluyla da olsa uygulamaya çalışmıştır. Bu uygulamalara örnek olarak; ayakta yemek yemeden oturmaya, oturarak yemek yemeye, daha sonra yer yerine bir taşın üzerine oturma, oturduğu taşı düzleştirme yiyecekleri bir başka taşın üzerine koyma, o taşın üzerini düzleştirme gibi süreçlerle doğayı taklit ederek mobilyalar üretmeye başlamak olmuştur (Başbuğ, 2016).

Mobilya tanımı insan yaşamında göçebelikten yerleşik düzene geçişle oluşmuş bir kavram olup Neolitik dönemde bin yıllar boyunca devam ederek ilk yerleşim düzenlerinde sabit çözümler ve bazı işleri yapmak için tabure ve sandık benzeri ilk hareketli olan bugünkü bilinen adıyla mobilyaları bu dönemde kullanılmıştır (Başbuğ, 2016). En eski ahşap mobilyalar piramitlerin içerisinde saklanan Antik Mısır'a ait ahşap mobilyalar olup (Crochet, 2004), bilinen ilk mobilya ilk yaşam dönemi olarak bilinen Çatalhöyük mağaralarındaki mobilya kalıntıları olarak kabul edilmiştir (Ağcabay ve Düzenli, 2001). Mobilya kelime anlamı olarak; oturulan, yemek yenilen, çalışılan, yatılan yerlerin döşenmesine yarayan taşınabilir eşyalara verilen genel addır (URL 25).

Çağımızda mobilya üretimi elle üretilmekten çıkarak endüstriyel olarak yüksek sayıda kullanıcıya ulaşmakta olup mobilya üretim biçimleri “seri üretim” ile “özel üretim” olarak adlandırılmaktadır. Özel üretim sisteminin içinde, siparişe göre özel üretim/parti üretimi, seri üretim ise bir ürünün üretimin süregelerek devam etmesidir (Başbuğ, 2016).

Üretim sistemleri ürettikleri ürün türü, ürün sayısı, ürün yapısı, üretim tipi, üretimi gerçekleştiren makine ve gereçlerin işletmedeki yerleşim düzeni v.b. bakımından farklılık göstermektedir (Başbuğ, 2016). Mobilya ürünleri özel üretimin çoklukla tercih edilen ve ihtiyaca bağlı üretilmesi ve kullanıcı odaklı tasarlanması ile hammadde israfının ve ergonomik uyumsuzluğun önüne geçen sürdürülebilir bir üretim biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mobilyalarla ilgili olarak bir unsur ev mekanında kullanılan mobilyaların büyük bir çoğunluğunun hareketli diğer adıyla portatif türde olması olup mobilya kullanılacağı mekana göre özelleşen bir takım spesifik tasarım unsurları içerebilmektedir. Örneğin; eğitim mekanları oturma elemanlarının çok sayıda olmasıyla özelleşen unsurlar taşımakta ve bu durum eğitim mekanlarının öğrenme eylemine bağlı olarak dinleme, anlatma ve çalışma gibi çeşitli eylemlerin oturarak yapılmasından kaynaklanmaktadır (Başbuğ, 2016).

İç mekan mobilyalarında kullanılan hammadde tüm endüstriyel ürünlerde olduğu gibi geri dönüşüm açısından önem taşımaktadır “*İç mekan mobilyaları, genellikle; ahşap, plastik, cam, alüminyum ve benzeri malzemeler ile ahşap/cam, ahşap/metal gibi karmada olabilmektedir.*” (Başbuğ, 2016). Mobilyanın sürdürülebilir bir şekilde üretimi için

tasarım aşamasında belirlenmesi gereken kullanıcı grubu, kullanım ömrü, kullanım biçimi, bakım ve/veya parça değişimi, monte ve demonte süreçleri, ölçüleri, malzeme seçimi, kullanım yeri ve amacı gibi bir dizi ölçütleri bulunmakla birlikte kullanım sonrası süreçte en önemli rol oynayan tasarımda strüktür kararı olmaktadır (Canbolat, 2019).

Geri dönüşümü olmayan veya çok çeşitli sayıdaki hammaddenin ayrışmasının zor ve yüksek enerji gerektirdiği tasarımların kullanım sonrası süreçleri çevresel olmamaktadır. Geri dönüşüm (Recycle): TDK Türkçe sözlüğüne göre “*Atıkların yeniden değerlendirilmesi durumu*” olarak ifade edilmektedir (URL 27). Mobilyada kullanım sonrası süreçleri diğer bir ifadeyle geri kazanım veya imha süreçleri tamir veya parça değişimi gibi süreçleri gibi mobilyanın geri kazanımı veya atıl hale gelen mobilyanın katı atık olarak geri dönüşüm faaliyetleriyle yeniden kullanımı olarak ifade etmek mümkündür (Indir, 2019). Bu süreçlerin etkin kullanıldığı mobilya ürünleri sürdürülebilir mobilya ürünü olarak adlandırılmaktadır.

Mobilya tasarımında sürdürülebilirlik; mobilya yaşam döngüsünün bütün süreçlerinde ekonomiklik ve pratikliğe önem veren şekilde ürünün ve ürün yaşam sürecinin kalitesinin artırılarak enerji kullanımının minimize edildiği estetik, işlevsel ve ergonomiye odaklanan bir ürün geliştirilme sürecidir (Canbolat, 2019). Mobilyada sürdürülebilir yaklaşımlar; basit birleşim detayları kullanmak, demonte ve monte süreçlerine dayanıklı birleşim detayları tasarlamak, onarımı ve/veya parça değişimine uyumlu strüktür oluşturmak ve malzeme sayısı azaltmak başlıca çözümlerden olup üretimden elde edilecek atık miktarını minimize etmek, çevresel materyaller ve çevresel birleştirme metotlarının kullanıldığı düz paketleme yöntemlerinin tercih edildiği ürünler daha sürdürülebilir olmaktadır (Canbolat, 2019).

Mobilyalar kullanıldığı alanlara göre spesifik özelliklerle üretilmesi gibi üretimde kullanılan hammadde çeşidine göre farklı üretim çeşitleri kullanılmasından kaynaklanan tasarım çeşitliliğinin arttığı örnekler mevcuttur. Örneğin plastik malzemeler kalıplama metoduyla üretildiğinden akıtılıp çok çeşitli formlar vermek mümkün olmakla birlikte esnek ve düşük maliyetiyle sanayi devrimi sonrası sıklıkla tercih edilmiştir (Boran Mercan, 2016). Bugün aynı avantajlı üretim ve tasarım özelliklerini biyomalzeme kullanımıyla da yakalamak mümkün olması sayesinde üretimde plastik yerine biyomalzeme kullanımı sürdürülebilir bir etki yaratmaktadır. Okyanuslarda ciddi oranda

çevresel sorunlara yol açan petrol bazlı plastik atıklara üretim alternatifi olabilecek kapasitede tasarımda yeni bir yol açmıştır (Özdamar ve Ateş, 2018).

Petrol bazlı malzemelere eşdeğer üretim imkanı sağlayan biyomalzemeler arasında denizden elde edilen bir biyomalzeme olarak shellwork, deniz kabukları ve mantarların hücre çeperi yapısından olan kitin ile sirkenin birleşiminden üretilerek sertlik-esneklik oranı değiştirilmesi sonucu sandalye, tabure, bank gibi oturma mobilyaları hammaddesi olarak kullanılabilir (Alıcı ve Dalkılıç, 2022). Shellwork adlı firmaya ait biyomalzeme ürünleri ile birçok ürün kalıplama yoluyla elde edilse de mobilya gibi mekanik dayanım, estetik üstünlük ve yangına dayanım ve çok işlevlilik gibi özellikler içeren karmaşık bir strüktürden oluşan endüstriyel ürünün firmaya ait biyomalzemeler ile bu özellikleri karşılaması mümkün olamamaktadır. Ayrıca, ürün bilgisi olarak firmanın Shellmer'i şu anda üretmemekte olması bu durumu kanıtlar niteliktedir.

Bunun dışında mobilya üretimi için çevresel boyutta başka biyomalzemeler de bulunmaktadır. Mobilya üretiminde çevre dostu malzeme olarak ahşap, çelik ve mantar kullanılmaktadır. Yaptığı çevre dostu tasarımlarıyla bilinen tasarımcı Daniel Michalik, mantar meşesi ağacı kabuğu olan mantar ile dolap, sandalye ve tabure (Bknz. Şekil 16) gibi çeşitli mobilya ürünleri elde etmiş olup yaklaşık 10 yılda kendini düzenli olarak yenileyen mantar meşesi ağacının bir ögesi olan kabuğunun mobilya endüstrisinde kullanımı sürdürülebilir bir malzeme olarak kabul edilerek kullanımı devam etmektedir (Boran Mercan, 2016).



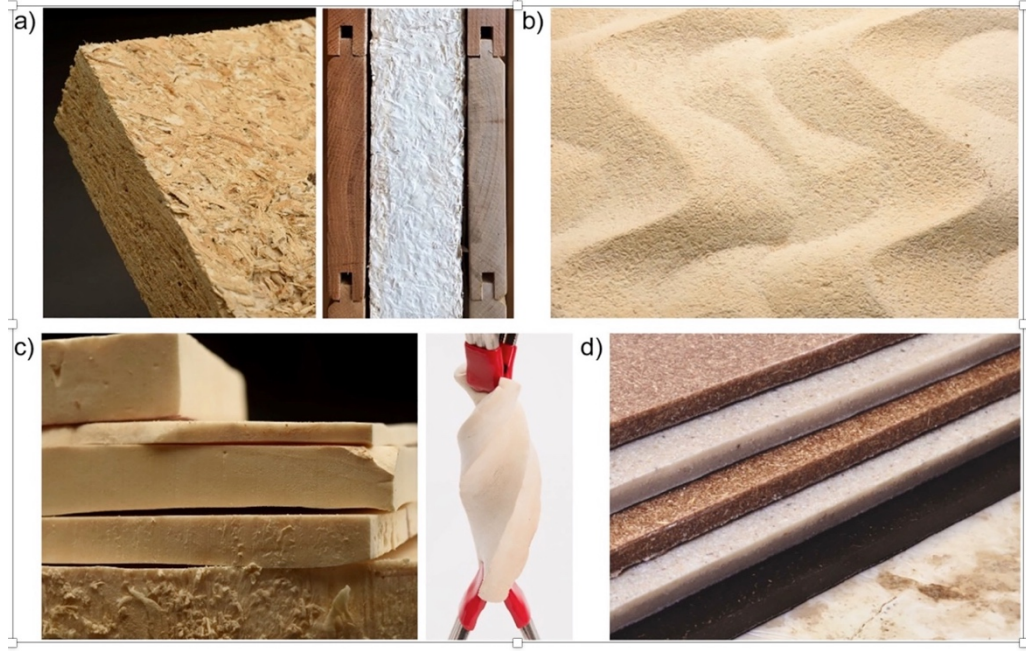
Şekil 16.Daniel Michalik tarafından tasarlanan hammaddesi mantar meşesi ağacı kabuğu olan mantar ile dolap, sandalye ve tabure tasarımları (URL 28)

Bir diğer sürdürülebilir biyomalzeme örneği olarak bakteriyel selüloz canlı kaynaklı olarak mobilya endüstrisinde karşımıza çıkmaktadır. Bakteriyel selülozun (Bknz. Şekil 17) yüksek mekanik dayanımı sayesinde bir insanın ağırlığını taşıyabilecek kapasitede oluşu biyomalzemeyi oturma mobilyasında entegre edildiğinde iyi bir tasarım potansiyeli oluşturacağını göstermektedir (Faidi, 2017).



Şekil 17.Bakteriyel Selülozdan üretilen endüstriyel ürün tasarımları (Faidi, 2017).

Güncel oturma mobilyaları tasarımında mekanik dayanımdan dolayı genellikle ahşap veya metal malzemeler kullanılmaktadır. Bakteriyel selüloz mobilya endüstrisinde tekstil, deri ve diğer yumuşak malzemelerin yerine kullanılabilir (Faidi, 2017). Mobilya özelinde kullanılan sürdürülebilir bir başka malzeme de mantar miselyumudur.

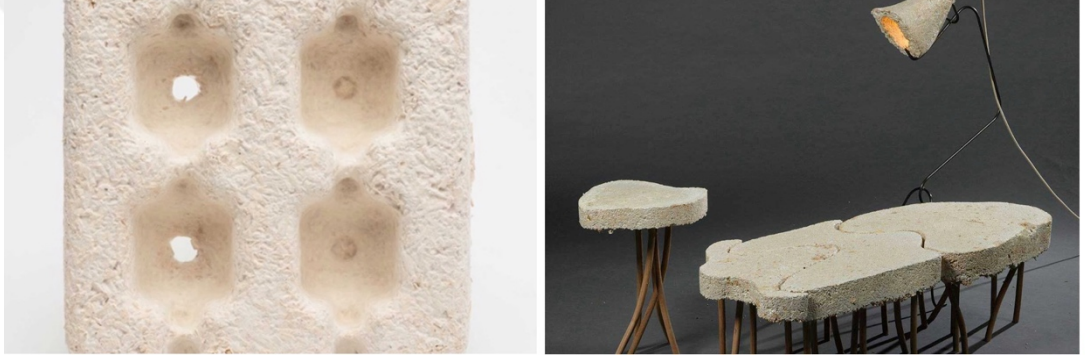


Şekil 18. a) Duvar panelleri ve kapı için yonga levha yerine geçenler, b) akustik köpükler, c) esnek yalıtım köpükleri ve d) reçine katkılı laminat döşeme olarak ticari miselyum kompozit yapı malzemeleri. Resimler Ecovative Design LLC (Green Island, ABD) ve Mogu s.r.l (Inarzo, İtalya) izniyle alınmıştır. (Jones, Mautner, Luenco, Bismarck ve John, 2019)

Miselyum kompozitlerinin mobilya endüstrisi için optimum seviyede mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle panel, döşeme ve mobilyalar için levhalar ve yarı yapısal malzemeler gibi sentetik düzlemsel malzemeler olarak kullanılması, Abdallah ve Estévez'in çalışmasında (2023) uygun bulunmaktadır. Ayrıca mantar miselyumu kurutulmuş doğal taş görünümüyle de mobilya endüstrisinde yer bulmaktadır (Yılmaz, 2023).



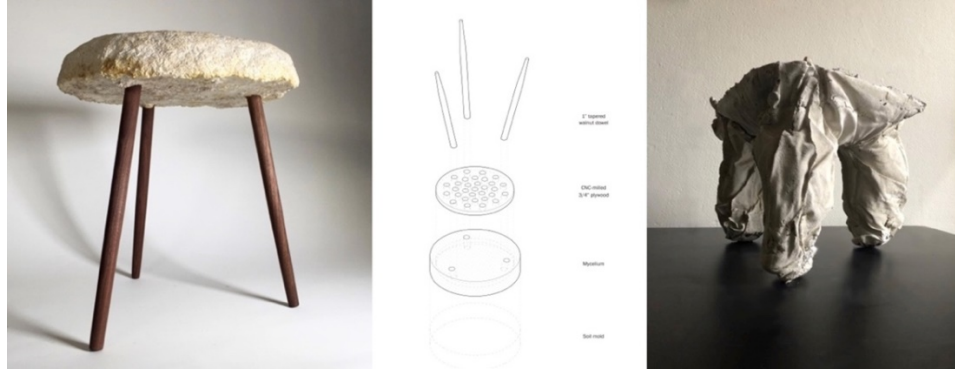
Şekil 19.Ecovative Design Miselyum kompozitlerinin ticari ürün olarak üretilme aşamaları (URL 29)



Şekil 20.Ecovative Design miselyum köpük ile üretilen mobilya ve ambalaj benzeri diğer ticari ürünler (URL 30)



Şekil 21. Miselyumun substrat olarak hazırlanma süreci ve 3D üretimle tasarlanan sehpa tasarımı (URL 31)



Şekil 22. Miselyum kompozitlerinden üretilen tabure tasarımı (URL 32)

Şekil 22’de ticari ürün olarak pazarlanmayan bir öğrenci projesi kapsamında yüzey pürüzleri bulunan bir tabure tasarımı elde edilmiştir. Tabure, kontrplak kafes üzerine miselyum büyümesi yapılarak üretilmiş olup kontrplağın üzerinde açılan boşluklar sayesinde daha az kontrplak kullanılmıştır. Böylece miselyumun süngerimsi dokusu tabure entegre edilerek tabure ağırlığı azaltılmış ve tasarımın sürdürülebilirliği önemli ölçüde arttırılmıştır (URL32).

Mobilya tasarımında sürdürülebilirlik için yangına dayanım da önemli bir ölçüt olmaktadır. Üretiminde pirinç kabuğu ve ince cam parçacıkları içeren substratlar miselyum biyokompozitinin yangına dayanıklılığını önemli ölçüde arttırmaktadır. Ahşap yerine bu biyokompozit kullanıldığında mobilya endüstrisinde emniyet açısından yüksek bir avantaj yaratmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023).

Mantar miselyumun yapı malzemesi, ısı ve yalıtım malzemesi, küçük dekoratif ev eşyaları, deri, tekstil ve şeffaf yenilenebilir film üretimi gibi değişen endüstriyel alanlarda çalışmaları olmuşken Ecovative adlı bir firma mobilya ürünlerini seri bir şekilde üreterek ticari ürün olarak pazarlamaktadır (Attias ve diğ., 2017). Firmanın mantar büyütme koşullarını tamamen paylaşmamasına rağmen müşterilerine özel mantar büyütme kiti satışı bulunmaktadır (URL 33).



Şekil 23. Ecovative Design tarafından ticari ürün olarak üretilen miselyum bazlı sehpa ve tabure tasarımları (URL 34)



Şekil 24. Ecovative Design tarafından ticari ürün olarak üretilen miselyum bazlı masa ve tabure tasarımları ve firmanın tasarımlarında kullanılmak üzere ürettiği miselyum kompozitler (URL 35)

Mobilya üretiminde henüz endüstriyel seviyeye ulaşmamış canlı kaynaklı biyomalzeme ile yürütülen kaplama çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan en bilinenleri arasında bakteri kullanılarak biyomalzeme ile mobilya tasarımı olarak Jannes Hülsen adlı tasarımcı tarafından ve “Xylinum” bakterisi ile, taburede %100 biyobozunur bir kaplama çalışması bulunmaktadır (Akgün, 2020). Biyokompozitlerin birtakım dezavantajları da mevcuttur. Örneğin tekstil artıkları ve nişasta ile üretilen bir biyokompozit örneğinde kompozit oluşturmak için kalıplar kullanılması sonucunda belirli miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Bu noktada, sürdürülebilirlik ve çevre korumayı esas alarak, ısıtma süresi, nişasta türü, malzeme birleşim oranı ve malzeme biçimi düzenlenerek tasarım gereksinimlerine göre özelleştirilmiş kompozit malzemeler temini sağlanabilmektedir (Wang ve diğ., 2023).



Şekil 25. Tasarımcı Jannis Hülsen tarafından tasarlanan Xylinum bakterisinden üretilen malzeme ile tabure kaplaması (URL 36)

Kompozit oluştururken Wang ve diğerlerinin (2023) savunduğu ölçütler dikkate alınmadığında ürün yeniden kullanımda hammadde olduğu süreçte ekonomik olmamasından dolayı sürdürülebilir olamamaktadır. Biyomalzeme ile üretilecek ürünün endüstriyel üretim açısından uygunluğu için tasarımın kullanıcı onayını alabileceği belirli tasarım ölçütlerine ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Örneğin; mobilya üretiminde endüstriyel düzeyde üretim yapmak için bazı tasarım ölçütleri önem taşımaktadır. Aşağıda bu tasarım ölçütleri ayrıntılı olarak görülmekte olup temelde; fonksiyonellik, güvenilirlik, sağlamlık, emniyet ve estetik özellikler olmak üzere açıklanacak olursa:

Fonksiyonellik: Mobilyanın kendisine beklenen işlevleri, yapabilirliği.

Güvenilirlik: Normal koşullarda, mobilyanın ne süre ile işlevini/işlevlerini sürdürebileceğinin ölçütüdür.

Sağlamlık: Güvenilirliğin tam tersi olarak kötü koşullara maruz kaldığında mobilyanın işlevinde/işlevlerinde bozulmanın ne süreyle olacağını bir değerlendirmesi olmaktadır.

Emniyet: Mobilyanın işlevini, kullanıcı tehlike altına almadan sürdürme becerisi olarak tanımlanabilmektedir.

Estetik Özellikler: Mobilyanın görsel özellikleri ile kullanıcıyı etki altına alması olarak tanımlanabilmekte olup optimum ölçülerle üretim, uyum ve orantı, yüzey ve üst yüzey işlemlerinin görseelliği, kusursuzluk, üstün işçilikle üretim gibi görsel ve estetik kuralları esas almakta olup (Başbuğ, 2016), bu özelliklere pürüzsüzlük gibi dokunsal özellikler de dahil olabilmektedir. Pürüzsüzlük dokunsal olarak sorun yaratacağından görsel açıdan da istenmeyen bir durum olarak mobilya üretiminde karşımıza sıklıkla çıkmaktadır.

Endüstriyel üretimde mobilyaya ait tasarım ölçütleri yukarıda görüldüğü gibi 5 başlıkta ele alınabilirken sürdürülebilir mobilya ölçütleri için daha farklı başlıklar bulunmaktadır. Sürdürülebilir ofis mobilyası üretimiyle öne çıkan bir şirket olan Flokk, çevreci 5 tasarım ilkesiyle ofis mobilyaları üretimini sürdürmektedir. Bunlar;

1. Düşük ağırlık: Daha az hammadde ile optimum özelliklerde üretim yapmak,

2. Daha az bileşen: Daha akıllı işlevler ekleyerek üretimi basitleştirmek,

3. Doğru malzeme seçimi; Tehlikeli madde kullanımının önüne geçerek geri dönüşümü bulunan malzeme ve kaynaklarından üretim yapmak,

4. Uzun ömür: Mobilyaları belirli bir sağlamlıkta üretmek.

5. Demonte edilebilir tasarım: Mobilyaları kolayca tamir edilebilir, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir tasarlamak.

Bu ilkeler, çevre üzerinde 3 odak alana yardımcı olmaktadır.

1. İklim: Karbon ayak izimizi ve enerji tüketimimizi azaltmak

2. Kaynaklar: Gezegen daha azını almak ve atıklarımızı en aza indirmek

3. Sağlık: İnsanları ve gezegeni daha güvenli tutmak (Canbolat, 2019).

Tasarımın demonte edilebilirliği bütünüyle strüktüre bağlı olduğundan strüktür sürdürülebilirliği belirleyici en baştaki tasarım kararı olmaktadır. Bu yüzden, mobilyanın sahip olduğu strüktür, kullanım sürecinde tasarımı ve onarımı, kullanım sonrası süreçteki geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi aşamalarda sürdürülebilirliğini büyük oranda etkilemektedir (Canbolat, 2019). Mobilya tasarımında sürdürülebilir strüktür kararı ile az sayıda alan kaplayan düz paketleme sistemi nakliye aşamalarında sürdürülebilir

bulduğundan tercih edilmekte olup demonte edilebilir tasarım ile de parça değişimi ve/veya onarım, geri dönüşüm ve/veya yeniden kullanım süreçlerinde uyum sağlaması sürdürülebilir mobilya üretimi için oldukça önemlidir. Demonte edilebilirlik; sökülüp tekrar takılabilen mobilya bileşenleri olup, *“Mobilyanın sürdürülebilir bir yaşam döngüsüne katılabilmesinde en önemli karar; düşük ağırlık, daha az bileşen, doğru malzeme seçimi ve uzun ömür bileşenlerini yönlendiren strüktürün belirlenmesidir.”* (Canbolat, 2019).

Sökülebilir mobilya tasarımında basit vida, pim ve çoğunlukla kimyasal olmayan bağlantı elemanları kullanılırken düz paketlenen sökülebilir mobilya strüktürü, *“düşük enine sahip bir kutu içinde paketlenmiş”, “montajı için parçalar halinde tedarik edilen, mobilya ekipman parçaları bütünü”* olarak tanımlanmaktadır (Canbolat, 2019). Mobilya ürününün demonte edilebilir düz paketlenen minimum yer kaplayan ambalajlarla taşınarak varış bölgesine erişimi yakıt gibi birtakım enerjileri ve hizmet bedelini düşürdüğünden sürdürülebilir bir yöntem olmakla birlikte birçok mobilya markası günümüzde zaten bu yöntemle nakliye yapmaktadır (Canbolat, 2019). Düz paketlemede mukavemet ve stabilite için ihtiyaç duyulan malzeme hacmini azaltmak önemli olup daha az malzeme kullanımı yerine düz ve hafif mobilya bileşenleri ile düz paketleme daha kolay olmaktadır (Canbolat, 2019). Düz paketlenen demonte edilebilir bir mobilya tasarımı veya endüstri ürünleri tasarımı için gerekli olan yöntemler aşağıda verilmektedir.

1. Malzeme türü sayısı, bağlantı türü sayısı, bağlantı ve birleştirme elemanı sayısını en aza indirmek,
2. Bağlantı elemanlarının sürekli sökme ve birleştirmeye dayanacak şekilde tasarlayarak kimyasal bağlantılar yerine mekanik bağlantılar kullanmakla birlikte demonteye izin veren detay tasarlamak
3. Bakım ve onarıma uyumlu değiştirilebilir ve kullanım ömrü uzun bileşenleri olan, açık-okunur strüktür kullanmak, tasarlanan strüktürlerin birleşimi ile ilgili anlaşılır tanımlamada bulunarak içerdiği malzeme türlerini standart biçimde açıklamak,
4. Atığı en aza indirerek tasarım kararları olarak sökülebilir tasarım ilkelerinin olarak geri dönüşüm ve yeniden kullanım amaçlı tasarlarken aynı zamanda az bulunan malzeme türlerinin entegrasyonunun azaltıldığı ürünler tasarlamak,

5.Sökülebilir strüktürün minimum alan kaplayarak düz paketlenebileceği tasarım kararları ile hafif malzeme ve bileşen çözümleri ile nakliye için harcanan enerjiyi minimize etmek (Canbolat, 2019).

Mobilyanın eskiyerek yeni mobilyaya ile değişimi mal satımına dayalı ekonomide, üreticinin çıkarına, çevre ve tüketicinin zararına bir yaklaşım olmaktadırken hizmet ve süreklilik ekonomisine dayalı sökülebilir mobilya tasarımlarında, minimum enerji ve malzeme kullanılarak dayanıklı, uzun ömürlü mobilyalar tasarlamak hem üretici hem tüketicinin çıkarına uyan bir yaklaşım olmaktadır. Thonet sandalye tasarımı düz paketlemeye bir örnektir (Canbolat, 2019).

Sürdürülebilir tasarım yaklaşımları içerisinde yer alan sökülebilirlik, mobilyaların parçalarını tamir etme, yeniden kullanma ve geri dönüştürme olanağı sağlarken “Uzun ömürlü” tasarlanan ürünlerin geri dönüşümü az olmakla birlikte yeniden kullanılacaksa yeterli dayanıklılık ve esneklikte bulunması gerekmektedir (Canbolat, 2019). Günümüzde geri dönüşüme engel olan bir diğer faktör ise yeni malzemelere gelişen teknolojiye bağlı olarak istenen estetik görünümün verilerek doğal izlenimi yaratılması ve buna bağlı geri dönüşümü olmayan maddelerin istenmeden seçilerek kullanımının artmasına neden olmaktadır (Canbolat, 2019). Sürdürülebilir mobilyada çeşitli ürün etiketleri kullanılmaktadır. Sürdürülebilir mobilya etiketleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Ecolabel

İskandinav ülkelerindeki sürdürülebilir üretim sertifikasıdır. Amacını “günün ihtiyaçlarını, gelecekteki bireylerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerine zarar vermeden karşılamak” olarak açıklamaktadır. Yaşam döngüsü tasarımı yaparak tüketilen ürünlerin ömürleri boyunca çevreye verdikleri zararı incelemektedir. Bunları RPS başlıklarına ayırmaktadır.

- *Relevance (Uygunluk)*
- *Potential (Potansiyel)*
- *Steerability (Konuya hakimiyet)*

Bu başlıklar altında birkaç soru komisyon, soruların cevaplarındaki uygunluk doğrultusunda, ürünün sürdürülebilir niteliklerini saptama yeteneğine sahiptir (Boran Mercan, 2016).

Ayrıca çevresel tasarım modelleri dışında çevreselliği kanıtlayan ürün etiketleri bulunmaktadır. Etiket(labeling), üretilmiş olan ürünün ürün fiyatını, miktarını, özelliğini ve son kullanma tarihi gibi özelleşmiş bilgilerini kullanıcıya tanıtma amaçlı gösteren grafiksel göstergelerden oluşmaktadır (Boran Mercan, 2016). Bu etiketlerden bazıları; ***Ecolabel Etiketi:*** *Eco Label sistemi, çevreyle dost ürün üreterek pazarlamaya destek olmak amacıyla 1992 yılında başlatılmış bir etiketlendirme programıdır. Avrupa’da kurulan bu program içerisinde tekstil, kağıt ve temizlik ürünleri, ev ve bahçe ürünleri gibi ürün grubu bulunmaktadır. AB komisyonu tarafından 16 Temmuz 2008 tarihinde kabul edilen sürdürülebilir üretim ve tüketim kapsamında çevreyle dost üretime katkıda bulunulmuştur. Ecolabel sistemi kriterleri arasında hammadde temini ve pazarlama sistemlerinin analizi olup bu kriterler belirlenirken ürünlerin çevreye olan etkileri belirlenerek zararların minimize edilmesi için gerekli metotlar uygulanmaya devam edilmektedir (Boran Mercan, 2016).*

Orman Yönetimi Konseyi -FSC (Forest Stewardship Council)

FSC; dünyadaki bütün ormanların en doğru şekilde idaresini teşvik etmeyi, ormancılığın sürdürülebilir orman yönetimi ilkeleriyle yürütülmesine yardımcı olmayı, ormanların korunmasını ve daimi varlığını sağlanmasını, bu uygulamaların uluslararası anlamda yaygınlaşmasını hedefleyen bir paydaşlar sistemidir (Başbuğ, 2016).

Sağlıklı Ürün Beyanları-HPDs (Health Product Declarations)

Devlet otoriteleri ve bilimsel danışma kurulları tarafından yayınlanan “tehlikeli malzeme” listeleri ile seçilmiş ürünün içeriğini karşılaştırmak suretiyle, potansiyel olarak zararlı kimyasalların tüm ifşasını sağlamaktadır. Özellikle LEED v4, malzeme içeriğine olan uyumluluğu baz almaktadır (Başbuğ, 2016).

Greenguard Sertifikası

Greenguard sertifikası, iç mekan faaliyetlerinde kullanılan ürünlerin içinde bulunan kimyasal maddelerin iç mekanın havasının verimi bakımından belirlenen sınır değerleri kapsamında olduğunu gösteren sertifikadır (Başbuğ, 2016).

Çevresel Ürün Beyanları-EPD (Environmental Product Declarations)

EPD’ler, ISO 14025’e göre tanımlanan bir ürünün veya hizmetin çevre performansını ISO 14040 serisi çerçevesinde belirtilmiş gerekliliklerle, önceden belirlenmiş kategorilere göre (hammadde elde edilmesi, enerji kullanımı ve verimliliği;

malzeme ve kimyasal madde içeriği; hava, su ve toprağa verilen emisyonlar; atık oluşumu) nicel olarak değerlendirilen ve yayınlayan bildirimlerdir (Başbuğ, 2016).

Beşikten Beşiğe Sertifikasyonu (Cradle to Cradle Product Program)

Beşikten beşiğe sertifika programı Cradle to Cradle Ürünleri İnavasyon Enstitüsünce yönetilen bağımsız ve çeşitli bölümlerden oluşan sertifikadır. Ürünün yaşam döngüsü analizi ile insan e çevre sağlığına olan etkileri incelenmektedir. Malzeme ve üretim prosesi; malzeme içeriği, malzemenin yeniden kullanılabilir ve çevreselliği, üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji, su yönetimi ve sosyal sorumluluk ilkeleridir. Bu sertifikanın amacı; kullanım ömrü bitmiş bir ürünün, atık olması başka bir ürüne hammadde olmasıdır (Başbuğ, 2016)

İşletme Enstitüsü ve Mobilya İşletmeciler Birliği Sertifikası Level-BIFMA Level

İş Dünyası ve Uluslararası Mobilya Üreticileri Derneği (BIFMA) tarafından geliştirilen level, özellikle mobilya üretimi için olan nadir ve sosyal etkilerini değerlendiren, en açık ve kapsamlı oluşturulmuş sertifikadır. Yüksek kapsamlılığı ile BIFMA Level, malzeme, enerji ve atmosfer, insan ve ekosistem sağlığı ve sosyal sorumluluk kategorileri ile LEED V4 gerekliliklerini de karşılamaktadır (Başbuğ, 2016).

Green Seal Sertifikasyonu

1989 yılında kurulan insan sağlığı ve çevreye duyarlı “ecolabel” etiketine sahip, hammaddedeki kimyasallara bakarak karar veren özellikle ABD’de kişisel bakım ve kozmetik kategorisini yaşam döngüsüne kazandırmayı hedefleyen sertifikadır. (Başbuğ, 2016).

BÖLÜM DÖRT

ÖZGÜN SEHPA TASARIMI SÜRECİ VE BİYOMALZEME ENTEGRASYONU YÖNTEMİ

Tasarlanacak olan mobilya ürünü için malzeme seçimi düşünüldüğünde; son yıllarda popüler hale gelen mantar miselyumunun, üretim aşamaları ve kullanım sonrası süreçteki özellikleri incelenmesi sonucu sürdürülebilirlik açısından uygun olduğu görülmektedir. Miselyumun üretim aşamalarında organik atıklar üzerinde büyüme süreci bulunmakta ve bu süreç içerisinde mantarlar kolaylıkla bir bitkiyle benzer şekilde büyüyerek hiçbir toksisite içermeyen yoğun miselyuma sahip olmaktadır (Alemu ve diğ., 2022). Mobilya üretimine dahil olacak mantar miselyumunun kalitesini değiştirmek için öncelikli olarak mantar türü etkili olmakla birlikte substratın besin içeriği, bolluk ve doğada bulunabilme, biyobozunurluk, elde ediliş maliyeti, dokusal ve yapısal uyumluluk gibi özellikler miselyum kalitesinde belirleyici rol oynayan önemli değişkenlerdendir (Alemu ve diğ., 2022). Miselyum-ahşap kompozitlerinin morfolojisi, mekanik özellikleri, nem alımı, hidrofobikliği, termal iletkenliği ve yanıcılığı hakkındaki bilgiler nihai ürün üzerinden karşılaştırıldığında mantar türlerinin seçiminin önemini doğrulamaktadır (Nussbaumer ve diğ., 2023). Milyonlarca mantar türü hakkında detaylı bilginin henüz literatüre girmemiş olması, daha iyi özelliklere sahip miselyum bazlı kompozitlerin üretilebilme ihtimali olduğunu göstermektedir (Sydor, Cofta, Doczejska ve Bonenberg, 2022).

Miselyum biyokompozitinin oluşumunda substrat görevi üstlenen atıklar genelde tarımsal artıklar olup içeriklerinde başta selüloz, tanen ve lignin olmak üzere protein, lipitler ve karbonhidratlar da bulundurmaktadırlar (Abdallah ve Estévez, 2023). Miselyum kompozit olarak kullanılan ve buna bağlı kalıp içerisinde üretilen bir biyokompozit bir biyomalzemedir. Miselyum biyokompozitleri geleneksel malzemelere oranla üretim metotları açısından çevresel olmakla birlikte nem, sıcaklık ve üretim metoduna gibi kriterlere uyulmadığında miselyum biyokompozitlerin özellikleri negatif etkilenmekte ve poroz yapı, yumuşak yapı, ısıl direnç gibi özellikleri değişmektedir (Abdallah ve Estévez, 2023). Ayrıca substrat değişimi söz konusu olduğunda miselyum

biyokompozitinin yoğunluğunun artarak su emme oranının düştüğü örnekler bulunmaktadır (Lee ve Choi, 2021). Bu açıdan değerlendirildiğinde biyokompozitlerinin yüksek tutunma özelliği sayesinde kalıpla üretilmesinde avantajlı olup mobilya endüstrisi için avantajlı bir biyokompozit olma özelliği oluşturmaktadır.

Yapısal olarak miselyum, hücre dışı sindirim yoluyla substrat oluşturan atıkların yüzeyine bağlayıcılığıyla doğal lifler arasında bir köprü oluşturarak yapıştırıcı gibi davranmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022). Oluşturulan bu köprüler birkaç günlük bir süreç sonucunda miselyum ile tamamen birbiriyle birleşmiş liflerin oluştuğu bir biyokompozitin büyümesinin sabitlenmesi için birkaç saat süren bir kurutma sürecine ihtiyaç duymaktadır (Kutbay ve diğ., 2022). Tüm bu negatif özelliklerine karşın miselyum kompozitlerinin yüksek mekanik özellikleri, tarım artıklarının küçük substratlar halinde kullanılmasıyla elde edilecek homojen yapıları ile iyi bir mobilya hammaddesi olma özelliği ortaya çıkmaktadır. Miselyum biyokompozitinin yüksek bükülme direnci, mekanik mukavemeti, hafifliği üstün kalitede üretimi bulunmaktadır. Esnek miselyum köpükleri ve yüksek bükülme sertliğine sahip deliminasyona dirençli güçlü kompozit paneller üretilmesi mobilya endüstrisi açısından oldukça avantajlı olmaktadır (Abdallah ve Estévez, 2023). Bu noktada, mobilya ürünlerindeki fiziksel, mekanik ve estetik avantajlarına bağlı olarak miselyum ile ürün tasarımı yapmaya karar verilmiş olup ilerleyen bölümde tasarım süreçleri anlatılacaktır.

4.1.Tasarlanacak Mobilya Ürünü İçin Biyomalzeme Seçimi

Tezin ana konusu olan ve bir mobilya ürünü olan sehpa tasarımı için biyomalzeme olarak mantar miselyumu seçilmiş olup seçim nedenleri arasında yatan avantajlar gerekçeleriyle birlikte bu bölümde incelenmiştir.

Mobilya üretim sürecinde mobilya biçim ve işlev kazandırabilmek için malzeme çok önemli olup tasarıma uyumlu bir malzeme seçilmediğinde tasarım tam anlamıyla veya tamamen gerçekleştirilememektedir. İlgili mobilya ürününün biçimlendirilmesinde malzeme özellikleri önemlidir. Çünkü biçim vermede kullanılan üretim yöntemleri malzeme ile uyumlu olmazsa tüm endüstriyel ürünlerde olduğu gibi mobilya ürünü de üretilmemektedir (Yüksel, 2008). Ayrıca malzeme seçim süreci biçim, işlev ve onlara bağlı oluşan kullanım olanakları haricinde duyuların memnuniyeti konusunda etkili olup

ürün anlamlarının iletilmesinde ve kullanıcının ürünü deneyimlemesinde önem kazanmaktadır. Buna ek olarak, Norman'ın savunduğu düşünceye göre tasarımın davranışsal yönü kullanım ile ilgili olup davranışsal tasarım; fonksiyon, anlaşılabilirlik, kullanılabilirlik ve fiziksel hissi içinde barındırmaktadır. Bu noktada Norman'ın, tasarım iyi olmasına rağmen üretildiği işlev gibi işlemezse kullanıcı memnuniyetini kazanmayacağı yönünde bir sözü bulunmaktadır. Bu sözden hareketle tasarımcı için sertlik, yansıtıcılık, özkütle, doku, renk seçimi ve hatta koku bile önem taşıyabilecek ürün özellikleri olup malzemenin ortam koşullarındaki davranışı ve teknik özellikleri haricinde hangi yöntemlerle biçimlendirilebileceği, ürüne katılım biçimi önemli olmaktadır (Andersson, 2022). Tüm bu sebeplerden dolayı mobilyanın farklı bileşenlerindeki fonksiyonlarına göre değişen çeşitlilikte mobilya hammaddeleri mobilya ürünlerine entegre edilmektedir.

Her şeyden önce mobilyalar, günlük yaşam içerisinde sürekli olarak kullanılan endüstriyel ürünler olmakla birlikte genellikle kapalı ortamda kullanılmaktadırlar (Aksakal, Vaizoğlu ve Güler, 2005). Bu nedenle genellikle kapalı ortam şartlarına göre malzeme seçimi gerçekleştirilen bu ürünlerin açık ortamlar için üretilmesi düşünüldüğünde, kullanılacağı iklime bağlı olarak ısı değişimi, yağmur, rüzgar, güneş ışığı gibi agresif hava koşullarına karşı dirençli malzeme veya malzemeler seçimi yapılması gerekmektedir.

Kapalı ve açık hava şartları birlikte ele alındığında, mobilyada malzeme kullanımı ile ilgili bir araştırmada, ahşap (%42), MDF (%24), MDFlam (%28), sunta (%22), suntalam (%34), masif kaplama (%29), metal (%70), cam (%32), ayna(%43), alüminyum (%19), PVC (%56), deri (%5), taş (%3) ve pleksi (%0.5) malzemeden üretildiği ve her mobilya ürünü için yonga (sunta) ve lif levhalardan (MDF) minimum 1 tanesinin kullanıldığı tespit edilmiştir (Çınar, Döngel, Atar ve Aydın, 2016). Aynı zamanda araştırmaya ait bir diğer veride incelenen mobilyalardaki üst yüzey işlemlerinin selülozik (%25), sentetik (%8), polyester (%1) ve poliüretan vernik (%6), ahşap boyalar (%9) ve lake (%11) oranda kullanılmış temel boya ve vernik ürünleri olduğu görülmekte olup araştırmada su bazlı, asit sertleştirici, akrilik vernikler ve su bazlı boyalara rastlanılmaması sonucunda mobilyanın endüstriyel doğası gereğince çok bileşenli yapı ve farklı çeşitlerde malzemelerden oluştuğu görülmektedir (Çınar ve diğ., 2016).

Mobilyanın bu çok bileşenli yapısının oluşturduğu malzeme çeşitliliği özellikle kapalı ortamlarda kullanılmasına bağlı iç mekan hava kalitesine doğrudan etkilemektedir. Artan renk, çeşit ve kullanım amaçlarına bağlı gün geçtikçe çeşitlenen mobilya ürünleri kimyasal açıdan çok farklı türde maddeleri içeriğinde barındırmakta olup özellikle yangına karşı dayanıklılık sağlayıcı alev almayı önleyici maddeler ile yangına bağlı kazaların önlenmesi için çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır (Aksakal ve diğ., 2005).

Mobilyalarda yangın önleyici kimyasalların sağlığa zararlı etkileri kanıtlanmış olsa da mobilya üretiminde kullanılan ve sağlık etkisi kesin olarak belirlenmemiş kimyasalların kullanımları da mevcuttur (URL 9). Örneğin; yapıştırıcılar, vernikler ve boyaların çoğunun toksisite etkisi tam olarak bilinmemekle birlikte mobilya üretiminde kullanılan kimyasalların birçoğu mobilya üretim sürecinde çalışanları, kullanım sürecinde ise kullanıcıları kimyasal yayılımı ile olumsuz etkilemektedir (Aksakal ve diğ., 2005).

Bu kimyasallara örnek olarak; ev ve iş yerlerinde kullanılan formaldehit bulunan ahşap ürünler, vernikler, geri dönüşümsüz maddelerden üretilmiş ürünler, yangına dirençli kimyasallar içeren ürünler, klor bazlı boyalarla boyanmış ve üretiminde toksik yapıştırıcılar kullanılmış döşemeli mobilyalar örnek verilebilir. Bu ürünlerin havaya yaydığı kimyasallara kapalı ortam kirleticileri denilmektedir (Aksakal ve diğ., 2005). Kapalı ortam kirleticileri; uçucu organik bileşikler, ozon, partiküller, sigara ve aldehitler olmak üzere farklı çeşitlilikteki maddelerden oluşurken mobilyaların yayılımı sonucu formaldehit ve yangın geciktiriciler en çok üzerinde durulan kapalı ortam kirleticileridir (Aksakal ve diğ., 2005).

İç mekan hava kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada, konut mekanlarında kullanıcıların hissettikleri koku türlerinden yararlanılarak rutubet (% 12), PVC (%20), mobilya (%6), gaz (%4), naftalin(%3), eşya(%8), sigara kokusu(%17), tanımsız koku (%24) gibi koku tanımlamalarına ulaşılmış ve ağır, bunaltıcı, rahatsız edici olarak adlandırılan tanımlanamayan kokuların uzun süre havalandırılmayan konutlarda olduğu tespit edilmiştir. Tespiti yapılan bu tanımlanamayan kokuların periyodik havalandırma sonucu dağıldığı da araştırma çıktıları arasında bulunmaktadır (Çınar ve diğ., 2016).

İç mekan hava kalitesinde mobilya payı %6'lık dilimle azımsanamayacak düzeydedir. Bazı mobilyaların PVC içermesi ve mobilya ile eşya kokusunun karışabilme

olasılığı da düşünülduğünde mobilyanın, iç mekan hava kalitesinde epeyce etkili olduğu karşımıza çıkmaktadır. Çınar ve diğerleri (2016) bulgularında olduğu gibi mobilya üretiminde kullanılan malzemelerin kullanımı, sağlıklı yaşam için belirlenmiş standartlara uyarsa sağlıklı bir mobilya kullanımı gerçekleşebilmektedir. Bu noktada, sağlıklı yaşam standartlarına uymayan bir takım mobilya üretim malzemeleri bulunmaktadır. Mobilya boya ve vernik işlemlerinde de solvent yayılımı üzerinde durulması gereken önemli sağlık tehdidi oluşturmakta olup bu 3 mobilya kimyasalı içeriği, mobilyada kullanım alanı ve sağlık etkileri bakımından detaylı olarak aşağıda anlatılmıştır.

Formaldehit: Formaldehit, sağlığa zararlı ve renksiz bir kapalı ortam kirleticisi olup formaldehit kaynakları arasında mobilya, halı, sigara ve soğutma ve ısıtma sistemleri sayılabilmektedir (Aksakal ve diğ., 2005). Formaldehit veya diğer kimyasallarla hazırlanan bileşikler mobilya imalatında; boya ve kaplama koruyucusu olarak, döşemelerde kalıcı şekil vermek için zambak ve yapıştırıcıların bileşeni olarak sıklıkla kullanımı mevcut olup konutlarda formaldehit resin içeren yapıştırıcıların kullanıldığı kontrplak ve diğer ahşap ürünler bulunmaktadır. Ahşap ürünlerinin üretiminde kullanılan formaldehit oranları (Bknz. Tablo 6) türlerine göre değişmektedir.

Tablo 6. Formaldehit Emisyon Oranları (Yüksel, 2008)

| Malzemeler | Formalhedıt Emıssıyon Oranları |
|--------------------------|--------------------------------|
| Fiber Levha | 17,500-55,000 |
| Sert Ahşap Paneller | 1,500-34,000 |
| Ahşap Yan Ürünü Paneller | 2000-25000 |
| İzolasyon Malzemeleri | 1200-19200 |
| Kontrplak | 240-720 |
| Kağıt Ürünler | 260-680 |
| Plastikler | 400-470 |
| Tekstil | 35-570 |

Örneğın kontrplak formaldehıtı MDF'ye oranla daha az içermektedir. Mobilya üretime dahil olan tekstil ürünlerı de formaldehit yayılımı açısından önemli olmakla

birlikte urea-formaldehit resin içeren mobilyaların düzenli olarak formaldehit maddesi yayılımı yaptığı belirlenmiş olup bir çalışmada MDF ve sunta içeren mobilyaların aylarca formaldehit salınımı yaptığı gözlenmiştir (Aksakal ve diğ., 2005). Formaldehit zararlı etkilerin kanıtı olarak Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) kanserojen özelliği Grup 2A olarak sınıflandırılmış olup solunum yolu ve deri kanserlerinin gelişimini artırıcı etkide olduğu kanıtlanmıştır (Aksakal ve diğ., 2005). Formaldehitin belirlenen düzeyden yüksek olması sonucu ilk etkiler ve bu etkilerin maruz kalınan süreye göre değişen geçici ve kronik etkileri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 7. Formaldehit Değişen Sürelerde Sağlık Etkisi (Aksakal ve diğ., 2005).

| Formaldehit Kısa Süreli Etkileri | Formaldehit Uzun Süreli Kronik Etkileri | Formaldehit İzin Verilenden Yüksek Olması Sonuçları |
|---|--|---|
| -baş ağrısı -bulantı -baş dönmesi -solunum yollarında -alerjik reaksiyonlar | -astım -faranjit -larenjit -konjuktivit | -göz yaşarması -burun akması -boğaz kuruluğu |

Solventler: Solventler içerik olarak metilen klorür, aseton ve alkolden oluşurken kaplama malzemelerinin içinde de çok çeşitli uçucu organik bileşikler bulunmasıyla birlikte olarak vernik içinde de solvent olarak aseton ve etil alkol, inceltici olarak ise toluen, benzen ya da ksilen bulunmaktadır (Aksakal ve diğ., 2005).

Yangın Geciktiriciler: Yangın geciktiriciler ürünlere üretim aşamasında veya sonrasında eklenen kimyasallar olup termal kararlılıkları nedeniyle yanmayı geciktirerek önlemektedirler. Mobilya döşemelerinde sıklıkla kullanılan bu maddeler kimyasal yapılarına göre bromlu, klorlu, fosforlu, azotlu (örn. Melamin) ve inorganik bileşiklerden oluşmaktadır. Halojenli bileşikler, özellikle polibromlu (örn. PBDE) lipofik özellikleri ve kalıcı olmaları nedeniyle yaygın çevre kirliliği oluşturan yangın geciktiricidir (Aksakal ve diğ., 2005).

Bunlara ek olarak, mobilyada ürün ömrünü uzatma ve estetik kaygı amaçlı uygulanan üst yüzey işlemleri iç mekan hava kalitesine olumsuz etki eden işlemler olup

kapalı ve açık ortamda farklı üst yüzey işlemleri bulunmaktadır. Kuru veya ıslak mekanlarda sentetik vernik ve lake uygulamaları yapılmaktadır (Çınar ve diğ., 2016). Verniklerde bulunan kimyasal ve çözücülerin yaydığı gaz salınımı baş dönmesi ve mide bulantısı yapabilmektedir. Ek olarak, mobilya boyaları içeriğindeki organik, metalik ve plastik pigmentler, bağlayıcılar ve çözücülerin iç mekan hava kalitesine yaydığı kimyasallar kısa vadede halsizlik, uykusuzluk, göz ve solunum yollarında yanma uzun vadede kansere yol açabilmektedir (Çınar ve diğ., 2016).

Yukarıda anlatılan mobilya kimyasallarına üretimde ve kullanımda maruz kalmak haricinde bakım ve onarım sürecinde de yüksek oranda maruz kalınmakta ve ciddi sağlık sorunları oluşabilmektedir. Aksakal ve diğerlerinin (2005) savunduğu gibi mobilyada zımparalama ve soyma işlemleri esnasında toksisite bakımından yüksek kimyasallarla karşılaşma olasılığı artarken bu işlemlerin ardından uygulanan sarı vernik (laquer) yüksek VOC içermektedir.

Ayrıca mobilya belirli bir zaman sürecinden sonra kendiliğinden deformasyona uğrayarak zararlı kimyasallar açığa çıkabilmektedir. Örneğin çoğunlukla ıslak hacimli mekanlarda kullanılan ahşap ürünlerde zamana bağlı oluşan zedelenmeler sonucu nem ve küf, romatizma ve astım hastalıklarını başlatıcı etkisinin yanında solunum yolu hastalıklarına yol açmaktadır (Çınar ve v.d., 2016). Ahşabın nem etkisinin sonuçları yalnızca sağlıkla sınırlı olmayarak ahşabın mobilyada kullanımını belirleyici etkisi görülmektedir. Ahşap yapısı gereği, doğal olarak rutubet bulunduran bir malzemedir.

Dikili formdayken kuru ağırlığa oranla %200 ve daha fazla olan rutubet içeriği tomruk ve yaş keresteyken %60-70'e inmektedir. Bu seviyelerde nem içerdiğinde kullanım imkanı bulunmadığından nemi %5-19'a inmesi gereken ahşabın, aksi takdirde çürüme ve çalısma gibi sorunları oluşmaktadır. Çalısma; direnç göstermeyerek ahşabın belirli bir yönde eğilim göstermesidir (Görgün ve Ünsal, 2023). Çalısma durumu haricinde çivi ve vida tutma gereksinimi nedeniyle rutubet düşüklüğü önemli olmasının yanısıra boya, cila gibi üst yüzey işlemleri içinde rutubetin düşük olması gerekmektedir. Ayrıca mantar, böcek ve biyolojik zararlıların oluşumunu engellemek için rutubeti azaltmak amacıyla kurutma yöntemi gerekmekte olup, ahşabın "histerez" davranışı sayesinde kurutma sonrası ortamda rutubet artışı gözlenirse dahi ahşabın yeniden nemlenmesi oldukça zor olmaktadır (Görgün ve Ünsal, 2023).

Tabakalı ahşap ürünlerinin kurutulmasıyla çalışma oranı düşerken kaloriferli ortamda %6-%10 sobalı ortamda %12-%15 rutubet oranıyla kullanım bulmaktadır (Görgün ve Ünsal, 2023). Sağlıklı mobilya, mobilyanın sürdürülebilirliği açısından çok önemli olup özellikle çevresel sürdürülebilirlik açısından ve insan sağlığı açısından önemlidir. Bu noktada mobilyada anlatılan sağlık etkilerine korunmak için bir takım mobilya ölçütleri bulunmaktadır. Bunlar; Laminantlı mobilyalar, (çok düzgün olmakla birlikte zaman içinde daha kolay bozulup görüntüleri kötü olacağından) urea-formaldehit içeren yapıştırıcı kullanılmış sunta, MDF ve kontrplaktan mobilyalar, VOC ve diğer kimyasalları içeren malzemedan yapılmış mobilyalar, petrol bazlı mobilyalar, köpük ya da plastiğin dolgu malzemesi olduğu mobilyalar, döşemesi fazla mobilyalar, yangından koruma amaçlı halojen ya da formaldehit kullanılmış yanmaz mobilyalar, leke tutmaması için flurokarbonlar ya da formaldehit içeren işlem görmüş mobilyalar potansiyel risk olmaktadır. Belgesi olan ahşap malzemedan doğal cilaların kullanıldığı mobilyalar tercih edilmelidir. Geri dönüşümlü malzemedan üretilen mobilyalar ile imalat sonrası 15 gün havalandırılmış mobilyalar daha çevre dostudur. Organik dokumalar ve organik dolgu malzemeleri tercih edilmiş mobilyalar olmalıdır ve ek olarak, mobilya döşemeleri yumuşak ve yıkanabilir olmalıdır (Aksakal ve diğ., 2005).

Mobilyada üretiminde belli bir amaç doğrultusunda kullanılan kimyasallar dışında mobilya hammaddesine bağlı oluşan sağlık tehdit unsurları mevcuttur. Örneğin; mobilya hammaddesinin hava ve su ile etkileşimi sonucunda zararlı gazların açığa çıktığı ve metal ve alüminyum mobilya ürünlerinin sinir sistemi bozukluklarına neden olduğu bilinmektedir (Çınar ve diğ., 2016). PVC bazlı mobilya malzemeleri ise yapısında bulundurduğu kadmiyumun kanserojen etkileri bulunmaktadır (Çınar ve diğ., 2016). Hammaddeye bağlı bir diğer örnek, yonga(sunta) ve lif levhalardan (MDF) yapılan ürünlerin içeriğinde bulunan gazların zamanla salınımı sonucu kanser, baş ağrısı, gözlerde ve solunum yollarında yanmaya sebebiyet verdiği kanıtlanmıştır. (Çınar ve diğ., 2016). Sürdürülebilirliğin çevresel boyutuyla ilgili olarak tüm bu sağlık etkileri mobilya üretiminde etkili olup sürdürülebilir bir mobilya için önem arz etmektedir.

Yukarıdan anlatılan mobilya özelliklerine göre çevresel olarak kullanılan mobilya hammaddeleri de bulunmaktadır. Bunlardan ahşap, kenevir, kağıt, keten ve mantar gibi biyo bazlı malzemeler düşük karbon izine sahip olmalarıyla bilinirken Yılmaz (2023),

mobilya hammaddesi olarak kullanıldıklarında sürdürülebilir mobilyalar üretme olanağı doğmaktadır. Bunlardan mantarlar, mobilya hammaddesi olarak sıklıkla kullanılan ve uygun ortam koşulları ve uygun substrat ortamının bulunması durumunda sürekli olarak büyüme devam eden mantar hücrelerinin art arda geçerek ipliksi bir yapı şeklinde hifleri oluştururken iç içe geçmiş hiflerin oluşturduğu yapı olan miselyum, tahıl sapları dahil olmak üzere birçok tarım artığı üzerinde gelişebilmesiyle Kutbay ve diğerlerinin (2022) savunduğu gibi kolay ve sürdürülebilir bir üretim yöntemi bulunmaktadır. Miselyum daha ayrıntılı olarak ifade edildiğinde, *mantar üreten ve gıda atıklarında büyüyebilen küçük mantar iplikçikleridir* (URL 37). Aynı zamanda miselyum, farklı doğrultularda uzayan ince lifli bir yapısı olan, yenilenebilirliği hızlı ve yoğun bir biçimde gerçekleşebilen doğal bir malzeme kaynağı olarak Kutbay ve diğerlerinin (2022) savunduğu gibi üretimi hızlı ve çok yönlü doğrultularda olacak bir biçimde gerçekleşmektedir. Bunları haricinde mantarların salgıladıkları güçlü enzimlere bağlı bitki liflerini sindirerek buğday, pirinç, çavdar ve arpa olmak üzere tahıl sapları, bambu, kaktüs, saç, yaprak, mısır koçanı, kahve çekirdeği üzerinde büyüyebilmektedir (Kutbay ve diğ., 2022). Mantar türü, substrat türü ve üretim yöntemleri miselyumun üretiminde büyük yer tutmakta olup miselyum için en bilinen substratlar talaş, saman, hindistan cevizi, bahçe atıkları ve küspe olduğu bilinmektedir (Alemu, ve diğ., 2022). Aşağıda (Bknz. Tablo 8) farklı mantar türleri ve substratlara ait elde edilen miselyum kompozitlerin kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 8. Mantar Türlerine Bağlı Miselyumun Mobilya Üretimine Entegrasyonu (Alıcı ve Dalkılıç, 2022), (Alemu ve diğ., 2022)

| Miselyum Mantarları Tür İsimleri | Üretim Methodu | Kullanım Alanı | Bağlayıcı Atık |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|--|
| P. ostreatus T.multicolor | plastik kalıp içerisinde geliştirme | endüstriyel Tasarım | saman, kayın talaşı, pamuk lifleri |
| Trametes sp, S. Commune | plastik kalıp içerisinde geliştirme | endüstriyel Tasarım | ekmek parçacıkları, muz kabuğu, kahve kalıntısı, |

| | | | |
|--------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| | | | strafor peletleri, çiçek, portakal kabuğu, havuç yaprağı, karton, talaş, saman |
| P.ostreatus | küresel plastik kalıp İçerisinde geliştirme | mimari birleştirme elemanı | hidrojel ile karıştırılmış atık çekirdekler (belirtilmemiş) |
| Belirtilmemiş | petek kalıp içerisinde geliştirme | mobilya oturma elemanı | talaş ve tarımsal atıklar |
| L. edodes P. ostreatus G. lucidum | kalıp içerisinde geliştirme (CNC/3D baskı/ lazer kesimi) | mobilya | talaş (belirtilmemiş), saman, mısır sapı ve pirinç kabuğu |
| Basidiomycetes | plastik kalıp içerisinde geliştirme | iç mekânda akustik malzemesi | pirinç samanı, kenevir özü, kenaf lifi, keten tüyü |
| Agrocybe aegerita | plastik kalıp içerisinde geliştirme | tasarım ve mimarlık | -okalıptüs, meşe, çam, elma ve asma talaşlarında |

Ayrıca miselyumun türev malzemeleri emisyonuz, geri dönüştürülebilir ve düşük maliyetli oldukları için çeşitli endüstriyel uygulamalarda avantajlı kullanım potansiyeline sahip bir hammadde olarak görülmektedir (Alemu ve diğ., 2022). Özellikle aktif olmayan hale getirildiğinde malzeme, strafor benzeri özelliklerden oluşan kompakt bir ağ olarak kalırken vakumlama tekniğiyle birleştirildiğinde malzeme daha güçlü bir hale gelmektedir (URL 37).

Ek olarak, miselyumun mobilya endüstrisinde kullanımının birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin; bir çalışmaya göre miselyum bazlı malzeme test sürecinde katılımcılar tarafından dokuma ve/veya koklama aşamalarında tereddüt oluştururken katılımcılarda küf ve kir çağrışımları oluşturmuştur. Miselyum kompozit estetiği, miselyumun doğal büyümesinden kaynaklanan yüzeylerdeki liflerdeki kusurlar

ve düzensizliklere rastlanılmaktadır. Doğal miselyum rengi kirli beyaz, sarı ve/veya kahverengi tonlarından miselyum kompozitleri oluşmaktadır ve bu malzemeye olan ilk tepkinin olumsuzluğu bilinmektedir (Andersson, 2022).

Ancak miselyumun estetik olamayan dış görünümü için geliştirilmiş renklendirme ve üst yüzey işlemleri bulunmakta olup renklendirme süreci büyüme öncesi alt tabakaya uygulanan bir çözümdür (Andersson, 2022). Bu yöntemler elde üretim ile böyleyken endüstriyel üretim sürecinde daha profesyonel ve hata payı azaltılmış olarak uygulanmaktadır. Çalışmada gıda boyası, çekilmiş kahve ve yulaf kepeği kullanılmış kahve ve yulaf kepeği miselyumun büyümesini yavaşlatmış olup Ecovative firma önerisi olan gıda boyası ile istenen sonuç alınırken saç spreyi ile parlak yüzey eldesi yapılmıştır. Çalışmada dokunma öncelikle renkli çalışmalardan itme, saplama ve elle temas etme şeklinde olup açıkta bulunan dokulu üst yüzey yerine pürüzsüz alt yüzey öncelikli olmuştur. Katılımcıların tercihleri oldukça benzer olmakla birlikte kırmızı renk daha çok beğenilmiştir. (Andersson, 2022). Malzemenin yüzey işlemleri, malzemenin uyandırdığı hissi büyük ölçüde etkilenirken şüphe, tikslenme ve güvensizlik hislerinden merak, şaşkınlık ve hayranlık hislerine geçilmiştir. Malzeme hafif, lifli, tuhaf, el yapımı görünümündeyken boyandığında benzersiz ve kendine özgü, estetik görünüm kazanmaktadır. Teste göre insanların hoş malzeme algısı sert, pürüzsüz, elastik olmayan, düzenli, dokulu ve lifsiz olarak ve çok parlak, opak ve yansıtıcı yüzeylerden oluşmaktadır. Sonuç olarak keskin kenarlar, dikdörtgen şekiller, doğal miselyum dokusu, renklendirme, pürüzsüz, düzenli, elastik olmayan, sağlam olması beklenmektedir. Kalın hacimli şekiller sertlik ve tokluk izlenimi, kesintisiz kontürler, pürüzsüzlük ve sağlamlık izlenimi oluşturmaktadır. Yüzey işlemi düzenli doku ve hissizlik hissi vermektedir. Miselyum kompozitinin doğal dokusu, keskin kenarları, renklendirilmiş hali kavisli, renksiz olanlara oranla tercih edilmiştir (Andersson, 2022).

4.2. Sehpa Tasarımının Gerçekleştirilmesi

İç mekan donatılarından olan mobilyaların hammaddelerinin birçoğunun ahşap, plastik, cam, alüminyum türevi malzemelerin kullanıldığı görülmektedir (Yılmaz, 2023). Ancak yeni malzeme araştırmaları ile mobilyalar yukarıdaki bölümlerde anlatılan yeni sürdürülebilir malzemelerle üretilmeye başlanmıştır. Bir sonraki bölümde bu

sürdürülebilir malzemelerden kontrplak ve aynı zamanda biyomalzeme örneği olan miselyum seçilerek detaylı olarak bu bölümde gerçekleştirilen tasarıma entegre edilmiştir. Kullanımı optimum düzeyde bir mobilya tasarlamak ancak aşağıda verilen tasarım ölçütleri kullanılarak yapılabilmekte olup bu bağlamda tasarlanacak olan mobilyada bu ölçütlerden yararlanılmıştır.

Mobilya tasarım ölçütleri diğer endüstriyel ürünler ile benzer olarak belirlenmekte olup hedef kullanıcı kitlesine göre değişiklik göstermektedir. Bu tasarım ölçütleri yıllar içerisinde değişerek gelişmişlerdir. Eckelman mobilya tasarımında birbiriyle ilişkili 3 alan olduğunu ve bu alanları estetik tasarım, fonksiyonel planlama ve mühendislik tasarımı olarak savunmaktadır. Zhou'ya göre ise mobilya tasarım metodolojisi aşağıda ifade edildiği gibidir:

1-Tasarım araştırması 2- Fonksiyonel kavramlar 3-Mühendislik tasarımı 4-Üretim tasarımı 5-Maliyet analizi 'nden oluşmaktadır (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Başka bir anlatım ise mobilya tasarım anlayışı için Kurtoğlu ve Evri'den gelmiş olup aşağıda görülen ölçütler ile açıklanmıştır:

1-İşlevsellik (Fonksiyonellik) 2-Teknoloji 3-Orjinallik 4-Estetik (Görsellik) 5-Ekonomiklik gibi etmenlerin yanında denge, devamlılık, şiddet ve hakimiyet ilkelerini de barındırmaktadır (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Mobilya için 5 karakteristik ölçüt üzerinden Burdurlu ve Baykan da “Dar Hacimli Konutlar İçin Mobilya Tasarımı” adlı çalışmasında aşağıda görüldüğü şekilde mobilya üretimini ölçütlerini belirlemiştir:

1-Fonksiyonellik 2-Güvenilirlik 3-Dayanıklılık 4-Estetik özellikler 5-Emniyet (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Esneklik ve çok işlevlilik özellikle son yıllarda mobilya tasarımında aranan ölçütlerden olup temelde kullanıcı gereksinimlerini optimum düzeyde karşılamaya odaklanmaktadır. Bununla beraber mobilyada renk ve malzeme seçimi, ustanın işçiliği ve tasarımcının yaklaşımı da esneklik ve çok işlevliliğe etki etmektedir. (Özçelik ve Kaprol, 2017). Çok fonksiyonlu mobilyalar üstlendikleri görevlere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

Birleşik Fonksiyonlu Mobilyalar: Birbirinden farklı gereksinimleri karşılayan sabit veya hareketli mobilyalar özellikle kısıtlı mekanlarda yer tasarrufu amaçlı tercih edilen mobilya türleridir (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Formunu Değiştirerek İşlev Değiştiren Mobilyalar: Kısıtlı mekanlarda kullanıcının günün değişen saatlerinde değişen gereksinimleri karşılamak adına form değiştirmesiyle bilinen mobilyalardır. “Çek-yat ” adıyla bilinen mobilyalar oturma, dinleme, depolama ve gereksinim halinde formunu değiştirerek yatma işlevini yerine getirmesiyle sıklıkla tercih edilen formunu değiştirerek işlev değiştiren mobilyalar olarak bilinmektedir (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Büyüyen Mobilyalar, Kısıtlı mekanda aynı işlevli gereksinimi temel formu değiştirmeden ebatlarını değişimi ile karşılayan mobilyalardır. Büyüyen masalar ihtiyaç halinde yer kapasitesini artırılmasıyla bu mobilya türüne örnek verilebilir (Özçelik ve Kaprol, 2017).

İhtiyaç Halinde Ortaya Çıkan Mobilyalar: Kısıtlı mekanda alan yetersizliğine bağlı olarak kullanılmadığında mobilyanın kendi içerisinde katlanarak ya da toplanarak minimum hacme çekilebildiği mobilyalardır. Burada çok işlevli bir durum söz konusu olmayıp tek işlevli olarak mobilya esnekliğe katkıda bulunmaktadır. Zigon sehpa buna örnek olabilmektedir çünkü kullanım sonrası toplanarak en küçük hacimde esnekliğe katkıda bulunmaktadır (Özçelik ve Kaprol, 2017).

Tez kapsamında konut iç mekanında kullanılacak bir ürün tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sehpa ürününün kullanım amacı konut iç mekanında yaşam alanı veya salon olarak adlandırılan alanda merkezde yer alarak kumanda, gazete, dergi, süs eşyası gibi öğelerin konulması veya servis olarak belirlenmiştir.

Ürün kullanıcı grubunun yaş özelliklerine bağlı olarak yeni bir fonksiyon kazanarak işlev değiştirmektedir. Bu kapsamda her yaş grubu ve kullanım fonksiyonu tasarıma optimize edilerek tasarımda ergonomi özellikleri ön planda tutulmuştur.

Temelde tek bir sehpa tasarımında malzeme kullanımına bağlı tasarım alternatifleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda 3 farklı sehpa tasarım alternatifi 2 farklı malzeme opsiyonuyla tasarlanarak tasarımlar sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bu noktada, üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçler tartışılmış olup sonuçlar kısmında sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir.

Miselyumun hafifliği kullanım kolaylığı sağlarken üretiminde zararlı kimyasalların kullanılmaması konut iç mekanı ortamında sağlık açısından avantajlı olmaktadır. Ayrıca yangına dayanımın substrata doğal maddelerin eklenerek kimyasal içerik olmadan sağlanması da hedef kullanım mekanı açısından önem arz etmektedir. Miselyum yüksek dayanım özelliğinde olmama durumuna karşın seçilen substrata ve yapılan işlemler sonucu uygun kullanım bulabilecek özelliklere sahip olmaktadır.

Örneğin, çalışmada saman substratıyla sıcak preslenmiş olarak yüksek mekanik dayanımda olan miselyum, başka bir çalışmada ananas lifleri ile daha yüksek mekanik dayanımda elde edilmiştir (Kohphaisansombat ve diğ., 2023). Buna karşın ananas bölgesel sürdürülebilirlik açısından ülkemizde temini zor olan tarımsal ürün olduğu için bu çalışmada ananas lifiyle oluşturulmuş miselyum kompozitleri kullanılmamıştır. Kullanıcılar için kullanım güvenliği amacıyla sehpanın tüm formları yuvarlak hatlı olup kaza ve yaralanmaların önüne geçilmek istenmiştir.

Buna ek olarak özellikle çocukların güvenliği için düşük ağırlık ile devrilerek sehpa altında kalma gibi kazalarda yaralanmaları minimuma indirmek hedeflenmiş olmakla birlikte yetişkin kullanıcılar için ise kullanım kolaylığı sağlamak hedeflenmiştir. Bunlara ek olarak, miselyumun kalıp içerisinde sınırsız geometride üretilebilmesi gibi, düşük yoğunlukta kullanım kolaylığı ve kullanım sonrası biyobozunurluğu gibi sürdürülebilirliğe katkı sağlayan özelliklerine ek olarak porlu ve sık olarak üretilebilme özelliği sayesinde miselyum hammadde olarak seçilmiştir. Ayrıca, substrat olarak kullanılan tarımsal atıkların her biri bölgesel olması sebebiyle sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

Buna ek olarak, mobilya tasarımında renk ve malzeme seçimi oldukça önemli olmaktadır. Miselyum kendi rengiyle de konut iç mekanında kullanım bulabilirken renlendirilerek kullanımının Andersson'nin (2022) savunduğu gibi estetik açıdan daha uygun olacağı öngörülmektedir. Bu durum tasarımda çeşitliliğe olanak sağlayarak renklendirmede kullanılan yöntemlerin doğallığıyla çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Andersson, 2022)

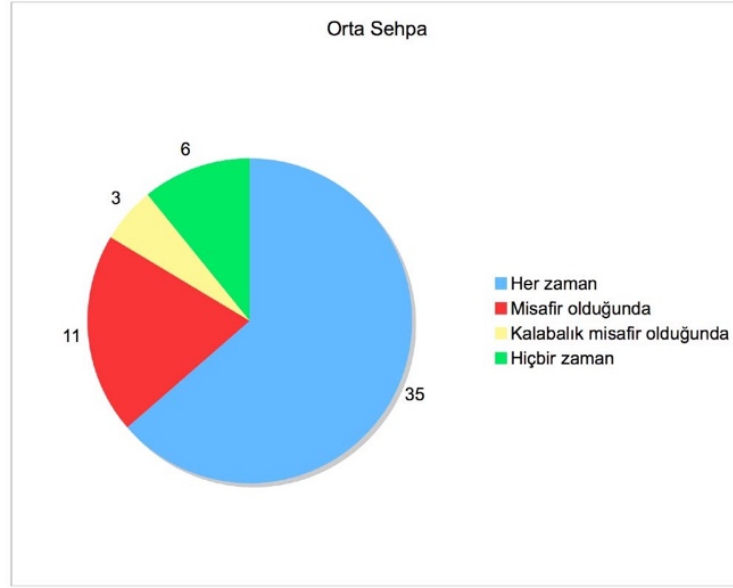
Sehpa, tasarımda çeşitliliğe ve birden fazla malzemeye ihtiyaç duyulan endüstriyel bir üründür. Birden fazla malzeme ise artan kimyasal anlamına gelmektedir. Ancak miselyum kimyasal içermeyerek geri dönüşüm süreçlerine dahil olmadan

biyobozunmaya uğrayarak doğada kolayca yok olmaktadır. Ek olarak biyobozunma sırasında bazı biyoplastiklerden olduğu gibi zararlı bileşenlere dönüşmemekte olup biyobozunması için ek bir işlem gerektirmemektedir.

Tez kapsamında sehpa ürünün seçilmesinde bir diğer unsur, sehpanın portatif bir ürün olup ağırlığının tasarımında önemli bir ölçüt olarak yer almasıdır. Çalışmada ağırlık unsuruna önem verilerek miselyum malzeme seçilmiştir. Düşük yoğunluklu olarak üretilen miselyum ergonomik açıdan avantajlı olarak iç mekanda kullanım bulmaktadır.

Ayrıca sehpa ürünün antibakteriyel olması kullanıcı için oldukça önemli bir özellik olmaktadır. Miselyum üretim öncesi sterilizasyon yapılan büyüme sonrası da yüksek sıcaklıkta işlenen bir malzeme olmasına bağlı bakteri üremesi zor bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu sebeplere ek olarak, mobilya endüstrisinde biyomalzeme kullanımını artırmak amacıyla tercih edilen miselyum, ürünün tamamen tek bir malzemeden üretilmesini önleyerek tasarımda çeşitlilik yaratmaktadır. Bu sayede sehpa ürünlerinde ahşap bazlı ürünlerin de kullanımı azaltılarak tasarımda çeşitlilik oluşturulabilmektedir.

Bu çalışmada tasarımda orta sehpa seçilmesinin sebebi hareketli ürünler olduğu için ağırlığın önemli olması, gıda ürünleri ile etkileşim halinde olmasıyla birlikte monte/demonte ve hareket süreçlerinin daha sık tekrarlanması olarak sıralanabilmektedir. Ayrıca sık yer değiştirmeye bağlı daha çok monte/demonte süreci için kolay ve açık okunur birleşimlere daha fazla ihtiyaç durulan bir endüstriyel üründür. Miselyum hafif bir malzeme ve gıda etkileşimi sağlıklı olan bir malzemedir.



Şekil 26. Orta sehpanın kullanım sıklığı oranları (Kavalcı, 2011).

Yaş gruplarına göre orta sehpanın kullanım fonksiyonu değişmektedir. Örneğin genç yaş grubu tarafından kanepenin yakınına periyodik olarak konumlandırılan ve yeme-içme işlevlerinin gerçekleştirildiği bir ürün olan orta sehpa, orta yaş ve üstü için faal olarak kullanılmayan üzerine objelerin yerleştirildiği sabit bir eleman olarak karşımıza çıkmaktadır (Kavalcı, 2011).

Bu noktada özellikle genç yaş grubu için orta sehpanın daha sık yer değiştirilerek kullanıldığı görülmektedir. Aşağıda Tablo 9’da cinsiyet ve yaş gruplarına ait ergonomik yük kaldırma ve taşıma sınırları görülmektedir. Sırtın dik konumunda ve maksimum kuvvet uygulayarak belirlenen bu sınırlar, cinsiyet ve yaş gruplarına göre değişmektedir. Sık kullanımda ağırlık sınırı daha düşük olması ergonomik açıdan uygun olmaktadır (Köksüz, 2019).

Kadınlarda nadiren kaldırma veya yatay taşımada sınır değer 13-15 kg aralığında değişirken aynı hareketler tekrarladığında sınır değer 9-10 kg aralığında olmaktadır (Köksüz, 2019). Bu noktada miselyum ile tasarlanan orta sehpa sık kullanıma uyumlu bir orta sehpa ürünü olmaktadır.

Tablo 9. Kaldırma ve Taşımada Sınır Değerler (Köksüz, 2019)

| Taşıma şekli | Cinsiyet | Yaş | Yükün kütlesi (kg) | | |
|--------------|----------|---------|--------------------|-------------|---------|
| | | | Nadir | Tekrarlayan | Çok sık |
| Kaldırma | Erkek | 16 – 19 | 35 | 25 | 20 |
| | | 19 – 45 | 55 | 30 | 25 |
| | | > 45 | 50 | 25 | 20 |
| | Kadın | 16 – 19 | 13 | 9 | 8 |
| | | 19 – 45 | 15 | 10 | 9 |
| | | > 45 | 13 | 9 | 8 |
| Yatay taşıma | Erkek | 16 – 19 | 30 | 20 | 15 |
| | | 19 – 45 | 50 | 30 | 20 |
| | | > 45 | 40 | 25 | 15 |
| | Kadın | 16 – 19 | 13 | 9 | 8 |
| | | 19 – 45 | 15 | 10 | 10 |
| | | > 45 | 30 | 9 | 8 |

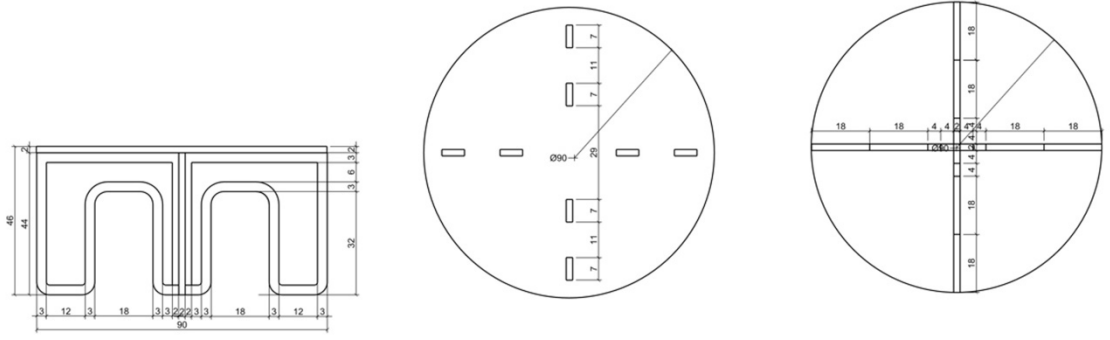
Tasarlanan sehpa alternatiflerinin üçünde de sürdürülebilirlik amaçlanarak ergonomik ölçütlerden yararlanılarak düşük ağırlık esas alınmıştır. Toplam ağırlıklar ergonomik açıdan uygun olmakla birlikte miselyum ile üretilen sehpa en düşük ağırlık ile kullanım açısından ergonomi ölçütlerini optimum düzeyde karşılamaktadır. Tasarlanan ürün ile ilgili ağırlık karşılaştırması Bölüm 5, Şekil 51'in altında detaylı olarak verilmiştir.

Malzeme çeşitleri üzerinden doğal ve sürdürülebilir olarak bir malzeme olarak bilinen kontrplak ve canlı kaynaklı bir biyomalzeme örneği olan miselyum bu bağlamda malzeme opsiyonu olarak kullanılmış ve kullanılan malzemenin teknik özelliklerine göre bu tasarım alternatifleri oluşturulmuştur. Kontrplak için 2 farklı tasarım alternatifi geliştirilmesindeki temel neden daha az hammadde kullanımıyla aynı tasarımı üretebilme ve üretirken de denge, stabilite, güvenlik ve ergonomi gibi konulara açıklık getirmek olmuştur.

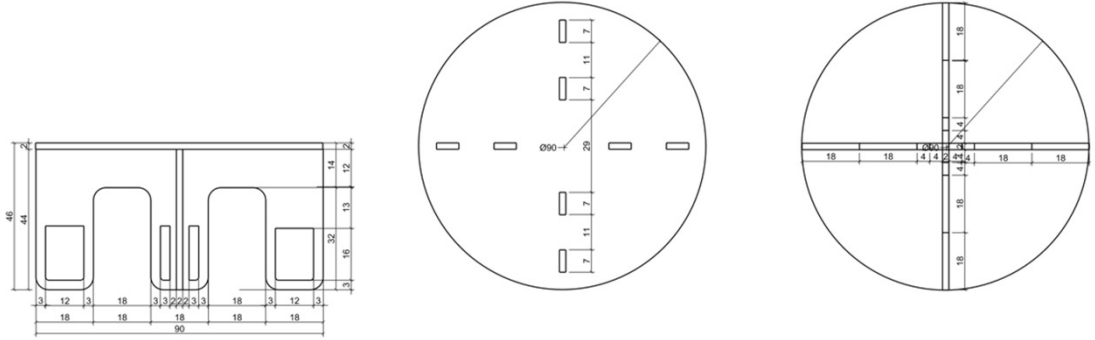
Miselyumla üretim için tasarımda kullanılan malzemeye göre değişen tasarım alternatifi oluşturulmuştur. Böylece, miselyum ile üretim tasarımda çeşitliliğe neden olmuştur. Temelde aynı sehpa tasarım modelinin alternatifleri olan diğer 2 modele ait ortografik çizimleri aşağıda (Bknz. Şekil 27, Şekil 28) görüldüğü gibidir.

Orta sehpa tasarımı, kontrplak ve miselyum malzemelerin hammadde olarak kullanıldığı 3 farklı tasarım alternatifini ile sürdürülebilirliği amaçlanan tasarım üzerinden üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçler bakımından karşılaştırılmıştır. Tasarım opsiyonlarından deniz kaynaklı biyoplastiklerden olan Shellwork adlı firmaya ait Shellmer 'in kullanımı devam etmediği firma bilgisiyle karşılaştırılması üzerine vazgeçilirken, diğer biyoplastik örneği seastone (deniz taşı) ile ilgili yeterli bilgi ve mekanik dayanım testleri olmamasına bağlı tasarıma dahil edilmemiştir. Buna karşın deniz kaynaklı biyoplastikler için gerçekleştirilen tasarım alternatifini yerine kontrplak özelinde uygulan tasarım alternatifini daha az hammadde ile uygulanarak sürdürülebilirliği ve mekanik dayanımı seçilen 20 mm'lik marin kontrplak üzerinden literatürdeki bilgiler ile karşılaştırılmıştır.

Tasarlanan sehpa modelinin kontrplak malzeme için 2 farklı tasarım alternatifiniyle değerlendirilmesi daha az hammadde kullanımıyla üretimi tasarımı üretim, kullanım ve kullanım sonrası aşamalarda değerlendirebilmek amaçlıdır. Çalışmada kontrplak malzeme mekanik dayanıma ve maliyete bağlı olarak 2 farklı tasarım üzerinden ele alınmıştır. Aşağıda görülen (Bknz. Şekil 27) tasarım mekanik dayanım düşünülmeden yalnızca malzeme ağırlığı düşünülerek gerçekleştirilen tasarımdır. Tasarlanan ürünün üretim aşaması test edilemediğinden literatürdeki kaynaklar aracılığıyla yürütülmüştür. Bu nedenle mekanik dayanım testi olmadığından tasarımda güçlendirme yöntemine gidilerek yeniden tasarlanan aşağıda (Bknz. Şekil 28) görülen haliyle de orta sehpa tez kapsamında değerlendirilmiştir. Her 2 tasarım da konut iç mekanında kullanılabilecek biçimde tasarlanılarak her kontrplak ve miselyum malzeme bu ortama uygun olarak seçilmiştir. Ölçülendirme olarak aşağıda görüldüğü gibi konut iç mekanıyla uyumludur. Şekil 27 ve Şekil 28 arasında Şekil 51'de gösterilen sehpa ayaklarındaki oyulan kısımların dolu hali de denenmesine karşın toplam ağırlığın yüksekliği sebebiyle tasarım ergonomik açıdan uygun bulunmamıştır.



Şekil 27. Kontrplak daha az hammadde ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının Rhinoceros programında ortografik çizimleri



Şekil 28. Kontrplak ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının Rhinoceros programında ortografik çizimleri



Şekil 29. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının kontrplak malzeme atamasıyla 3D görünümü



Şekil 30.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının mekanik dayanımının artırılmış halinin kontrplak malzeme atamasıyla 3D görünümü



Şekil 31.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının kontrplak malzeme ile render görünümü

Şekil 29 ve Şekil 30’da görüldüğü gibi malzeme olarak yalnızca 20 mm’lik marin kontrplak kullanılmış olup suya dayanıklılık hedeflenmiştir. Ürünün render görüntülerinden hareketle (Bknz Şekil 31), seçilen malzeme bir bütünlük sağlamasına

karşın sehpa ayaklarında yeterli stabiliteyi sağlayamama olasılığı bulunmaktadır. Devrilmelere karşı güvenlik amaçlı tasarımdaki açıklıklar kapatılarak yeniden tasarlanan ürün (Bknz Şekil 32), ağırlığının artması engellemek ve kullanım kolaylığı amaçlı aşağıdaki kısımlarından oyulmuştur.

Miselyum ile oluşturulan tasarım (Bknz Şekil 34), ayakları kontrplaktan tasarlanmış olup tabla ve ayak bileşenlerinin herhangi bir “interlocking joints” (kenetlenen bağlantılar) bulunmamaktadır. Bu noktada tasarımda kullanılan miselyum malzemenin stabilitesi fiili olarak test edilemese de aynı substrat ve mantar türüyle oluşturulmuş miselyum kompozit testlerine göre yorum yapmak mümkün olabilmektedir. Bu noktada avantaj ve dezavantajlar sürdürülebilirlik açısından da değerlendirilebilmektedir. Şekil 32’de görüldüğü gibi bu ürün daha fazla hammaddeyle mekanik dayanımından emin olarak tasarlanmış olmasına karşın dayanımı ile karşılaştırmalar kullanım ve kullanım sonrası süreçler tartışılarak karar verilecektir.



Şekil 32. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının güçlendirilmiş halinin kontrplak malzeme ile render görünümü

4.3. Sehpa Tasarımının Seçilen Biyomalzemeye Göre Analizi ve Revizesi

Türk Standartları Enstitüsü'ne (TS4521) göre mobilya "Ağaç mobilya; oturma, yemek yeme, çalışma, yatma vb. işlerin yapılmasında kolaylık ve rahatlık sağlayan parçaların büyük çoğunluğu masif, lifli, yongalı ve tabakalı ağaç malzemedен yapılan taşınabilir eşyadır" tanımı bulunmaktadır (URL 40). Bu tanımından yola çıkarak sehpa tasarımında kullanılacak biyomalzemenin seçiminde kolaylık ve rahatlık gibi konfor elemanları ön sırada olarak belirlenmeli ve kullanıcının değişen ihtiyaçlarına cevap verebilecek düzeyde bir tasarım için uygun malzeme seçimi yapılmalıdır. 4.2'de anlatılan mobilya tasarım ölçütleri mobilyaya uygun biyomalzeme seçiminde etkili olmakla birlikte mobilya bileşenlerinin tasarımında da önemli olmaktadır. Mobilya bileşenlerinde işlevsellik, estetik görünüm, kullanım kolaylığı, maliyet ve güvenliğe ek olarak sağlamlık gibi ölçütler önemli olmaktadır (Yıldırım ve diğ., 2021).

Tasarımda farklı bileşenler için farklı malzeme seçimi tercih edildiğinde her malzeme ilgili bileşen için kullanım işlevine uygun olarak testler uygulanmalıdır. Yıldırım ve diğerleri (2021) tarafından oluşturulan anket verilerine göre mobilya bileşenlerinde çelmece rayı, kulp, mobilya ayağı, bağlantı elemanları, tekerlek ve tas menteşe ile ilgili sorunların kullanıma bağlı teknik problemlerin öncelikli olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu bileşenlerdeki problemler; gıcırta sesi, paslanma, eskime, kırılma ve bozulma sorunları yarattığı belirlenmiş olup mobilya ayakları (%73.3) ve bağlantı elemanları (%68.9) ile ön sırada bulunmaktadır (Yıldırım ve diğ., 2021). Anket içerisinde salon, yemek odası ve genç odası gibi konut içerisindeki çeşitli alanlara ait mobilya ürünleri kullanılması sonucu (Yıldırım ve diğ., 2021), oluşan veriler tüm mobilya ürünleri için bir öngörü sağlamaktadır. Bu bakıma tasarımda mobilya bileşenleri için bağlantı noktalarını azaltmak uzun süreli kullanıma bağlı bağlantı noktalarındaki oturmama, gevşeme, sökülme gibi teknik sorunların önüne geçebilmektedir.

Yıldırım ve diğerleri (2021) tarafından yapılan anket çalışmasında iç mekan donatılarının bileşenlerinde olması beklenen özellikler anket katılımcılarının görüşleri doğrultusunda öncelikli olarak malzeme kalitesi, sağlamlık, estetik görünüş ve işlevsellik olarak sıralanmıştır. Bu noktada çalışma kapsamında tasarlanan sehpa tasarımının bileşenlerinde malzeme seçimi öncelik taşımakta olup uygun malzeme sürdürülebilirlik amaçları doğrultusunda doğal ve geleneksel bir malzeme olan kontrplak ve son yıllarda

mobilya üzerinde kullanımı hızla artan bir biyomalzeme olarak miselyum seçilmiştir. Yıldırım ve diğerleri (2021) tarafından yapılan anket çalışmasında mobilyanın kullanıldığı yere ve işleve bağlı sağlamlık (%65), estetik görünüş (%62,6), işlevsellik (55,3), işçilik kalitesi (% 51.9), kullanım kolaylığı (%50.9) ve uzun ömürlülük (% 48.05) oranında bulunarak uzun ömürlülük, dayanıklılık ve kalite gibi unsurlar da diğer kullanıcıyı etkileyen diğer ölçütler olarak karşımıza çıkmaktadır (Yıldırım ve v.d., 2021).

Malzeme seçiminde fiziksel ve kimyasal özellikler teknik açıdan önemli olduğu gibi estetik özellikler de kullanıcı memnuniyeti açısından önemli olmaktadır. Wang ve diğerlerinin (2023) savunduğu gibi malzeme seçimi, ürünün estetik açıdan görünümüne, yapısına ve fonksiyonuna belirgin düzeyde etki etmekle birlikte sertlik, dayanıklılık, darbe karşında parçalanabilirlik ve absorpsiyon kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal özellikler mobilya için seçiminde önemli olmaktadır (Wang ve diğ., 2023). Mobilyada taşlama ve cilalama gibi yöntemler ile pürüzsüzlük sağlanabilmektedir. Ayrıca tekstil ürünlerinin de yumuşaklık verme ısıyı tutma gibi amaçlarla tasarıma entegre edilmesi mobilya için optimum kullanım imkanı sunmaktadır (Wang ve diğ., 2023).

Kontrplak dayanım açısından kanıtlanarak mobilyada kullanımı yaygın bir malzeme olmasına karşın miselyum bu konuda bilgi yetersizliği olabilen bir malzeme olarak bilinmektedir. Ecovative Design adlı firmaya ait miselyum bazlı ürünlerin genel olarak mantar türü belli olmamakla birlikte “Grow-It-Yourself” adlı kendi yetiştirme kitlerinde Basidiomycete türü mantar türü ve Psyllium kabuğu tozu, buğday unu substrat olarak kullanılmaktadır. Bu kitlerle 3D üretim gerçekleştirilebilmesine karşın mobilya için yeterli mekanik ve fiziksel testler mevcut bulunmamaktadır (Sydor ve diğ., 2022). Bu nedenle tasarlanan sehpa tasarımında Plerotus ostreatus mantar türü tercih edilmiştir. Çünkü Ecovative Design’ ait ticari ürün olarak satışı gerçekleştirilen mobilyalarda kullanılan mantar türü belli değildir. “Grow-It-Yourself” kitleriyle mobilya üretilememe durumu söz konusu olabileceğinden daha çok uygulamanın ve mekanik dayanım testlerinin olduğu Plerotus ostreatus seçilmiştir. Büyüme ortamlarına ilişkin ön gözlemler optimum misel çoğalması için 25 derece civarında sabit bir sıcaklığın yaklaşık %70 bağıl nemin korunması önemli olmaktadır (Kohphaisansombat ve diğ., 2023). Plerotus ostreatus mantar türüyle elde edilen miselyum kompozitlere ait çok sayıda dayanıklılık testi bulunmaktadır. Örneğin; 6 ay boyunca sürekli UV ışınlama ve neme maruz kalan

miselyum bazlı kompozitlerin oluşumlarından kaynaklanan güçlerinin %85'inden fazlasını korumayı başarabildikleri görülmüştür (Kohphaisansombat ve diğ., 2023).

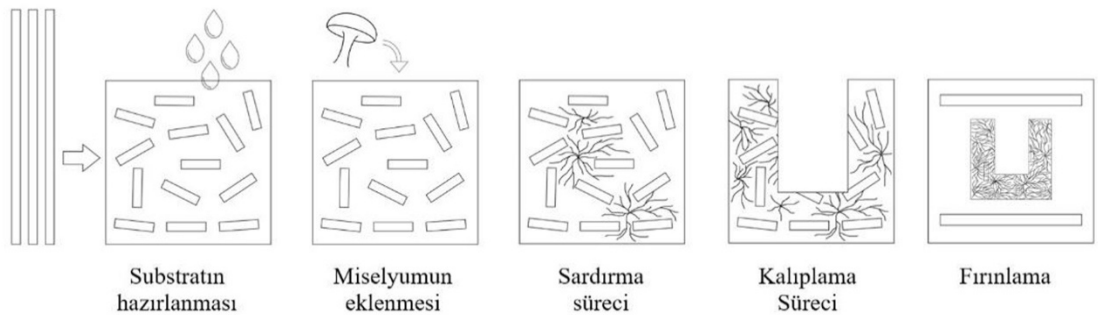
Miselyumla üretimde mantar türü bilindiğinde mekanik dayanım yönünden incelemek kolaylaşmaktadır. *Pleurotus ostreatus* (istiridye mantarı) adlı mantar türüne ait miselyumla üretilmiş biyokompozitlere ait görseller, çeşitli fiziksel ve mekanik dayanım testleri bulunduğundan çalışmada bu tür seçilmiştir. Miselyum bazlı kompozitlerin özellikle de isticiridye mantarlarından elde edilenlerin ürün oluşturma ve yaşam döngüsü içerisinde sürdürülebilir, çevre dostu olduğu bilinmektedir. Ayrıca, geri dönüştürülebilirlik konusunda gelecek için umut vaat etmektedirler (Kohphaisansombat ve diğ., 2023).

Pleurotus ostreatus adlı mantar türü ve saman substratıyla oluşturulmuş biyokompozitlere ait gerçek görünümüyle tasarlanan mobilya ürünü olan orta sehpa tasarımında kullanılmış olup bu tür ile ananas lifi ile güçlendirilmiş daha yüksek derecede mekanik ve fiziksel nitelikte biyokompozit eldeleri ve testleri bulunmaktadır (Kohphaisansombat ve diğ., 2023). Örneğin bir çalışmada, isticiridye mantarları içerisinde *Pleurotus ostreatus* kullanılarak doğal ananas lifleri ve kullanılmış kahve taveleri miselyum bazlı kompozitler içerisine farklı konsantrelerde eklenerek güçlendirme yoluna gidilmiştir. %10 ananas lifi içeren miselyum kompozitler, içermeyenlere oranla mekanik ve kimyasal özellikleri önemli ölçüde değiştirerek özellikle yoğunluk ve basınç dayanımında belirgin artışa sebep olmuştur. Doğal ananas liflerinin çeşitli konsantrasyonları %30'a çıkarıldığında bükülme mukavemeti, su emme, şişme ve ses emme gibi alanlarda üstün nitelik sergilemektedir. Ek olarak, yangına dayanıklılık testi kullanılmış kahve taveleri ve ananas lifleriyle güçlendirilmiş miselyum bazlı kompozitlerin yanmazlık özelliklerini doğrulamıştır (Kohphaisansombat ve diğ., 2023). Ananas liflerinin kompozitteki tutarlılığının optimizasyonu için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Miselyumun tasarımdaki kullanımı için disiplinler arası iş birliğine ihtiyaç vardır (Kohphaisansombat ve diğ., 2023).

Ülkemizde ananas bulunabilirlik ve bolluk bakımından uygun olmadığından çalışmanın sürdürülebilirliğine odaklanılarak kullanılmamıştır. Ancak kullanıma uygunluğu ve bu konuyla ilgili çalışmaların artışı göz ardı edilmemelidir. Çalışmada saman yerine başka bir substrat kullanıldığında mobilya için daha iyi mekanik ve fiziksel

özellikler elde edilebilecektir ancak başka substrat kullanıldığında üretim şartları değişerek bilinmeyen mekanik ve fiziksel özellikler elde edilmiş olacağından çalışmanın çıktıları belirsizleşecektir. Bu nedenle, çalışmada daha önceden uygulanmış bir mantar türü ve substrat kullanılmıştır. Ek olarak, saman çalışmada pamuktan daha yüksek mekanik dayanım sağlayan bir substrat olduğu ve sıcak preslemede ahşap kadar mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olacağı çıkarımlar arasında bulunmaktadır (Kutbay, 2022). Substrat olarak tarım kaynaklı yan ürünler ile yoğunluk düşükken ormancılık yan ürünlerinin kullanıldığı kompozitlerde daha yüksek olmaktadır. Yüksek yoğunluk stabilite açısından avantajlı bir durum sağlarken ağırlık açısından dezavantajlı olabilmektedir. Ancak miselyum kompozitlerin yoğunlukları maksimum düzeyde bile sorun yaratmayacak hafifliğe sahip olmaktadır. Kullanılan yenilenebilir hammadde kaynakları mantarın toprak altında kalan kısımları olan miselyum ve tarımsal ürün artıklarının oluşturduğu atıklardır (Kutbay, 2022).

Miselyum ile kompozit üretim süreci (Bknz. Şekil 33); kültür oluşturma, saldırma, kalıplanma ve fırınlama olarak toplamda 4 aşama bulunmakla birlikte kültür aşaması öncesinde sterilasyon yapılmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022). Kültür oluşturma evresinde; bağlayıcı olarak kullanılacak olan miselyum için ortam koşulları hazırlanırken saldırma evresinde, miselyumun eklendiği substrat üzerinde gelişim göstermektedir. Kalıplanma evresinde ise konulduğu kalıbın formunu almak üzere miselyumun saldırma işlemine sürdürerek eklendiği substratın tek parça görünümlü bir kompozit görünümüne ulaşması gözlemlenirken son evre alan fırınlama ile miselyum kurutulurken aktifliğinin durdurulması ve mantar büyümesinin sona ermesi sağlanmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022).



Şekil 33. Miselyum üretim aşaması (Kutbay, 2022)

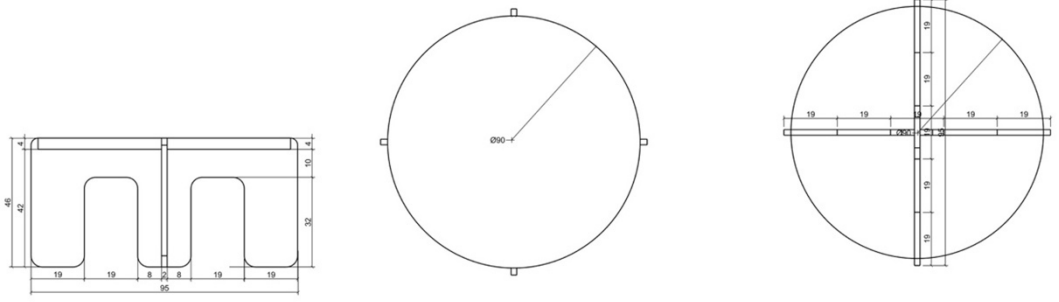
Yukarıda anlatılan aşamalar kapsamında miselyum/kontrplak birleşimi bir sehpa tasarımı tasarlanmış olup ölçüler Şekil 34’de görüldüğü gibidir. Miselyumun parçalanabilme ve hafifliğine bağlı olarak kontrplak için yapılan tasarım revize edilmiştir. Tezin araştırma kısmında görüldüğü gibi miselyum ile mobilya üretilirken üretilen parça kalıp içerisinde yetiştirildiğinden ve başka bir malzemeyle olabilecek mekanik uyum sorunu nedeniyle “interlocking joints” ile birleşim uygun olamamaktadır.

Miselyum malzemenin kesiti arttıkça mekanik dayanımının artmasına bağlı olarak miselyumla olan sehpa tasarım alternatifinin tablasının kalınlığı artırılarak darbelere karşı olan direnci yükseltmek istenmiştir. Ek olarak, miselyum tasarım alternatifi ile birbiri içine geçerek kenetlenen diğer bir ifadeyle interlock eden birleşimlerin kullanıldığı eden birleşimlerin kullanıldığı bir sehpa tasarlamak riskli bir çözüm olmaktadır. Çünkü miselyum kalıp içerisinde ve değişen ortam şartlarından yüksek derecede etkilenen bir hassasiyeti ve hata payı yüksek bir doğal malzemedir.

Bu yüzden, milimetrik açıklıklar ve birleşimlerde ölçülerde problemler oluşabilmektedir. Özellikle 3D üretim kullanılmadan yapılan çalışmalarda zorluklarla karşılaşmıştır (Elsacker, Peeters, ve De Laet, 2022). Buna bağlı olarak, miselyum tasarım alternatifi birbirine geçerek kenetlenen (interlock) yerine birbiri üzerine oturan şekilde bir birleşim tercih edilmiştir. Böylece miselyum sehpa alternatifinde miselyum başka bir malzeme içerisine geçme durumu söz konusu olmadığından oluşabilecek hata payı minimuma indirgenmiştir. Ayrıca, hata payı haricinde miselyumun interlock ederken parçalanma, bölünme veya mekanik dayanımın azalması durumu oluşabilmektedir.

Tasarım alternatifleri genel olarak 2 aşamalı bir birleşimden oluşmakta 3 sehpa tasarım alternatifi için alt ayak üzerine üst ayak geçerek interlock eden bir birleşim oluşturmaktadır. Miselyum tasarım alternatifinden farklı olarak diğer kontrplak ile tasarlanan diğer 2 sehpa alternatifinde sehpa ayakları üzerinde çıkıntılara tabla oturarak 2. Bir interlock birleşim gerçekleşmektedir. Ayakların her biri 90 cm çaplı sehpa tablasını dengeli taşıyabilmek adına 3 dişli tarak formunda ve 2-5 cm’lik dikdörtgene benzer çıkıntılar içermektedir. Kontrplak 20 mm’lik kullanılmış olup miselyumla üretilen sehpa alternatifinin ayakları dahil tüm tasarım alternatiflerde aynı kontrplak kullanılarak yüksek mekanik dayanım hedeflenmiştir. Ayrıca kullanılan kontrplak türü suya dayanıklı marin

kontrplak olduğundan hem konut iç mekanında hem de cafe ve benzeri mekanlarda konforlu olarak kullanılabilir.



Şekil 34. Miselyum ile tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının ortografik çizimleri

Miselyum biyokompozitini mobilya tasarımına entegre etmek için Pleurotus ostreatus mantarı seçilmiş ve mantarın samanla oluşturduğu biyokompozit örnekleri gerçek görünümü ile tasarıma Sketch-up çizim programında dahil edilmiştir. Ardından seçilen malzeme Sketch-up programında malzeme ataması yapılarak görünümleri estetik açıdan karşılaştırılmıştır. Miselyum tezin araştırma kısmında aktarıldığı ürün malzemesi olarak kullanımı için fırınlama işlemi gerekmektedir. Aksi takdirde miselyum gelişmeye devam ederek meyve vermeye başlayacak ve mobilya ürünün formunda bozulmalar meydana gelecektir (Kutbay, 2022).

Fırınlama işleminden sonra estetik olarak da değişen miselyum daha iyi mekanik özellikler için presleme aşamasına tabi tutulması gerekmektedir. Bu noktada ürünün malzeme kalitesini etkileyecek bir diğer unsur preslemenin ısısı olmaktadır. Sıcak presleme ile soğuk preslemeye oranla mekanik ve fiziksel yönden daha iyi sonuçlar alınırken estetik yönden üzerindeki yanık benzeri lekeler nedeniyle kullanımı sorun yaratabilmektedir.



Şekil 35. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının orjinal malzeme atanarak model üzerinde çalışılması (sırasıyla fırınlanmamış miselyum, preslenmemiş miselyum, soğuk preslenmiş miselyum, sıcak sıcak preslenmiş miselyum, gıda boyası ile büyüme aşamasında renklendirilmiş miselyum)

Miselyum kompozitinin preslenmiş ve renklendirilmemiş haliyle üretilen sehpa kullanıcı tarafından görsel açıdan beğenilmemektedir. Ancak, renkli bir sehpa tasarımı çok daha iyi bir estetik etki oluşturmaktadır. Araştırma kısmında kırmızı renk kullanımının miselyum biykompozitinde olumlu etkilerinin olduğu bir anket çalışmasına (Andersson, 2022), bağlı olarak çalışma kırmızı gıda boyası kullanılarak renk çalışılmış ve kullanıcı beğenisinin bu şekil de daha yüksek seviyede olacağı tahmin edilerek tasarımda renk konusuna yoğunlaşmıştır.



Şekil 36. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tablalarının orjinal malzeme atanarak model üzerinde çalışılması (sırasıyla fırınlanmamış miselyum, preslenmemiş miselyum, soğuk preslenmiş miselyum, sıcak sıcak preslenmiş miselyum, renklendirilmiş gıda boyası ile büyüme aşamasında renklendirilmiş miselyum)



Şekil 37. Miselyum malzemenin sırasıyla fırınlanmamış, fırınlanmış ve preslenmemiş ve fırınlanmış ve soğuk preslenmiş görünümleri

Şekil 37’de görüldüğü gibi fırınlanmamış haliyle miselyum homojen görülmemekte ve bu haliyle mantar büyümeye devam edebileceğinden kullanımı da uygun değildir. Preslenmemiş miselyum kompoziti ise fırınlandığı için mantar büyümesi durdurulmuş olmasına rağmen mekanik özellikleri ve homojenlik bakımından halen uygun bulunmamaktadır. Ancak homojenlik açısından fırınlanmamıştan daha iyi durumdadır. Soğuk presleme ise görünüm olarak sıcak preslemeden daha uygun olsa da mekanik ve kimyasal özellikler bakımından sıcak preslemeye oranla oldukça zayıftır. Böylece seçilen mantar türünün sıcak preslenmiş haline karar verilerek tasarımda renk konusu düşünülmüştür.



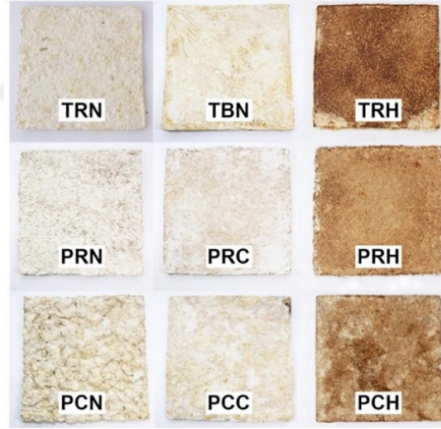
Şekil 38. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının sıcak preslenmiş miselyum tablası ve kontrplak ayaklardan oluşan malzeme atamasıyla 3D görünümü

Şekil 38’de görüldüğü gibi sıcak preslenmiş miselyumun oldukça koyu ve alev alarak yanmışa benzer nitelikte görünümü bulunmaktadır. Bu yönden renklendirilmemiş

haliyle kullanımı estetik açıdan zor olacağı yönünde karar verilmiştir. Şekil 39’da görüldüğü kırmızı gıda boyası ile renklendirilmiş haliyle bu görünüm kamufle olmaktadır ve estetik açıdan daha bütün ve homojen bir görünüm açığa çıkmaktadır.

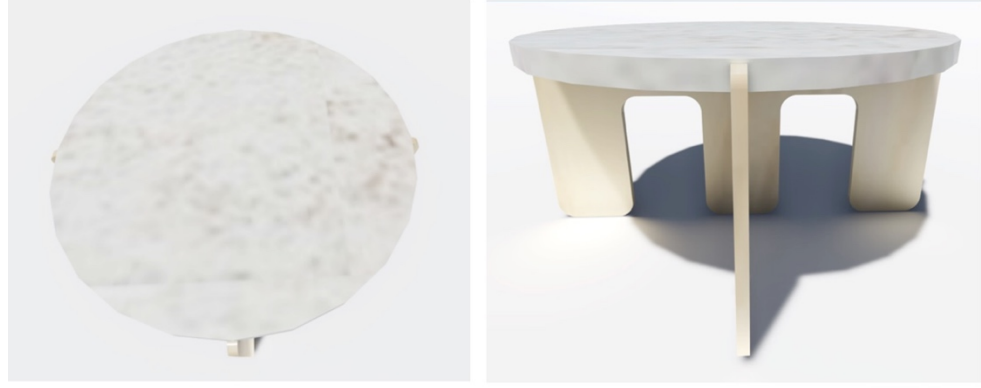


Şekil 39. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının sıcak preslenmiş ve kırmızı gıda boyası ile renklendirilmiş miselyum tablası ve kontrplak ayaklardan oluşan malzeme atamasıyla 3D görünümü

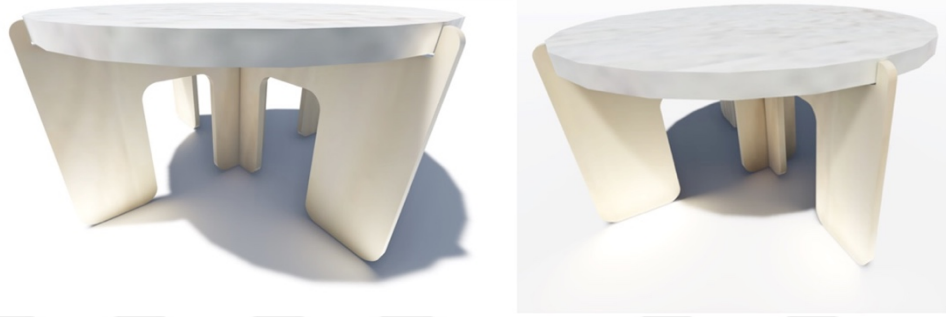


Şekil 40. Farklı yapıda numuneler ve farklı presleme işlemleri görünümleri (Appels ve diğerleri, 2019, s. 66)

TRN -T. multicolor, saman, preslenmemiş; TBN - T. multicolor, talaş, preslenmemiş;
TRH - T. multicolor, saman, sıcak presleme; PRN - P. ostreatus, saman, preslenmemiş;
PRC - P. ostreatus, saman, soğuk presleme, PRH - P. ostreatus, saman, sıcak presleme;
PCN - P. ostreatus, pamuk, preslenmemiş; PCC - P. ostreatus, pamuk, soğuk presleme;
PCH - P. ostreatus, pamuk, sıcak presleme.

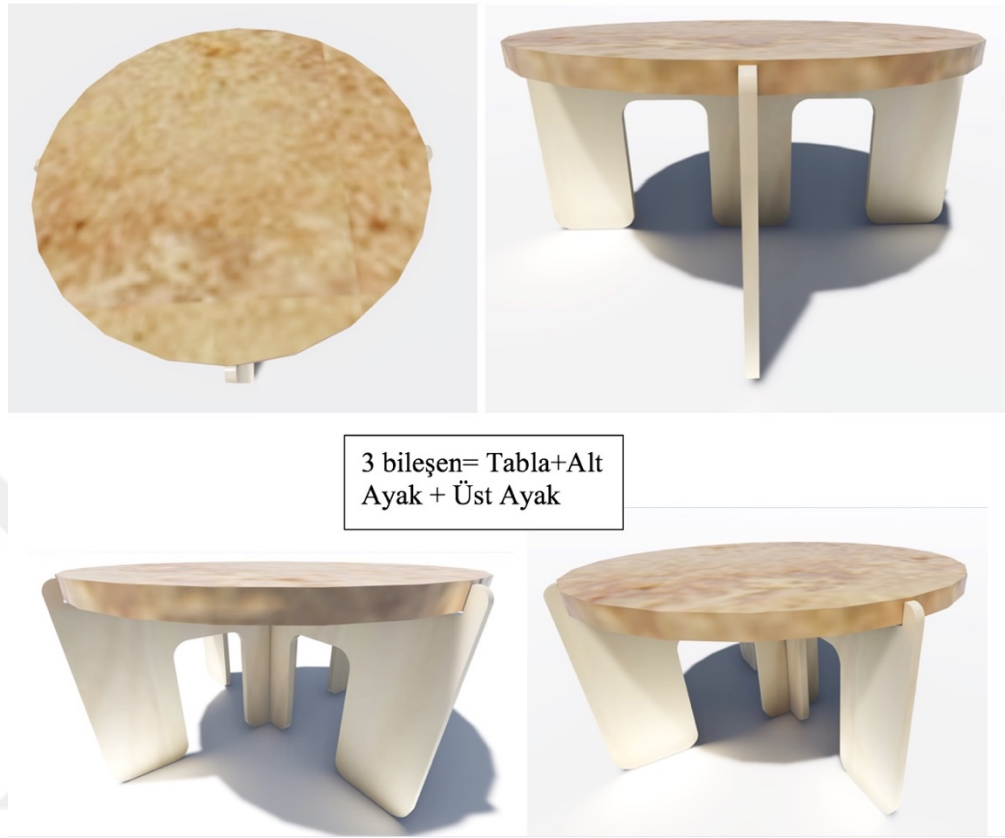


3 bileşen= Tabla+Alt
Ayak + Üst Ayak



Şekil 41. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile preslenmemiş halinin render görünümü

Çalışmada sonrasında daha gerçekçi bir görünüm yakalamak ve gün ışığındaki görünümleri gözlemlemek adına Lumion programında render görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 41 ve Şekil 42’ da preslenme ve preslenmemeye bağlı miselyum sehpanın görünümleri gün ışığında görülmektedir. Preslenmemiş sehpa görünüm olarak daha açık ve estetik görünümdeyken sıcak preslenen miselyum sehpa görünüm bakımından koyu ve homojen görünümde değildir. Estetik açıdan bazı koşullarda homojen olamama durumuna karşın miselyum malzeme, her koşulda malzeme özellikleri bakımından oldukça homojen özellik gösterdiği mekanik dayanım testleri ve literatürde görülmektedir.



Şekil 42.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile sıcak preslenmiş halinin render görünümü

Renklendirme çalışmaları sonrası kırmızı-kahve arası bir renk elde edilmiş (Bknz. Şekil 42) ve bu rengin orta sehpa olarak kullanımının daha iyi olacağı Lumion programında render aşamasında belirlenmiştir. Bu haliyle tasarım, malzeme ve renk yönünden tıpkı bir şapkalı mantara benzeyerek Biyomimikri konusunda da temas etmektedir.

Biyomimikri, Yunanca yaşam anlamına gelen “bios” ve taklit anlamına gelen “mimesis” kelimelerinin birleşiminden türemiş olan tasarım akımı pek çok doğal nesne ve malzemenin üretim aşamasında dahil edilebilecek doğa temelli geometrileri içermektedir (Bumgardner ve Nicholls, 2020). Organik tasarımlardan yenilikçi ve çevreye duyarlı tasarım unsurlarını içeren doğa ve teknolojinin birleşmesi olarak tanımlanan Biyomimikri biyoloji, doğa ve mimarlık unsurlarından tek bir modelde

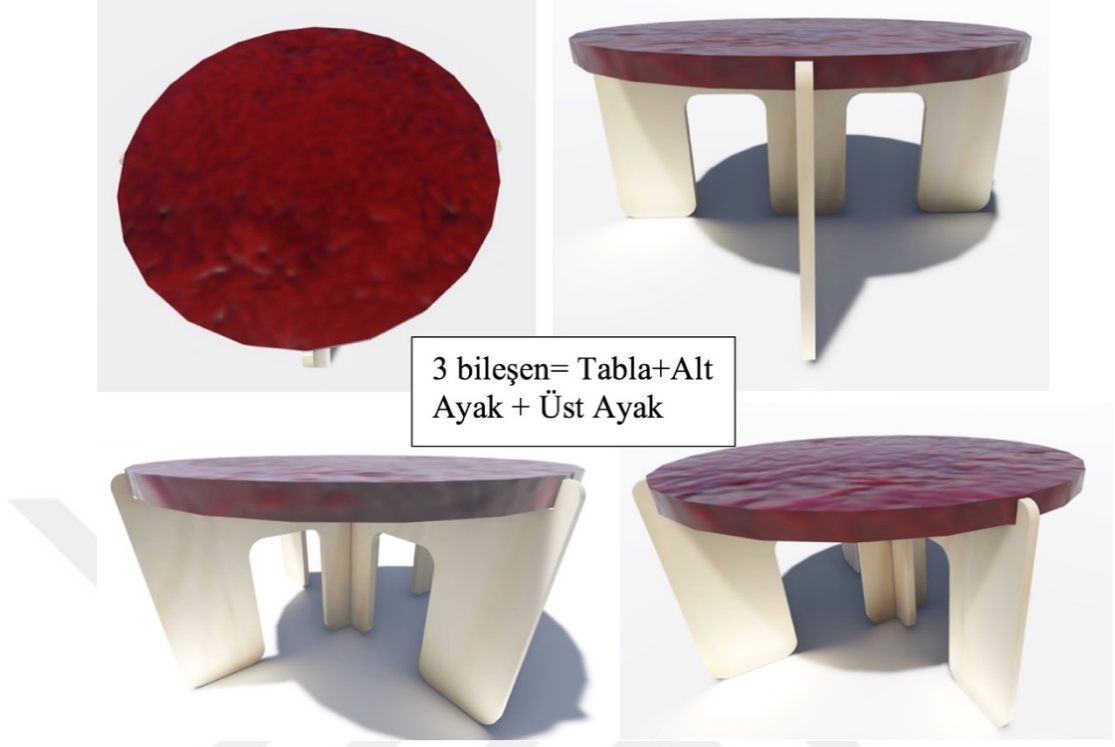
toplamayı ve kullanıcı konforunu artırmayı hedeflemektedir (Bumgardner ve Nicholls, 2020).



Şekil 43. Kırmızı şapkalı mantar ve mantarların genel fizyolojik yapısı (URL 40), (URL 41)

Tasarlanan sehpa tasarımı tasarımın ilk aşamalarından mantarın fizyolojik yapısından esinlenerek oluşturulmuş olup gıda boyası ile renklendirilen tabla yardımıyla bu benzerlik daha fazla öne çıkarak Biyomimikri yaklaşımıyla tasarlanan bir sehpa tasarımı ortaya çıkmıştır. Kullanıcıda sürdürülebilir ürünlere olan ilgi artırılmak istenerek Biyomimikri yaklaşımından yararlanılmıştır.

Sehpa tablası tıpkı mantarın şapkası ayakları ise soyutlanarak mantarın hif ve miselyum kısmı (Bknz. Şekil 43) olarak oluşturulmuştur. Bu noktada denge ve ergonomi konuları sehpanın formunu oldukça fazla olarak değiştirdiği için form bu noktadan uzaklaşmışsa da yine şapkalı mantar ile benzerlik göstermektedir. Şekil 44'te çalışmanın son halinde bu benzerlik görülmekte olup sehpa tasarımının tablasında sıcak preslemeden sonucu homojen olmayan görünümü kamufle etmek amacıyla gıda boyası uygulanmıştır. Miselyumun büyüme aşamasına eklenen bu renk uygulaması sayesinde şapkalı mantar ile sehpanın biçim benzerliği daha fazla öne çıkarılmak amaçlanmıştır. Aşağıda Şekil 44'te renklendirilmiş haliyle miselyum sehpa görülmektedir.



Şekil 44.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımının miselyum malzeme ile gıda boyası ile renklendirilmiş halinin render görünümü

BÖLÜM BEŞ

YAPILAN ÇALIŞMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ

Yapılan çalışmanın sürdürülebilirlik analizini yapabilmek için üretim süreçleri ve kullanım ve kullanım sonrası süreçler irdelenerek elde edilen sonuçlar bu 2 başlık üzerinden ele alınmıştır. Ardından tüm sonuçlar değerlendirme ve sonuç bölümünde karşılaştırılmış olup kontrplak ve miselyum mobilya özelinde kullanımının avantaj ve dezavantajları sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan malzemeler estetik açıdan da değerlendirilerek sürdürülebilirlik özelinde yorumlanmıştır.

Genel olarak bakıldığında sürdürülebilirlikle ilgili uygulamalar daha çok gelişmiş ülkelerde yoğun faaliyet gösterirken bu tür uygulamalarla üretilmiş ürünlere olan ilgi de gelişmiş ülkelerde daha fazla olduğu görülmektedir (Wang ve diğ., 2023). Sürdürülebilir üretim uygulamaları arasında geri dönüştürülmüş malzemenin yeniden hammadde olma durumu büyük yer tutmakta olup yapılan araştırmalarda İngiliz tüketicilerin bu tür ürünlere daha fazla ilgi gösterdiği gözlenmiştir (Wang ve diğ., 2023). Ancak her ülke sürdürülebilirlik konusunda bu hassasiyete ulaşmış değildir. Bu nedenle sürdürülebilirlikle ilgili çalışmalara bu çalışma kapsamında bir katkı yapılmak istenmiştir.

Çalışmada tek bir sehpa tasarımı üzerinde malzeme denemeleri yapılarak tasarım alternatifleri oluşturulmuştur. Bu tasarım alternatifleri içerisinde tamamen kontrplaktan oluşanların hammaddenin kullanımı ve miselyumun tasarıma entegre edilmesiyle değişen özellikler sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmek istenmiştir. Kontrplağın kaynağının ağaç olmasından dolayı daha az hammaddenin kullanıldığı üründe bir ürün için daha az ağaç kesileceğinden tasarımı az hammaddeyle gerçekleştirmek önemli olmaktadır. Ancak yeterli stabilite sağlanmadığında ürün kullanılamaz durumda kalmaktadır. Bu bölümde bu konu ağırlık hesabı üzerinden incelenerek karşılaştırılacaktır. Ek olarak, miselyumun geri dönüştürülmüş ahşap ile birlikte kullanımını sürdürülebilirlik açısından avantajlı bir seçenek olduğu uygulamalar literatürde mevcuttur. Ancak miselyum kontrplak ile kullanıldığında oluşabilecek teknik çıktılar literatürden yararlanılması sonucu değerlendirilerek çıktılar bu bölümde

karşılaştırılmıştır. Sehpa ayakları geri dönüştürülmüş ahşap yerine kontrplaktan üretildiğinde formaldehit içeren tutkal ile üretildiğinde sürdürülebilirliği daha az olsa da formaldehit değerleri insan sağlığını riske atmayacak derecede olduğundan yine de sürdürülebilir olması gibi bir sonuçla karşılaşılmıştır. Aşağıda üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçler bakımından malzeme opsiyonları değerlendirilmiştir.

5.1. Çalışmada Tasarlanan Sehpa Modelinin Kontrplak ve Miselyum İle Üretim Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Açısından Karşılaştırması

Yapılan çalışmada iç mekan donatılarından olan sehpa tasarımının miselyum malzeme ve kontrplak malzeme ile üretim teknikleri araştırılarak karşılaştırılmıştır. Miselyum üretimde ilkel ve endüstriyel yöntemlerin her ikisi de ayrı ayrı değerlendirilerek sonuçlar ve değerlendirme kısmında listelenmiştir.

Miselyum ile üretim süreci herhangi bir ek enerji gerektirmeden yalnızca sıcaklık ve nem şartları sağlanmasına bağlı olarak (Kutbay ve diğ., 2022), ekonomik açıdan sürdürülebilir olmaktadır. Ancak, bu üretim metodu yalnızca ilkel olarak geliştirildiğinde mümkün olmaktadır. Ek olarak, üretilecek ürün için uygun kalıp olmadığında kesilme işlemi veya 3D ile üretim gibi teknolojik yöntemlere başvurulduğunda bir miktar enerji gerekmektedir.

Kontrplak ile üretim, kontrplağın bir ağaç kütüğünden plakalara dönüştürülmesi aşamasıyla birlikte CNC ile kesim aşamalarına dek ek enerji gerektirmektedir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde endüstriyel üretimde iki malzeme için de enerji kullanımı varken, kontrplağın ağaçtan plakalara dönüşmesi süreciyle başlayan ve tasarımda şekillendirilmesi için CNC kesim gibi uygulamalara miselyuma oranla daha fazla enerji harcanması gerekmektedir. Ayrıca kontrplağın plaka haline getirilerek yapıştırma aşamalarında formaldehit içeren yapıştırıcılar kullanılması çevresel açıdan risk oluştururken emisyon yayılımının yasal açıdan belirlenen düzeyde olması kontrplağı lif ve yonga levhalara oranla daha çevresel olarak adlandırılmasına neden olmaktadır. Kontrplak yerine doğal ahşap ürünü olarak masif ahşap kullanıldığında ise üretim sürecinde kurutma zorunluluğu olduğundan bir miktar enerji kullanımı söz konusu olmaktadır. Bu nedenle doğal ahşap kurutmadan üretimde kullanımı pek tercih

edilmeyerek doğal kurutmaya açık havada veya yapay kurutma ile fırınlama ile kurutulmaktadır. Doğal ahşapta enine kesiti arttıkça mekanik dayanım ve yanma dayanımı arttığı bilinmekte ve artan kesitin kurutma zorluğu yaşattığı gözlenmiştir (Görgün ve Ünsal, 2023). Bu durum mobilyanın mekanik dayanımının artırılma talebi doğrultusunda kesiti büyük olan ağaçlardan üretimi zorunlu kılmaktadır. Ancak yüksek kesitli ağaçların ise fırınlanması için yüksek enerji gerekmesi masif ahşapla üretimin sürdürülebilirliğine negatif olarak etki etmektedir.

Buna karşın miselyumun üretimde kullanılan farklı mantar türlerine bağlı olarak mobilya endüstrisi için avantajlı olan fiziksel özellikler kazanması durumu söz konusu olmaktadır. Örneğin; farklı formlarda yetişebilme, sert bir yüzey oluşturabilme ve yanmaya karşı direnç gösteren yapısı bulunan bazı türleri ile miselyum yalıtıcı bir biyomalzemedir (Kutbay ve diğ., 2022). Bu noktada, miselyum ile üretilen bir mobilya ürününün ahşap bazlı üretilen bir mobilya ürününden daha fonksiyonel hale gelmesi söz konusu olmaktadır. Ek olarak düşük yoğunlukları, termal iletkenlikleri, yanıcılıkları ve yüksek akustik absorpsiyonları ile miselyum kompozitleri mobilya endüstrisinde ahşap hammaddeden daha işlevsel yapmaktadır (Nussbaumer ve diğ., 2023).

Miselyum sert olabilme, istenilen herhangi bir formda yetişebilme ve özellikle yanmaya karşı dirençli olan bazı türleriyle yalıtıcılık özelliğindedir (Kutbay vd., 2022). Mobilya endüstrisinde mantar bazlı ürünlerin avantajlarından bir diğeri de Tablo 10' da görüldüğü talebe bağlı olarak farklı form ve yoğunluklarda üretilebilmesidir. Mantar bazlı kompozitler farklı geometrilere ve düşük yoğunlukta kalıplanabildiği için pek çok çeşitlilikte ürün üretilebilmektedir (Alemu ve diğ., 2022).

Düşük yoğunluk ile üretim olanağını kalıp içerisinde büyüme sağlarken uygulanması gereken miselyumun gelişim miktarını değiştirici stratejiler bulunmaktadır. Bu stratejiler arasında, mantarın gelişim göstereceği bağlayıcı atığın dizilim ve boyut değişiklikleri ile sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak, kalıplama süresi de doğru orantılı olarak miselyum yoğunluğunu değiştirmektedir. Substrat parça boyutlarının uzun olması, rastgele diziliminde parçalar arasında çok boşluk olması miselyumun gelişim yoğunluğunu düşürürken kalıplama süresinin uzatılması miselyum yoğunluğunu artırmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022).

Plastik kap miselyum üretiminde ideal olmaktadır çünkü miselyum ile etkileşim göstermemektedir. Üretimde kullanılan mantar türü, substrat olarak kullanılan maddenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, substrat ile miselyumun biraraya geliş biçimi, malzeme oluşum sürecindeki şartlar büyük önem taşımaktadır (Kutbay ve diğ., 2022).

Doğada mantar büyümesi için gerekli organik madde, bitki ve hayvan organizmalarının kalıntılarından ve bunların metabolitlerinden gelmektedir. Miselyum bazlı kompozitler uygulamalı sanatlara çok uygun olmakla birlikte 3D baskıda ahşap tozuna alternatif olarak gösterilmektedir (Sydor ve diğ., 2021). Ancak, miselyum bazlı kompozitlerin işlevsel özellikleri günümüzde kullanılan malzemelerden düşük olmasında rağmen bazı alanlardaki yüksek akustik sönümleme, yangına dayanıklılık, kimyasal bulundurmama ve estetiklik öne çıkmaktadır (Sydor ve diğ., 2021). Aşağıda Tablo 10'da miselyum bazlı kompozitler ahşap ve sentetik ürünlerle mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır.

Tablo 10. Miselyum Kompozit, Sentetik Köpük ve Ahşap Ürünlerin Kıyaslaması
(Jones ve diğerleri, 2020: 11)

| Malzeme özelliği | Miselyum kompozitler | Sentetik köpükler | Ahşap Ürünler |
|-------------------------------|----------------------|---|---|
| Yoğunluk (kg/m ³) | 59-552 | PS: 11-50 PU: 30-100 PF: 35-120 | PW: 460-680 SW: 440-600 HW: 850-1030 |
| Çekme dayanımı (MPa) | 0,03-0,18 | PS: 0,15-0,7 PU: 0,08-103 PF: 0,19-0,46 | PW: 10-44 SW: 60-100, ⊥ 3,2-3,9 HW: 132-162, ⊥ 7,1-8,7 |
| Basınç dayanımı (MPa) | 0,17-1,1 | PS: 0,03-0,69 PU: 0,002-48 PF: 0,2-0,55 | PW: 8-25 SW: 35-43, ⊥ 3-9 HW: 68-83, ⊥ 12,7-15,6 |
| Eğilme dayanımı (MPa) | 0,05-0,29 | PS: 0,07-0,70 PU: 0,21-57 PF: 0,38-0,78 | PW: 35-78 SW: 9,9-11,5 HW: 10,3-11,5 |

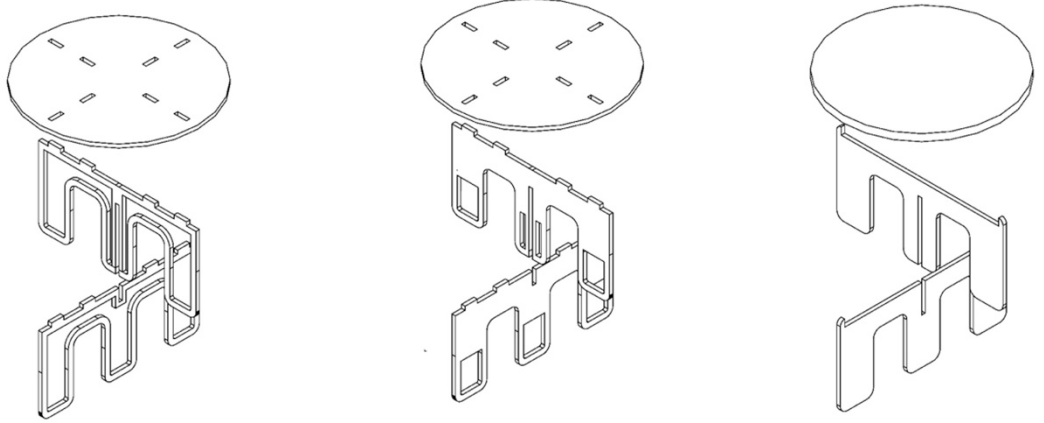
| | | | |
|------------------------|-------------------------|--|--|
| Su alma (% ağırlık) | 40-580 | PS: 0,03-9 PU: 0,01-72 PF: 1-15 | PW: 5-49 SW/HW: 5-190 |
| Üretim süresi | Günler/aylar | Dakikalar/günler | Dakikalar/saatler |
| Hammadde | Atıklar, yan ürünler | PS: stiren PU: izosiyanat, polioliol PF: Fenol formaldehit reçine | PW: Ahşap soyma levha, tutkal SW/HW: Ahşap |
| Biyoçözünürlük | Tüm bileşenler | Hiçbir şey | Ahşap bileşenler |
| Bozunma süresi | Haftalar/aylar | On yıllar / yüzyıllar | Yıllar / on yıllar |
| Yaşam sonu | Gübrelendirme | Geri dönüşüm, yakma, gömme, yığma | Geri dönüşüm, yakma, gömme, yığma |

Her iki malzeme için üretim süreci sürdürülebilirlik açısından karşılaştırıldığında; kontrplağın hammadde olarak endüstriyel üretimde kullanılabilmesi için CNC kesim tekniğine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ancak miselyum ile üretimde CNC kesim kullanılmadan kalıp içerisine ekim yapılarak bitkisel büyüme ile benzer üretim süreci gerekmektedir. Bu bağlamda miselyumun CNC kesimin gerektirdiği enerji ve iş yükünü azaltması bakımından sürdürülebilir olduğu söylenebilmektedir. Diğer taraftan miselyum malzeme, mekanik dayanıma güçlendirme amaçlı dayanıklı konstrüksiyonlarla güçlendirilerek kullanılabilir (Nguyen ve diğ., 2022). Ayrıca tezin araştırma bölümünde anlatılan miselyum kompozitler için geri dönüştürülmüş ahşabın mekanik destek amaçlı belirli bir bileşende kullanımı da bilinmektedir. Ahşap kompozitler ile olan tasarımların üretimi de CNC kesim ile gerçekleştirildiğinden diğer bileşenler için CNC tablalarında daha fazla alan kalması aynı üründen daha az orman kaynaklı hammadde kullanılmasını sağlamaktadır.

Miselyumla ilgili bileşenin istenen özelliğine göre mantar türü seçilmelidir. İlgili bileşenin üretim metodu seçilen mantar türüne bağlı ilkel veya teknolojik üretim imkanı

bulmaktadır. *Pleurotus citrinopileatus* (sarı ıstırdye mantarı) 3D baskı ile sandalye üretilmiş ve mantar gelişimi için saman kullanılmış, herhangi bir dayanıklılık testi yapılmamış ve fırınlanma işlemi de gerçekleştirilmemiştir (Mertoğlu, Karaca ve Karaca, 2024). Başka bir çalışmada ise bir strüktür oluşturularak miselyumun üzerine yetiştirilerek güçlendirildiği görülmektedir (Nguyen ve diğ., 2022). Özgün sehpa tasarımında ise herhangi bir güçlendirme kullanılmadan malzemenin kendi mekanik dayanımı ile bir üretim yapılmış olup presleme çalışması sayesinde üretilen sehpa tablasının mekanik dayanımının artması beklenmektedir. Ek olarak yangına dayanım amaçlı pirinç kabuğu ve cam parçacıkları kullanılarak yapıldığında ise yanıcılık sorunu ortadan kalkarak ahşaptan daha avantajlı olma gibi bir potansiyeli bulunmaktadır.

Aynı malzeme üretimi elle elde edildiğinde de fırınlama işlemi gerekirken ve presleme yapılamamaktadır. Bu nedenle ilkel olarak üretiminde mekanik dayanım daha düşük olmaktadır. Aşağıda birleşimleri gösterilen sehpa alternatifleri görülmektedir.

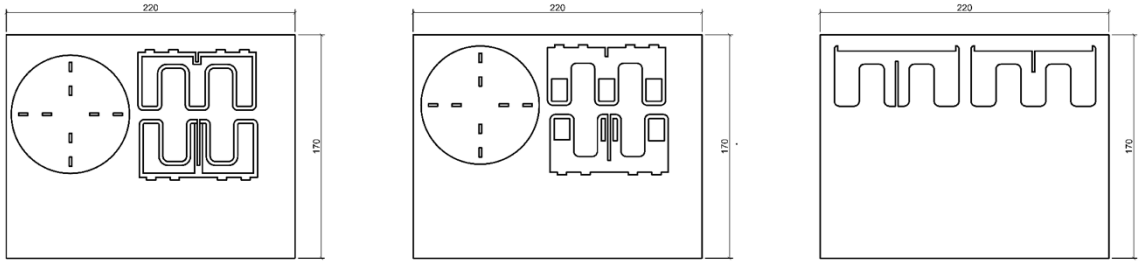


Şekil 45.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin wireframe olarak karşılaştırılmalı explode çizimleri

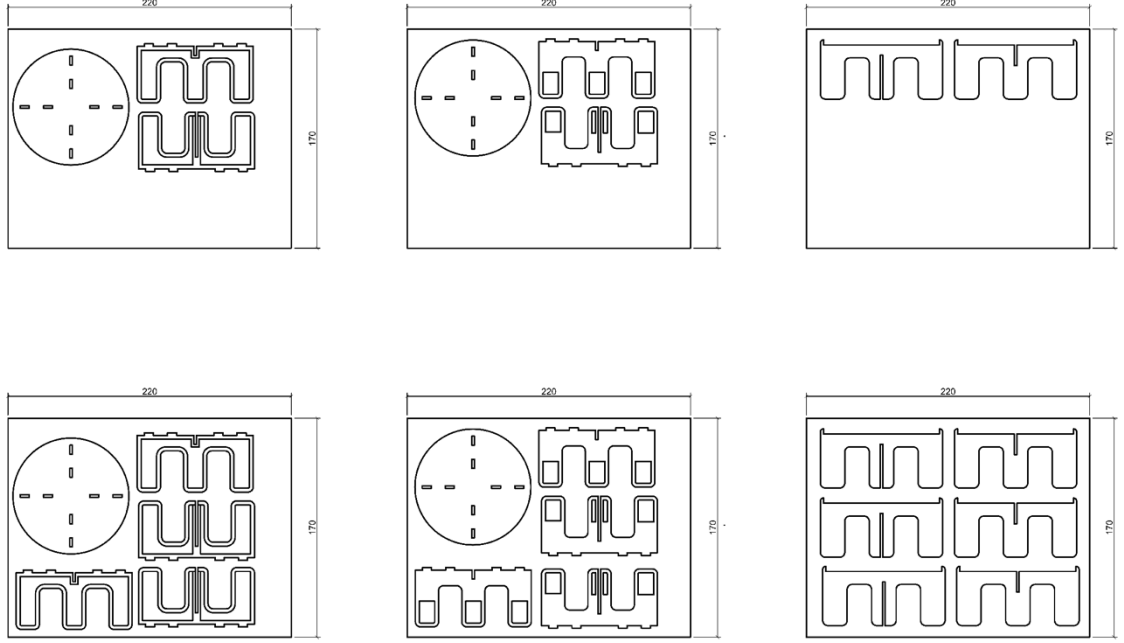
Tasarımda üretim önemli bir yer tutarken üretimde de CNC ile üretim mobilya endüstrisinde sürdürülebilirlik çok daha yaygın kullanılan bir noktadır. Daha az hammaddenin kullanıldığı ürün CNC tablası üzerinde aynı oranda yer tutmasına bağlı daha az hammadde kullanılmasına rağmen sürdürülebilir olamamakla birlikte CNC kesim sonrası çok daha fazla atık açığa çıkmaktadır. Sürdürülebilir üretimde araştırma kısmında anlatıldığı gibi minimum atıkla üretim yapmak çok önemli olmaktadır. Ancak daha az

hammadenin kullanıldığı sehpa tasarımında atıklar başka bir ürün için hammadde olabilecek potansiyeldeyse üretim bu noktada sürdürülebilir olmaktadır. Örneğin bu atıklardan bir tabure üretilabiliyorsa üretim avantajlı hale gelerek sürdürülebilir olmaktadır.

CNC ile üretimde minimum atıkla üretim için parça boyutu ve sayısı çeşitliliği düşük olmalıdır. Bu noktada yalnızca 3 bileşenle ile basit bir sehpa tasarımı CNC tablasında kısıtlı bir yer tutmaktadır ve parçalar arasında form benzerliği bulunmaktadır. Bu durum sürdürülebilir üretim açısından avantajlı bir özellik olmaktadır. Çünkü aynı tabladan maksimum sehpa üretimi sayısı bu şekilde artabilmektedir. Aşağıda 3 tasarıma ait CNC tablası üzerinde kaplanan yer gösterilmiştir. Seçilen suya dayanıklı çatlama dirençli 20 mm'lik 1 tabaka marin kontrplak ölçüleri 220x170 cm olup tabaka ağırlığı 56,10 kg olmaktadır.



Şekil 46.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırmalı olarak CNC tablası üzerinde yerleşimleri



Şekil 47. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırmalı olarak CNC tablası üzerinde optimum yerleşimleri

CNC üretim miktarı yukarıda ifade edildiği gibi maksimuma çıkarıldığında miselyumla üretimin yarattığı üretim avantajı sonucu aynı tablada 1,5 yerine 3 ürün üretim imkanı doğmaktadır. Şekil 47’de sağ altta yer alan görselde, tek bir kontrplak tablasına 3 adet sehpa üretimi için 6 ayağın (parçanın) yerleşim düzeni görülmektedir. Fire / atık malzeme miktarının azalması amacıyla ayakların dolu ve boşluk kısımlarının birbirine geçerek tablaya yerleştirilmesi konusu düşünülmüş ve çalışılmıştır. Buna karşın, bacak kalınlıklarıyla boşluk mesafelerinin ölçülerinin aynı olması (19 cm), iç içe geçen yerleşim düzenini olanaksız kılmış ve optimum yerleşimin Şekil 47’deki gibi olduğunu göstermiştir. Bu noktada miselyumun üretimdeki avantajı görülmektedir. Miselyum sehpa tablasının ise kalıp içerisinde üretildiği düşünüldüğünde miselyumla üretimde CNC’den kaynaklanan enerji maliyeti düşürülebilecektir. Ancak üretilen ürün için istenilen kalıp mevcut değilse plaka halinde üretilerek kesme işlemi gerçekleşeceğinden bir miktar enerji kullanımı söz konusu olmaktadır.

5.2. Kontrplak ve Miselyum Opsiyonlarının Mobilyanın Kullanımı ve Kullanım Sonrası Süreçlerine Katkılarının Analizi

İç mekanda konut içerisinde geniş bir yaş aralığına hitap edecek sehpa tasarımının yeterli mekanik dayanımda olması gerekmektedir. Yapılan çalışmada ürün yaşam döngüsü içerisinde kullanım süreçleri ve kullanım sonrası süreçleri daha iyi değerlendirmek için miselyum, kontrplakla birlikte diğer yaygın kullanımlı ahşap ürünlerini incelemek gerekmektedir.

Ahşap ürünlerden mobilya endüstrisinde yaygın kullanılan yonga levha ürünü, diğer adıyla sunta, lignoselülozik hammaddeden elde edilen yonga ve diğer küçük parçaların sentetik bir reçine veya yapıştırıcı ile ısı basınca tabi tutularak geniş ve büyük levhalara dönüştürülmesinden elde edilmektedir. Başka bir tanıma göre; *“TS EN 309’a göre ahşap odun parçalarından (odun parçaları, testere talaşı, rende talaşı) ve/veya keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, şeker kamışı ve odun parçalarından elde edilmektedir.”* (URL 42).

Mobilya endüstrisinde yaygın kullanım ahşap malzemelerden biri de MDF olmakla birlikte ISO 818’e göre; doğal olarak yapışma ve keçeleşme özelliğine sahip lignoselülozik liflerden oluşan kesiti 1,5 mm’den fazla olan homojen levhalar olarak tanımlanmaktadır. Bu lif levhalar bitkisel liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliği haricinde tutkal yardımıyla yapıştırılarak kurutulup preslenmektedir. Ek olarak, lif levhalar içerisinde MDF orta sertlikte bir levha olarak %9-11 gibi belirli bir rutubet derecesine dek kurutularak termosetting (sıcak katılaşılan) karakterli bir tutkalla üretilmektedir. Dünyada %90 oranında kuru halde en çok tercih edilen lif levha türü MDF anlam olarak orta yoğunluklu lif levhayı ifade etmektedir (URL 43). MDF liflerden oluşmasına bağlı avantaj olarak masif ağaç malzemeye eşdeğer olabilecek yüksek mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olmakla birlikte masif ahşaptan daha avantajlı olacak şekilde homojen direnç özelliklerine sahiptir.

Mobilya endüstrisinde yonga ve lif levhalar yoğun olarak kullanılmakta ve sahip oldukları özelliklere bağlı kullanımları belirlenmektedir. Örneğin MDF, kalın ağaç kalıntıları ve odunlardan oluşarak reçine ve tutkal ile birleştirilmesi ve yüksek ısı ve basınç ile preslenmesi sonucu üretildiğinden suntadan (yonga levhadan) çok daha yüksek

mekanik dayanıma sahip ve uzun ömürlüdür. Sunta (yonga levha) ise talaş ile üretilen bir ahşap üründür. Bu nedenle mekanik dayanım ve uzun ömürlülük gerektiren bileşenlerde MDF kullanımına daha sık rastlamak mümkün olmaktadır. Bunun dışında yonga levhalar tekrarlanarak montajlanabilecek özellikte olmayan demonte edildikten tekrar kurulumu zor ahşap ürünlerdir. Bu duruma bağlı mobilyaların özellikte bağlantı noktalarında yonga levha kullanımı yeniden montaj imkanını sınırlandırmaktadır. Ek olarak yonga levhalar darbe dayanımı düşük, ve sık kullanıma bağlı dağılma riski olan ahşap ürünler olmasına bağlı yük taşıyacak ürünlerde çoğunlukla tercih edilmemektedirler. MDF ise avantajları nedeniyle yonga levhaya oranla daha çok tercih edilmesine bağlı geniş kullanım alanına sahip bir ahşap üründür. MDF boya ile sınırsız renge sahip olurken yonga levhanın boyayı iyi emememe problemine bağlı renk seçeneği hazır kaplamalar ile kısıtlanmaktadır. Ayrıca MDF yapısal bütünlüğe sahip, oldukça pürüzsüz ve işlenebilirliği ve şekillendirme oranı yüksek bir malzeme olmakla birlikte ekolojik açıdan uyumluluk göstermektedir. Buna ek olarak, boyandığında ahşapla eşdeğer görümlü olan MDF, özellikle ağır yük taşıyacak yatak odası mobilyalarında sıklıkla tercih edilmektedir (URL 44).

Mobilya endüstrisinde yaygın kullanımlı bir diğer ahşap ürünü masif ahşaptır. Ağaç kesildikten sonrasında ham tomruktan çıkarılan kaplanmamış ve dolgu yapılmamış saf ahşaba masif ahşap adı verilmekte olup diğer suni ahşap türleri gibi yapıştırıcı ve dolgu içeriğinde bulundurmamaktadır. Bunun haricinde mobilya endüstrisinde masif ahşap kaplama ürünler de bulunmaktadır. Bu yöntem farklı ahşap türlerinden olan ürünlere son işlem esnasında yapılan kaplama olmakla birlikte mobilya üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir (URL 45).

Mobilya endüstrisinde kontrplak sürdürülebilir bir malzeme olarak bilinmesine rağmen daha sürdürülebilir ahşap ürünler bulunmaktadır. Örneğin sürdürülebilir olması nedeniyle tercih edilen doğal ahşap ürünü olarak masif ahşap, çevresellik açısından oldukça sürdürülebilir olmakla birlikte birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin masif ahşabın enine kesitlerinde nem farklılıklarına bağlı biçim bozuklukları görülürken MDF, sunta, kontrplak gibi tabakalı ahşap kompozitlerde bu tip sorunlarla karşılaşılmamaktadır (Görgün ve Ünsal, 2023).

Masif ahşap kaplama, iri ağaç kütüğünden elde edilen çok ince bir ahşap dilimdir. Ağacın kesilmesi, kurutulması, biçilmesi dışında bir işlem gerektirmeyen masif ahşap

kaplama MDF, sunta, kontrplak gibi ürünlerin dekoratif görünümü için son kat olarak kaplanmaktadır. El işçiliği gerektirdiğinden fabrikasyon ürünlerden yüksek maliyetlidir. Islak mekanlar hariç tüm mobilyalarda karşımıza çıkabilirken mutfak dolaplarında sıklıkla tercih edilmektedir (URL 45).

Masif mobilyalar kurutulduğu sürece oldukça uzun ömürlü olmaktadır. Kurutma süresi arttıkça artacak uzun ömürlülüğü için 1 yıl kurutma sonucu 15-20 yıl gibi bir kullanım ömrü olduğu söylenebilmekle beraber zımparalama ve inceltme işlemleri ile bu süre 250-300 yıla kadar çıkarılabilmektedir. Ayrıca masif mobilyaların tamamen ağaç kaynaklı olmasından kaynaklı kokuları rahatlatıcıdır. Bunun yanında masif mobilyalar el işçiliği ile üretildiğinden sınırsız tasarım olanağının yanın da üretimi oldukça çevreseldir. Masif ahşabın vida tutma gücü kompozit ahşaplara oranla daha yüksek olmakla birlikte bağıl nem $\frac{1}{2}$ 45-47 oranında bakteri, mantar ve böcek oluşumuna engel olarak alerji ve solunum rahatsızlıklarını azaltıcı etkide bulunurken hava sirkülasyonuna yardım ederek havayı temizlemektedir (URL 45).

Ancak, masif ahşabın da teknik durumlardan kaynaklanan dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin masif ahşap sıcak ve nemden aşırı etkilenmekte ve düzenli olarak bakıma gereksinim duymaktadır. Ayrıca masif ahşabın kullanımı çok ağır olmasına bağlı zor olmaktadır. Masif ahşabın leke tutma oranı ahşap kompozit ürünlere göre oldukça fazla olmakla birlikte yüzey temizleyicilere dayanıklılığı zayıftır. Ek olarak güneş, masif ahşaba zarar vererek doğal renk yapısını bozabilmekte olup sunta ve MDF'ye oranla daha çok temizlik gerektirmektedir (URL 45).

Bunların haricinde sehpa tasarımında kullanılan kontrplak oldukça yaygın kullanımı olmakla birlikte ahşap tüketimini minimize eden değişen boyutlarda, kalınlıklarda ve katman sayılarında üretilmesiyle kullanım kolaylığı bulunan bir ahşap ürünüdür. Minimum 3 ahşap levhanın birbirine dik gelecek biçimde tutkallanmasıyla yapıştırılarak preslenmektedir. Presleme işlemi tıpkı miselyumda olduğu ürünün mekanik dayanımını artırıcı etkide bir işlemdir. Kontrplak eldesi, ağaç kesimi, kabuklarının soyulması, ağaçların parçalara ayrılarak inceltilmesi, zımparalanması ve son olarak tutkal uygulaması ile yüksek basınca tabi tutularak preslenmesi süreci vardır (URL 46).

Maliyet açısından kontrplak masif ahşaba oranla daha ucuzdur ve masif ahşaptan çok daha az ağaç kesimi ile üretim yapılabilir. Aynı zamanda masif ahşapla aynı

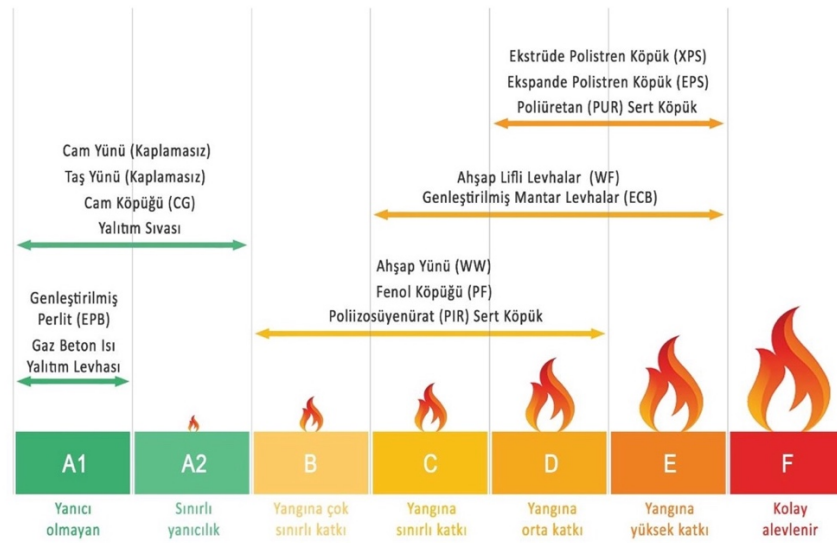
kalınlıkta levhalar mekanik yönden karşılaştırıldığında kontrplak çok daha sağlam bulunmaktadır. Kontrplak diğer sunta ve diğer yaygın kullanımlı ahşap ürünü olan MDF ile kıyaslandığında daha fazla ahşap kullanımı daha az kimyasal içeriği ile karşılaşılmaktadır. Kontrplağın en büyük avantajı çekme ve şişme olasılığının bulunmamasıdır. Kontrplak doğal ahşap görünümüne sahip olmakla birlikte yüksek mekanik özellik ve çivi/vida tutunumu göstermektedir. Aynı zamanda hafifliği ile mobilya üretiminde kolaylıkla kullanılabilir. Asgari oranlı olarak emisyon ve partikül yaymasına bağlı insan sağlığına zararlı görülmemektedir (URL 47).

Yüzey temizliğinde kimyasallara karşı oldukça dayanıklı olup soğuktan etkilenmemektedir. Mobilyada suya dayanıklı marin kontrplak kullanılmakta ve çatlamaya dirençlidir. Kontrplağın olumlu özelliklerinin yanında bir takım negatif özellikleri de bulunmaktadır. Yüksek nemli ortamda nem tutma özelliği nedeniyle kullanımı zor olmaktadır. Düşük kalitede olan kontrplak ürünler kırılabilir ve çizilebilir olmalarına yüksek maliyetli işçilikle boya veya kaplamayı mecburi kılmaktadır. Yüzey pürüzsüzlüğü bakımından MDF ile karşılaştırıldığında, MDF kontrplaktan daha pürüzsüz olmakla birlikte raf gibi uzun boyuttaki tasarımlarda esnemeye bağlı kontrplak tercih edilmemelidir. MDF yönsüz bir yapıda olmasına bağlı kesme, delme ve işlemede başarıyla kontrplakta kenarlarda bu işlemler zor olabilmektedir. Estetik olarak tutkal katmanlarının görülmesi ve kesilip işlenmesi sırasında kırılmalar oluşabilmesi gibi sorunlar bulunmaktadır. Bir diğer dezavantajı ise MDF ve sunta göre daha maliyetli olması ve sert yapıda bulunmasına karşın MDF ve sunta göre işlenmesi zordur. Mobilya endüstrisinde en büyük dezavantajı yangın geciktirici türlerinin kimyasal işlemle geçirilerek üretilmesidir. Yangın geciktiriciler kimyasallar solvent bazlı olup düşük yanma hızı, zamana göre düşük alev penetrasyonu, düşük duman düzeyi, su geçirmeyen ısı ve ışık dayanıklılığına sahiptirler. Tüm bu dezavantajlarına rağmen kontrplak kullanım sonrası süreçlerde atıl durumdayken boyanarak yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürme özellikleriyle sürdürülebilir bir ahşap ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (URL 47).

Kullanım ve kullanım sonrası süreçlerde miselyum malzemeyi değerlendirilmek adına literatür bilgilerine başvurulduğunda kullanım sonrası süreçlerde malzeme yoğunluğunun düşük olması önemli olmaktadır. Düşük yoğunluk ile mantar üretimi için

substratın kalıba orta kısmında büyük parça boyutlarıyla ve düzensiz, yüzeye yakın bölümlerde ise daha küçük ve sık olarak yerleşimi yüzeylerin tam kapanması sağlanmaktadır (Kutbay ve diğ., 2022). Bu yönüyle mobilya üretiminde de büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu nedenle, miselyum düşük yoğunlukla üretilebilmekte ve kullanım sonrasında biyobozunma süreci kolaylaşmaktadır.

Miselyumun kullanım sürecinin karşılaştırılması için bazı bulgulardan yararlanılmıştır. Bu bulgular arasında malzeme yoğunluğu, su alma ve suda kalmaya bağlı şişme oranları, eğme, basma, çekme ve yanma testleri bulunmaktadır. Tüm testlerde substratı oluşturan hammaddeye göre test sonuçlarının değiştiği görülmüştür. Su alma testlerinde miselyumun boşluklu yapısına bağlı değiştiği gözlenmiş olup bu sürenin oldukça yavaş olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Su çekme hızının yavaşlığı miselyumun iç yapısını koruyabildiği bilgine ulaşılmış olup su içerisinde düşük yoğunluğa bağlı yüzdüğü sonucuna varılmıştır. Suda kalma süresi 24 saat sonrasında arttıkça, zamanla su çekerek ağırlaştığı görülmüştür. Çalışmada geliştirilen malzemenin tam kuru halde yoğunluğu 0,076-0,093 g/cm³ olup elde edilen sonuçlara bağlı olarak miselyumun kalıplama süresinin meyve vereceği ana dek sürdürülmesinin nihai malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine katkısının büyük olduğunu göstermektedir. Ar-Ge niteliğinde gerçekleştirilen bu testlerde her 3 malzeme de yanma açısından TS EN ISO 13501-1 standartlarına göre E grubunda bulunmaktadır (Kutbay, 2022).



Şekil 48. Sınıfların yangına katkı düzeyleri ve ısı yalıtım malzemelerinin yangına tepki sınıfları (Kutbay, 2022)

Kutbay (2022) tarafından yürütülen çalışma verileri doğrultusunda *Pleurotus ostreatus* mantar türüne ait miselyumun buğday samanı üzerinde geliştirilmesiyle malzeme elde edilirken farklı miselyum ve substrat türlerinden olumlu bir sonuç elde edilememiştir. Çalışmada kültür oluşturma, saldırma, kalıplama ve fırınlama aşamalarından geçirilen malzemeler, kalıplama aşamasında farklı gelişim süreleri verilerek farklı 3 farklı yoğunlukta üretilen malzeme mekanik ve fiziksel yönden karşılaştırılmıştır. Farklı kalıplama eşit fırınlama süreleriyle oluşturulmuş 3 farklı yoğunlukta biyokompozitin karşılaştırılması incelenerek test sonuçları aşağıda verilmiştir. Kalıplama süresi POS 1, POS 2 ve POS 3 numuneleri için sırasıyla 32, 36 ve 40 gün olarak uygulandığı bilinmektedir (Kutbay, 2022).

Tablo 11. Su Alma Oranları (Kutbay, 2022)

| Malzeme grubu | M _K (g) | M _{S2} (g) | p ₂ (%) | M _{S24} (g) | p ₂₄ (%) |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| POS1 | 9,88 | 64,47 | 552,5 | 65,07 | 558,6 |
| POS2 | 9,91 | 72,52 | 631,7 | 73,28 | 639,4 |
| POS3 | 8,29 | 62,85 | 658,1 | 64,53 | 678,4 |

Tablo 12. Suda Kaldığında Şişme Oranları (Kutbay, 2022)

| Malzeme grubu | T _K (mm) | T _{S2} (mm) | q ₂ (%) | T _{S24} (mm) | q ₂₄ (%) |
|---------------|---------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| POS1 | 10,75 | 11,125 | 3,48 | 10,5 | -2,32 |
| POS2 | 9,625 | 10,375 | 7,8 | 9,875 | 2,5 |
| POS3 | 10,0 | 10,25 | 2,5 | 9,5 | -5 |

Tablo 13. Çekme Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| | Maksimum Gerilme Geriliminde Yük (N) | Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa) |
|------|--------------------------------------|--------------------------------|
| POS1 | 0.921 | 0.00614 |
| POS1 | 2.106 | 0.01404 |
| POS1 | 2.106 | 0.01404 |
| POS2 | 3.291 | 0.02194 |

| | | |
|------|-------|---------|
| POS2 | 3.686 | 0.02457 |
| POS2 | 3.949 | 0.02633 |
| POS3 | 3.949 | 0.02633 |
| POS3 | 5.002 | 0.03422 |
| POS3 | 5.792 | 0.03861 |

Tablo 14. Eğme Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| | Kopmada Gerilme Gerilmesi (Standart) (%) | Gerilme Mukavemetinde Gerilme Gerilmesi (MPa) | Gerilme Mukavemetinde Eğilme Yüğü (N) |
|------|--|---|---------------------------------------|
| POS1 | 46.113 | 0.040 | 0.906 |
| POS1 | 19.814 | 0.041 | 1.009 |
| POS1 | 29.803 | 0.033 | 0.853 |
| POS2 | 22.940 | 0.070 | 1.325 |
| POS2 | 25.750 | 0.047 | 1.466 |
| POS2 | 37.313 | 0.045 | 1.564 |
| POS3 | 55.929 | 0.041 | 1.747 |
| POS3 | 26.896 | 0.049 | 1.849 |
| POS3 | 51.420 | 0.062 | 2.634 |

Tablo 15. Basma Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| | Maksimum Basınç Gerilmesindeki Yüğü (N) | Maksimum Basınç Gerilimi (MPa) | Maksimum Basınç Gerilimi (%) |
|------|---|--------------------------------|------------------------------|
| POS1 | -100.02556 | 0.40103 | 67.75652 |

| | | | |
|------|------------|---------|----------|
| POS1 | -100.00160 | 0.40093 | 69.66690 |
| POS1 | -100.00400 | 0.40094 | 70.30496 |
| POS2 | -100.00966 | 0.40096 | 74.37456 |
| POS2 | -100.05218 | 0.40113 | 73.91399 |
| POS2 | -100.02370 | 0.40102 | 77.08681 |
| POS3 | -100.02392 | 0.40102 | 81.52820 |
| POS3 | -100.00921 | 0.40096 | 84.41667 |
| POS3 | -100.03896 | 0.40108 | 84.71788 |

Tablo 16. POS1 Yanma Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi | Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Numune No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Numunenin tutuşma durumu | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi | - | - | - | - | - | - |
| Filtre kağıdı tutuşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır |

Tablo 17. POS2 Yanma Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi | Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Numune No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Numunenin tutuşma durumu | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi | - | - | - | - | - | - |
| Filtre kağıdı tutuşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | |

Tablo 18. POS3 Yanma Testi Sonuçları (Kutbay, 2022)

| Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi | Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Numune No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Numunenin tutuşma durumu | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet | Evet |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır |
| Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi | - | - | - | - | - | - |
| Filtre kağıdı tutuşma durumu | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır |

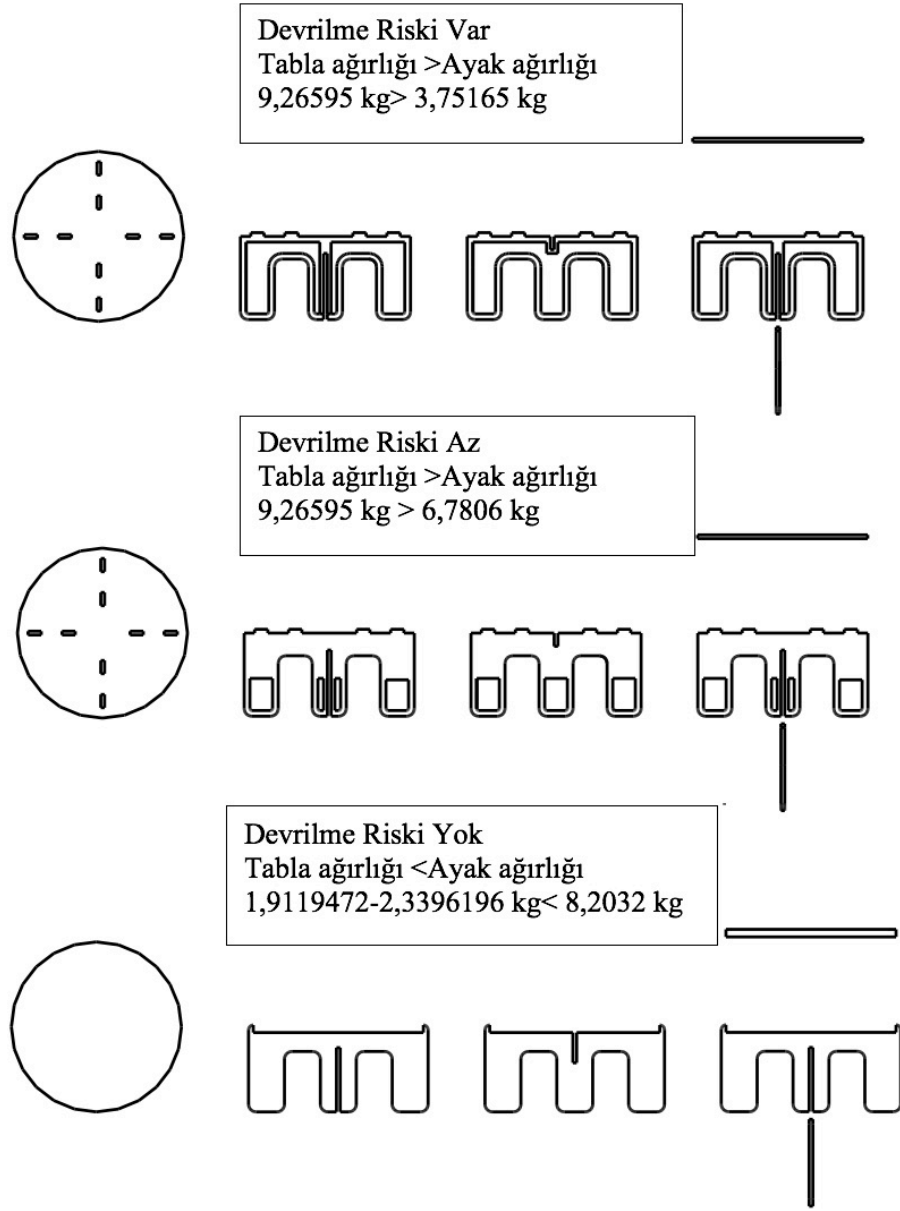
Miselyum gıda endüstrisinde de kullanılan bir malzeme olduğu için sehpa konut içerisinde orta sehpa olarak kullanımı sağlık açısından uygun olmaktadır. Miselyumla üretilen tabla için plakalarda üretilerek kesildiği belirtilmiş olmasına karşın kalıp sehpa tablasının formunda olduğunda kesme işlemine gerek kalmamaktadır. Böylece malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinde herhangi zayıflama olmadan üretilmiş olacaktır. Ek olarak, CNC için harcanan enerji kullanılmamış olacaktır. Parçaların birleştirilmesinde herhangi yapıştırıcı kullanılmaması her 3 tasarım alternatifi açısından avantaj olmakla birlikte kontrplağın üretim aşamasında formaldehit içeren yapıştırıcı kullanımı söz konusudur.

Bir diğer önemli husus ise miselyumun doğal bir malzeme olmasına üretim aşamasında bakterilenme gibi bir sorunla karşılaşılabilmesidir. Bu nedenle üretime başlamadan sterilizasyon işlemi iyi yapılmalıdır. Her 3 sehpa modeli Tablo 19’da görüldüğü gibi de az parça ve az hammaddeden oluşması nedeniyle çevreseldir. Strüktürlerin birleşimleri oldukça açık okunur ve basit olup herhangi bir montaj desteğine ihtiyaç bulunmamaktadır.

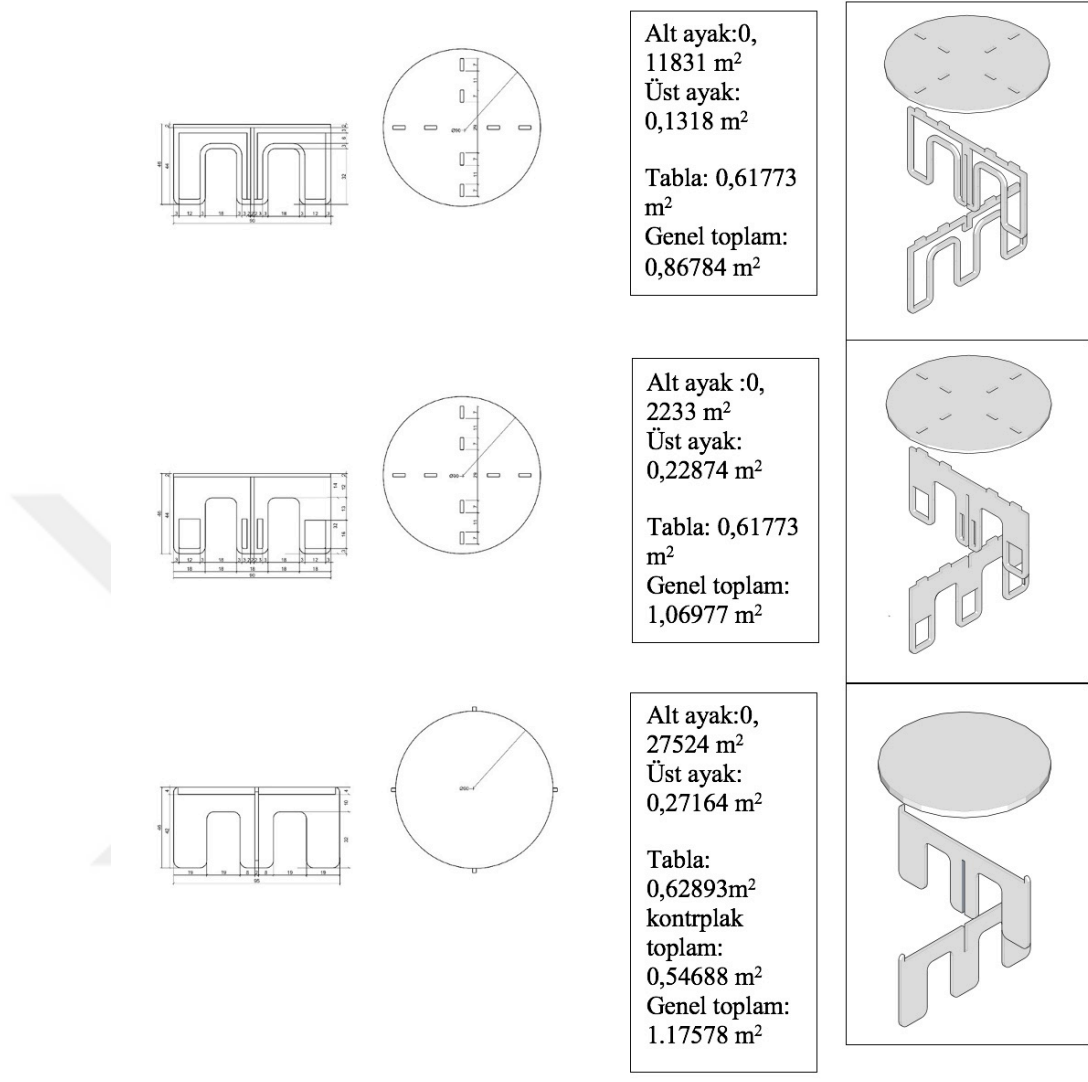
Bileşenler ve ürünler oldukça ergonomik ve güvenli tasarlanılarak düşme ve çarpma bağlı kazalar minimize edilmeye çalışılmıştır. Vida, pim, ve zor birleştirme tercih edilmeyerek montaj ve demonte kolaylaştırmak istenmiştir. Kontrplak doğal haliyle kaplamasız son derece az kimyasal içermektedir. Şekil 49’da tasarlanılan sehpa alternatifleri bileşenlerin ağırlıkları hesaplanarak ağırlık yönünden değerlendirilmiştir.

Tablo 19. Özgün Sehpa Tasarım Alternatiflerine Ait Strüktür Bilgileri

| Özgün Sehpa Alternatifleri | Bileşen Sayısı | Bağlantı Türü Sayısı | Bağlantı Sayısı | Malzeme Türü sayısı | Kullanılan Kontrplak Hammadde Miktarı |
|--|----------------|----------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------|
| Kontrplak Sehpa Tasarımı 1 (Sehpa ayaklarının boşaltıldığı örnek) | 3 | 2 | 2 | 1 | 0,86784 m ² |
| Kontrplak Sehpa Tasarımı 2 (Sehpa ayaklarının kısmen boşaltıldığı örnek) | 3 | 2 | 2 | 1 | 1,06977 m ² |
| Miselyum/Kontrplak Sehpa Tasarımı | 3 | 2 | 2 | 2 | 0,54688 m ² |



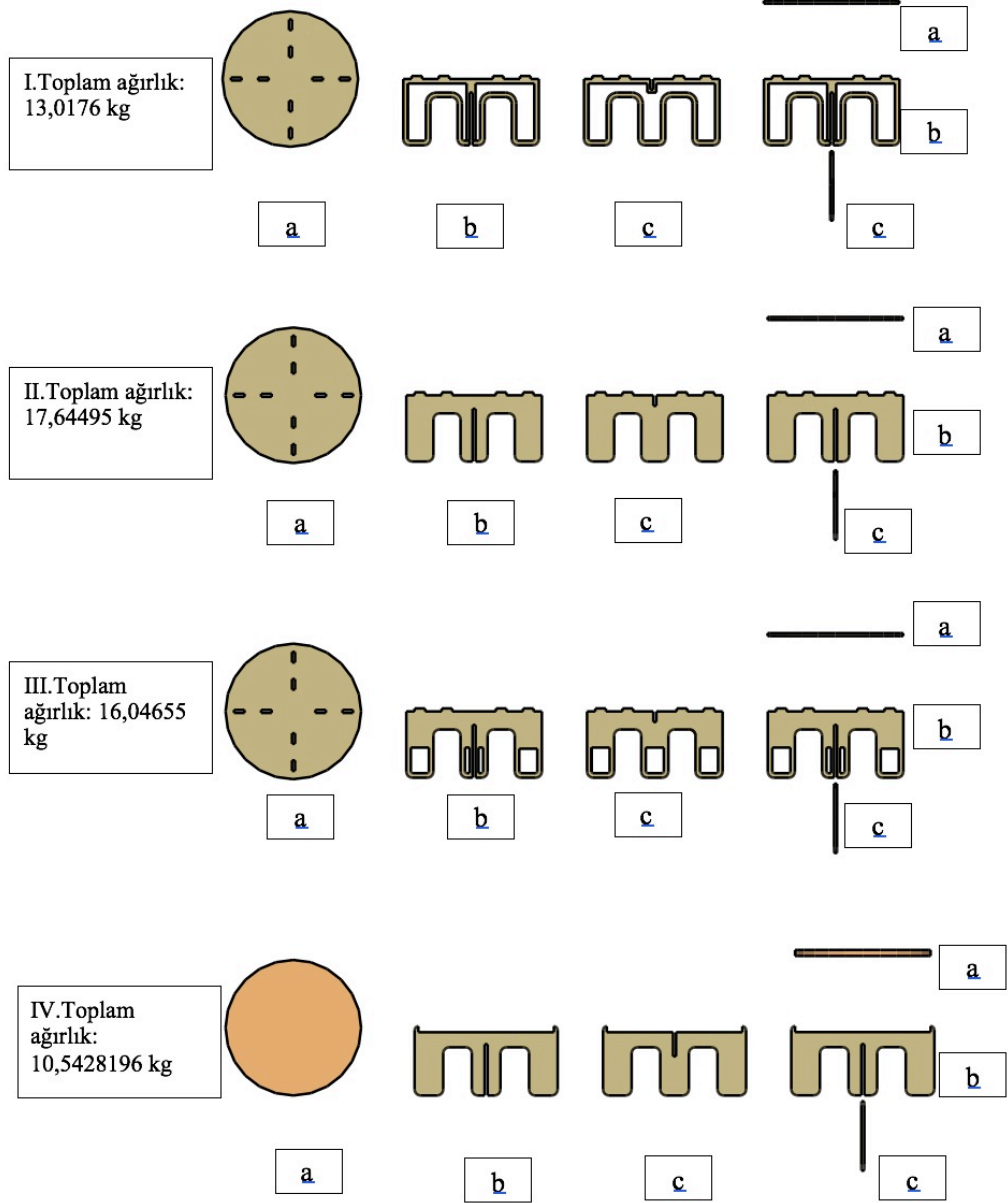
Şekil 49. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerin ağırlıklarına bağlı karşılaştırılmalı devrilme riskleri



Şekil 50.Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının karşılaştırılmalı ortografik çizimleri CNC tezgah üzerinde ve plastik kalıp üzerindeki alanları

Şekil 50’de solid olarak verilen explode görünümünün sehpa bileşenlerinin bağlantı noktalarının daha iyi okunması adına wireframe olarak Şekil 49’da görüldüğü gibi tamamen kontrplak tasarımların interlock ederek kenetlendiği görülürken miselyum ile tasarımda daha farklı bir birleşim yapılarak miselyum sehpa tablası üzerinde açıklık oluşturulmamıştır. Bu birleşim şekli miselyum gibi hafif bir malzemede sorun yaratmazken kontrplak daha ağır olduğundan güvenlik açısından sorun yaratabilmektedir. Bu noktada, denge ve ağırlık stabiliteyi sağlamak açısından önemli olurken üretimi gerçekleştirilmemiş bu sehpa modellerinin ağırlıkları tabaka olarak alınan kontrplak

ağırlığı ile hesaplanan alanlar (Bknz Şekil 50) üzerinden toplam ağırlıkları ve tasarım alternatiflerinin montaj şeması (Bknz Şekil 51) aşağıda görülmektedir.



Şekil 51. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının bileşenlerinin karşılaştırmalı

olarak parçaları ve montaj şeması

I. Ayakları boşaltılmış kontrplak tasarım

II. Ayakları dolu kontrplak tasarım

III. Ayakları kısmi boş kontrplak tasarım

IV. Ayakları dolu kontrplak, tablası miselyum tasarım

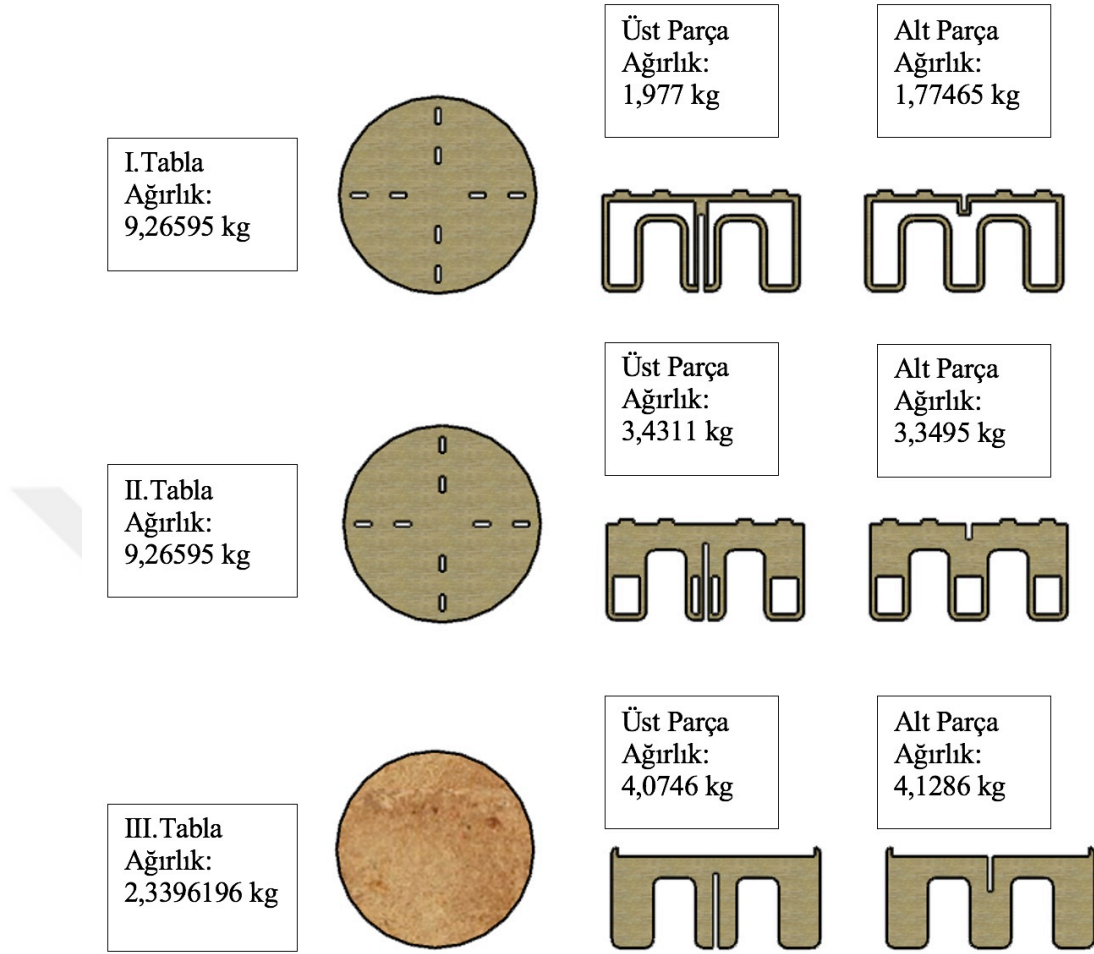
Konut iç mekanında yaşam alanında orta sehpa olarak tasarlanan mobilya ürünü için öncelikle olarak ahşap kompozitler içerisinde sürdürülebilirliği ile öne çıkan kontrplak malzeme tercih edilmiştir. Kontrplak malzeme ile tasarlanan sehpa tasarımında tabla ağırlığının ayak ağırlığından çok daha yüksek olması sebebiyle denge ve stabilite açısından uygun olmadığından tasarımın kullanılmayacağına karar verilmiş ve bu tasarım alternatifinden vazgeçilmiştir. Sonrasında, tasarımda denge ve stabiliteyi artırmak amacıyla ayak kısmında oyulan alanlar kapatılmıştır. Sehpa ayaklarında boşluk bırakılmadığında (dolu formu sehpa ayakları kullanıldığında) ise toplam ağırlık **17,64495 kg** olmaktadır (Bknz. Şekil 51.). Bu noktada ise toplam ağırlık ergonomik taşıma ölçütlerinin üzerine çıkarak kullanım zorluğu yaratacağından tasarımdan vazgeçilmiştir. Sonrasında ise tasarım ergonomi ölçütleriyle revize edilerek dolu formu kısımlarda kısmi olarak oyuklar açılmıştır.

Ayak bileşenleri üzerindeki oyulan kısımlar kısmi olarak kapatıldığında (sehpa ayaklarında, hafiflik sağlamak amacıyla kısmi oyuklar açılmıştır) toplam ağırlık **16,04655 kg** değerine indirilmiştir. Ancak bu ağırlık da ergonomik kullanım ölçülerinin üzerinde bulunmaktadır (Bknz. Şekil 51.).

Ayrıca tasarımda halen tabla ağırlığı ayak ağırlığından yüksek olması sebebiyle devrilme riski bulunmaktadır. Bu nedenle tabla ağırlığını ve toplam ağırlığı azaltabilmek ve daha sürdürülebilir bir malzeme kullanmak amacıyla miselyum malzeme tercih edilmiştir (Bknz. Şekil 51.).

Miselyum malzeme entegre edildiği takdirde ağırlık ile ergonomik problemler ortadan kalkacağı için sehpa ayaklarında açılan açıklıktan vazgeçilmiştir. Çünkü bu uygulama CNC ile kesimde ek enerji gerektireceği için sürdürülebilirliğe negatif etki oluşturacaktır. Ayrıca çalışmalar ilerledikçe tasarım geliştirilerek ayaklarının da miselyumla üretilebilmesi üzerinde durulmaktadır.

Bu noktada sehpanın tabla bileşenini miselyum malzeme ile üreterek bileşen ağırlığı azaltılarak kullanım sınırları içerişimde **10,5428196 kg** gibi bir değere indirilmesi sağlanmıştır. Tasarım yeni malzemeye göre biçimlendirilerek ayak bileşeni ve tabla bileşeni tasarımı yeni malzemeye göre revize edilmiştir (Bknz. Şekil 51.).



Şekil 52. Tasarlanan sürdürülebilir sehpa tasarımlarının karşılaştırmalı olarak bileşenlerinin malzeme atanmış görünümü ve ağırlıkları

- I. Ayakları boşaltılmış kontrplak tasarım
- II. Ayakları kısmi boş kontrplak tasarım
- III. Ayakları dolu kontrplak, tablası miselyum tasarım

Miselyum ürünü, kullanım sonrası biyobozunma özelliği sayesinde çevredeki diğer organizmaların gelişimi için doğal kaynak olabilmektedir (Attias ve diğ., 2017). Bu özelliği kullanım sonrasında atıl duruma gelmek yerine biyobozunma süreci sayesinde beşikten mezara yaşam döngüsü modeliyle yeniden hammadde olarak kullanılmasa da bir başka canlı için besin kaynağı olma süreci bulunmaktadır. Bunun haricinde miselyumun üretiminde kullanılan tarım artıkları ve diğer atıklar substrat olarak

kullanılarak atıkların işlevlendirilmesi durumuna bağlı bir geri kazanım söz konusu olmaktadır.

Miselyum bazlı biyokompozitlerin kullanım nedenleri arasında substratın değerlendirilmesi, miselyumun büyürken atmosferdeki karbondioksiti depolaması, gıda endüstrisinde kullanılan malzemelere uygulanabilme, geri dönüşüm yerine petrol esaslı plastiklere olan ihtiyacın azalması gibi nedenler bulunmaktadır. Ayrıca değişen estetik özellikler ve düşük üretim maliyeti yanında substratın düşük karbon izine sahip olması bolluk, süreklilik, tedarik edilebilirlik ve kullanılabilirlik gibi nedenler bulunmaktadır (Sydor ve diğ., 2022).

Mantar türünün, miselyum kompozit malzemelerin homojenliğini ve fungal yüzey kalınlığını etkilediği; fungal yüzeyin ise miselyum kompozitin mekanik davranışını etkilediği ve su direncini artırdığı görülmüştür. Saman bazlı miselyum kompozitler pamuk bazlı olanlara oranla daha sert ve neme daha az dayanıklı olduğu; sıcak preslemenin miselyum kompozit malzemenin homjenliğini, gücünü ve sertliğini artırdığı gözlenmiştir. Sıcak preslenmiş miselyum malzemenin mantar ve ahşap gibi doğal doğal malzemelerle benzer yoğunluğa ve elastisite modülüne sahip olduğu belirlenmiştir (Kutbay, 2022). Miselyum bazlı kompozitlerin teknolojik üretim zorlukları ortadan kalkabilmesi için mukavemetine önem verilip özellikle yoğunluğunun artışı ve homojenize bir iç yapı eldesi sağlanmalıdır (Sydor ve diğ., 2021).

Normal kontrplağın tablası kullanım dışı kaldığında ayak kısmı kesilerek az hammadde kullanılmış kontrplak sehpa ve miselyum tabla kullanım dışı kaldığında ayak kısmı kesilerek daha az yükseklikte diğer tasarım alternatifleri için hammadde kaynağı olduğu görülmektedir. Geri dönüşerek geri dönüştürülmüş ahşaptan da tekrar sehpa tabla ve ayakları üretilebilirken talaş halindeki ahşap miselyuma bağlayıcı atık olabilmektedir.

BÖLÜM ALTI

BULGULAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışması kapsamında çeşitli biyomalzeme ve ahşap ürünlerinin kullanım alanları araştırılmış mobilya özelinde kullanılan türlerin üzerinde durulmuştur. Ahşap ürünler içerisinde daha az yoğunlukta ağaç içeriğine sahip ahşap kompozitlerin sürdürülebilirlik açısından mobilyada kullanımı uygun bulunurken, kontrplak malzemenin üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçlerde maliyet, iç mekan hava kalitesine katkı ve işlenebilirlik gibi nedenlerle avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Ancak kontrplağın üretiminde az yoğunluklu olsa da kullanılan ağaç, üretimde formaldehit içeren yapıştırıcı kullanımı ve yangına dayanım için kullanılan çeşitli kimyasallar, çevresel açıdan tam olarak sürdürülebilir olmamaktadır. Ek olarak, CNC ile kesimde ürün kenarlarda yaşanan yüzey deformasyonları, yüksek maliyet, yüksek ağırlık ve yoğunluğunun değiştirilemezliği bazı mobilya tasarımlarında sorun yaratabilmektedir. CNC kesimi sırasında harcanan enerji de üretim maliyetini arttırmakta ve bu enerji tüketimi, ekonomik sürdürülebilirliği etkilemektedir.

Buna karşın, miselyumla üretim birçok yönden daha sürdürülebilir olmaktadır. Öncelikle, tasarıma uygun kalıp seçildiğinde CNC ile kesime gerek kalmayarak sınırsız geometrik çeşitlilikte üretim yapılabilmektedir. Miselyumla üretimde substrat parça boyutu ve dizilimi değiştirilerek istenen yoğunlukta üretim yapılabilmektedir. Özellikle yüzeylerin sık, orta bölümün daha seyrek olduğu düşük yoğunlukta üretim ile sürdürülebilir bir malzeme üretilerek kullanım sonrası süreçte biyobozunma kolaylığı mümkün olmaktadır. Miselyum beşikten mezara yaşam döngüsü modeline sahip olduğundan kullanım sonrası süreçte biyobozunmaya uğrayarak yok olmaktadır. Miselyumlu ürünlerin üretim sürecinde, substrat olarak kullanılan malzemelerin birçoğu tarımsal artıklardan oluştuğu için doğal atıklar değerlendirilmektedir. Miselyumun üretim sürecinde herhangi bir kimyasal eklenmemesi nedeniyle VOC içermemektedir. Üretim aşamasında boyama sürecinde gıda boyası kullanıldığı için sağlığa zararlı bir etkisi yoktur. Üretim aşamasında substrata pirinç kabuğu ve cam parçacıkları eklendiğinde herhangi bir kimyasal içermeden yangına dayanım özelliği elde edilmektedir. Böylece

çevresel açıdan sürdürülebilir olmaktadır. Ek olarak, substrata katkı yapılarak mekanik dayanım ve fiziksel özellikler artırılabilir.

Kontrplak yüksek yoğunluğu nedeniyle ağır bir malzemedir ve yoğunluğu sabit olduğundan tasarıma göre optimizasyonu zordur. Kontrplak geri dönüştürülebilen ve boyanarak yeniden kullanılabilen bir malzemedir. Ancak boyandığında zararlı kimyasallar içerdiği için emisyon yayılımı artabilmektedir. Bu da tasarımda renk kısıtlanması yaparak yalın haliyle kullanıma itmektedir.

Miselyum ise destekleyici bir yapıyla güçlendirilmiş olarak oturma elemanları gibi yüksek mekanik dayanım gerektiren ürünlerde kullanılabileceği gibi geri dönüştürülmüş ahşapla birlikte ek bir yapı olmadan da tasarlanabilmektedir. Çalışmada yüksek mekanik dayanım gerektirmeyen konut iç mekanında orta sehpa olarak kullanılabilecek bir mobilya ürünü tasarlanmıştır. Bu noktada, masa tablası miselyum ile üretilerek özellikle tasarıma çeşitlilik kazandırılmış ve hafifliğe bağlı kolay kullanım olanağı sağlamıştır. Ayrıca kırmızı renk opsiyonunun tasarıma adapte olmasıyla miselyumun estetik dezavantajları minimize edilemeye çalışılırken, biyomimikri yaklaşımı da hem renk hem de formla tasarıma entegre edilmeye çalışılmıştır.

Sadece bir bileşeni miselyum ile üreterek tasarlanan endüstriyel mobilya ürününün emisyon yayılımı ve ağırlığı kesin olarak azalmış maliyeti ise istenen mekanik ve fiziksel özelliklere bağlı değiştiği gözlenmiştir. Örneğin, istenilen mobilya bileşenine göre seçilecek mantar türüne bağlı olarak değişebilecek substrat, büyüme sürecindeki ortam şartları, fırınlama ve sterilizasyon koşulları değişmektedir. Tüm bu değişkenler, oluşacak nihai ürünün mekanik ve fiziksel özellikleriyle birlikte maliyetini de etkilemektedir.

Miselyumun bakteri oluşturmadan büyümesi için ekim aşamasından önce sterilizasyonu ve ticari ürün olarak kullanımını için kalıplama sonrası fırınlaması gerekmektedir. Fırınlama, mantar büyümesini durduran bir uygulama olmakla birlikte mantar türüne bağlı değişiklik göstermektedir. Fırınlama aşaması yapılmazsa mantar meyve vermeye başlayacak olup bu istenmeyen bir durumdur. Yüksek mekanik ve fiziksel özellikler için mantarın kalıplama aşaması, meyve verme sürecine çok yakın olarak tamamlanmalıdır. Bununla birlikte, kalıptan çıkarılan miselyum kesilirse yüzeylerdeki yüksek mekanik ve fiziksel özellikler kesilen bölgelerde gözlenmemektedir.

Bu nedenle, mekanik dayanım sağlanması amacıyla, bu sehpa tasarımında ürün kalıp içerisinde üretilmiş ve kesim yapılmamıştır.

Optimum seviyede mekanik ve fiziksel özellikler için miselyumun fırınlanma sonrası preslenmesi gerekmektedir. Sıcak preslemede soğuk preslemeye oranla çok daha yüksek, neredeyse ahşap ürünler ile eşdeğer sonuçlar alınmıştır. Bu işlemlerin tamamı miselyum ile üretimin maliyetinde belirleyici olduğundan kontrplak ile miselyumu maliyet bakımından değerlendirmek oldukça değişken bir sonuç vermektedir. Mobilyada miselyum kullanımı, üretim ve kullanım kolaylığı açısından oldukça avantajlıdır. Maliyet açısından mantar türüyle ilgili literatür ve uygulama bilgisi yetersizliği nedeniyle kesin bir çıkarım yapılamamaktadır.

Formaldehit VOC kaynağı olmakla birlikte levhaların yapıştırılması amacıyla kullanılırken diğer kimyasallar da boya, çözücü, ahşap koruyucu olarak kontrplak üzerinde kullanılmaktadır. Yenileme ve bakım sırasında bu kimyasallarla daha fazla temas kurulmaktadır. Bu zararlı kimyasalların bazıları kontrplağın üretim aşamasında bazıları üretim sonrasında yüzey işlemleri olan boya, cila esnasında uygulanmaktadır. Bu işlemler bakım/onarım ve yeniden kullanım süreçlerinde tekrarlanarak kimyasal yayılımını artırmakta olup geri dönüşüm sürecini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple çalışmada, tasarımda kontrplak yüzey işlemi görmemiş haliyle kullanılarak miselyum malzeme ile karşılaştırılmıştır. Konut iç mekanı içerisinde oldukça zararlı olan bu kimyasalların solunması özellikle de çocuklu ailelerin kullanımı için çok daha büyük risk oluşturmaktadır. Bu nedenle kimyasal içeren renklendiricilere alternatif olarak gıda boyasıyla renklendirilebilen miselyum ürün kullanılabilir. Bunun haricinde geri dönüşüm kolaylığı için, tasarımda strüktür yapısının geri dönüşüme uyumlu olması ve kullanılan malzeme çeşitliliğinin az olması gerekmektedir.

Miselyum kompoziti mantar türüne göre değişmekte ve en bilinen tür *Pleurotus ostreatus* (istridiye mantarı) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu türe ait saman ile kompozit oluşturmuş biyokompozitlerin mekanik dayanım testleri ve mobilya uygulamaları literatürde bulunmaktadır. Miselyum saman ile biyokompozit oluşturup sıcak preslendiğinde mekanik ve estetik açıdan mobilyada kullanılacak ölçütlere ulaştığı, renklendirildiğinde ise estetik açıdan daha uygun bir görünüme ulaşarak kullanıcı beğenisi kazandığı anlaşılmaktadır.

Miselyum kompozitleri ile ilgili çalışmalar giderek artmaktadır ve özellikleri teknik açıdan mobilyada kullanımını desteklemektedir. Miselyum bazlı biyokompozitlerin bazı mantar türleri için 3D ile üretim imkanı bulunmaktadır. Örneğin Sarı İstridye mantarı (*Pleurotus citrinopileatus*) 3D ile üretim imkanı bulunan bir tür olmakla birlikte yeterli mekanik dayanım testleri bulunamaması nedeniyle mobilyada kullanımı risk oluşturmaktadır.

Kontrplak dışındaki ahşap kompozitler daha yüksek düzeyde kimyasal içermektedir. Masif ahşap doğal olmasına rağmen her yönde eşit mekanik ve kimyasal özelliğe sahip olmadığı için mobilyada kullanımı zorlu olmaktadır.



BÖLÜM YEDİ

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarlanan, gıda boyası ile renklendirilebilen orta sehpa ürünü hakkında çıkarımlar şu şekildedir;

- Seçilen hammaddeler miselyum ve kontrplak olmak üzere sürdürülebilir malzemelerden oluşmaktadır.
- Tasarım alternatiflerinde 1 ve 2 malzeme çeşidi kullanılarak ve kolay demonte edilebilirlik ile geri dönüşüm sürecinde karşılaşılabilecek zorlukların önüne geçilmiştir.
- Seçilen her 2 hammadde uçucu organik bileşen emisyonu yönünden iç mekan hava kalitesini bozmayacak uygunlukta olup kontrplak minimum düzeyde VOC içermekte, miselyum ise VOC içermemektedir.
- Tez çalışmasında gerçekleştirilen tüm tasarım alternatifleri oldukça minimal olarak yalnızca 3 parçadan oluştuğu için montaj, paketleme, nakliyede avantajlı olup geri dönüşüm süreciyle uyumludur.
- Tezde üretilen tasarım alternatifleri, düz paketlenabilirlik prensiplerine uygun, küçük enli bileşenlerden oluşarak paketleme ve nakliye sürecinde avantaj sağlamaktadır.
- Tasarım alternatiflerinde miselyum malzemenin kullanıldığı tasarımda tabla kalınlığının 2 katına çıkması, nakliye sürecini olumsuz etkilerken CNC tablası üzerinde sehpa ayaklarının kapladığı alanın azalması daha az ağaç kesimi ile daha fazla sehpa üretimi sağlamıştır.
- Kontrplak yüksek işlenebilirlik (CNC kesim) ve miselyum kalıpla üretim gibi endüstri ile uyumlu üretim avantajlarına sahiptir.
- Miselyum, önceden kullanılmış ve tarımsal atık olarak sınıflandırılan saman üzerinde büyürken, aynı tasarımda kullanılan kontrplak bileşenler, düşük ahşap yoğunluğu ile minimum ağaç kesimine yol açmaktadır. Böylece her 2 hammadde de çevresel açıdan farklı oranlarda sürdürülebilir olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Miselyumla üretimde geçmeli birleşim detayları oluşturmak, üretim ve montaj sürecini zorlaştıracığı ve mekanik dayanımı düşüreceği için tercih edilmezken kontrplak için kolaylıkla geçmeli birleşim strüktürel olarak tasarlanabilmektedir.
- Herhangi yapıştırıcı, vida, çivi gibi birleştirme elemanı tercih edilemeden, sadece birleşim detayı tasarımı ile mobilya üretimi yapılabilmektedir.
- Miselyumla tasarlanan sehpa, sehpa tablası miselyum olurken sehpa ayakları kontrplaktan tasarlanarak sürdürülebilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Ancak bu ayaklar geri dönüştürülmüş ahşap kullanımıyla çok daha çevreci bir ürün haline gelmektedir.
- Kontrplak miktarının tasarımda azaltılması, ürün ağırlığını azaltarak sürdürülebilirliği desteklerken üretim miktarını artırmamış ve sehpanın mekanik dayanımını teorik olarak azaltmıştır.
- Preslenmiş miselyum kompozitleri teknik açıdan geleneksel ahşap malzemelere benzer nitelikte bulunmaktadır. Üretim sürecinde fırınlamadan sonra yapılacak olan soğuk presleme, sıcak preslemeye oranla yeterince uygun nitelikte olmayıp yeterli mekanik özelliklere ve estetik ölçütlere sahip bulunmaktadır.
- Miselyum estetik açıdan renklendirilmemiş haliyle rahatsız edici his ve görünüm oluştururken renklendirildiğinde bu görünüm kamufle olmakta, kullanıcının benimseyebilirliği artmaktadır. Ek olarak presleme işlemi homojen görünüm elde etmede etkili olmaktadır sıcak preslemede yanık görüntüsü oluşabilmektedir.
- Tasarımların 3'ü de montaj ve demontaj açısından kolay olmakla birlikte, az parçaya sahip olması nedeniyle bakım ve onarımı da oldukça kolay olmaktadır. Tez çalışmasında yapılan tüm tasarımlar için yalnızca 2 aşamada tamamlanabilen bir montaj/demontaj süreci bulunmaktadır.
- Ayrıca kullanım sonrası süreçlerde, küçük hacimli olması ve benzer parçalardan oluşması, yeniden kullanım ve geri kazanım işlemlerinde kolaylık sağlamaktadır. Kullanım sonrasında, parçalardan biri, bir sonraki ürün için hammadde olabilmektedir. Miselyum/ kontrplak sehpa, kullanım sonrasında, tamamen kontrplak sehpa için ayak olabilmektedir.
- Çalışma mobilyanın çok bileşenli yapısına karşılık minimalist alternatifler oluşturarak geri dönüşüm ve yeniden kullanım süreçlerine odaklanmıştır.

- Miselyum/kontrplak ve kontrplak tasarımları ağırlık bakımından farklı nitelikte bulunmaktadır. Miselyum üretim aşamasında pirinç kabuğu ve cam parçacıkları eklenerek yangına dayanıklılık kazanabilmektedir. Ancak kontrplak, çeşitli kimyasallar ile yangına dayanıklılık kazanabilmektedir. Miselyum kompoziti VOC içermemektedir. Kontrplak düşük oranda VOC düzeyi içermektedir.

Yukarıdaki sonuçlar doğrultusunda miselyumun mobilya olarak sehpa ürününde kullanılmasında birtakım avantajlı sebepler bulunmaktadır. Özellikle teknik avantajların var olması miselyumun mobilya ürünlerine olan entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu teknik avantajlar miselyumun ahşapla eşdeğer nitelikte olmasında rol oynarken bazı özelliklerin ise ahşaptan çok daha üstün nitelikte olmasını sağladığı görülmektedir. Miselyumun sehpa ürününde tabla bileşeni olarak kullanılması, mekanik ve fiziksel yönden uygunluğu ve ayarlanabilirliği sayesinde kolaylaşmaktadır. Substrat değiştirilerek mekanik dayanım, yangına dayanıklılık ve özkütle artırılabilir. Sterilizasyon, büyütme ve fırınlama şartları da mekanik ve fiziksel özelliklerin nihai ürünlerdeki sonuçlarını değiştirmektedir. Sterilizasyon, büyütme ve fırınlama gibi üretim şartları ilgili mantar türüne göre değişiklik göstermekte olup bazı uygulamalarda aynı mantar türünde farklı üretim şartları altında farklı nihai ürünlerin oluşumu görülmüştür. Aynı zamanda, nihai ürünlerdeki değişiklik substrat farklılığından da kaynaklanmaktadır. Bu noktada elde edilen farklı ürünler mobilya endüstrisi açısından üretimde çeşitlilik yaratarak farklı mobilya bileşenlerine hammadde olmaktadır. Ayrıca sterilizasyon işlemi mantarın büyürken bakterilenmesini engellemektedir. Bu sayede, miselyum sehpa tablası olarak rahatlıkla kullanılabilirken, kullanım öncesi yapılan fırınlama işlemi de mantarın büyümesini durdurmakta ve bakteri oluşumuna da engel olmaktadır.

Tüm bu nedenlerle, bir biyomalzeme olarak miselyumun mobilyada kullanılması, üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçler açısından oldukça avantajlı olup; mantar türü, substrat, üretim koşulları, sterilizasyon ve denatüre yöntemleri (fırınlama teknikleri) uygun olduğu takdirde mobilya üzerinde yaratacağı bozulmalar da minimum oranda olmaktadır. Bu noktada, üretim yaparken, seçilen mantar türü ile ilgili literatür bilgileri iyi incelenerek uygun üretim ortamı oluşturulmalı ve üründe istenen mekanik dayanım ölçütleri için geçmişte yapılan mekanik test sonuçlarından yararlanılmalıdır. Ek olarak

tasarımda kullanılan hammadde miktarını azaltmak ürün ağırlığını düşürmek açısından sürdürülebilir olsa da mekanik dayanımı azaltabileceği için her zaman tercih edilmemektedir. Çalışmada, kontrplak sehpa alternatiflerinde hammadde azaltılsa da sürdürülebilirlik açısından yalnızca düşük ağırlık ölçütüne sahip olabilmiştir. Sürdürülebilirliğe dair miselyum kadar katkı sağlamamaktadır.



KAYNAKÇA

- Abdallah, Y. K., & Estévez, A. T. (2023). Biowelding 3D-printed biodigital brick of seashell-based biocomposite by pleurotus ostreatus mycelium. *Biomimetics*, 8(6), 504.
- Adamson, G., ve Pavitt, J. (2011). Postmodernism. *Style and Subversion, 1970-1990*.
- Ağcabay M, ve Düzenli A. Çatalhöyük Neolitik Dönem Güney Açmalarındaki Çöp Yığımlarının (1996-1998) Arkeobotanik Açından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 2001.
- Akgün, S. (2020). “İç Mekan ve Mobilya Kapsamında Akıllı Malzemelerin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.
- Aksakal, F. N., Vaizoğlu, S. A., ve Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri. *Sted*, 14(12), 268-272.
- Alemu, D., Tafesse, M., Mondal, A., (2022). “Mycelium-Based Composite: The Future Sustainable Biomaterial”, *International Journal of Biomaterials*, vol. 2022, Article ID 8401528, 12 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8401528>
- Alıcı, N. ve Dalkılıç, B. (2022). Usage of bio-based materials in indoor members İç mekân donatı elemanlarında biyo-esaslı malzeme kullanımı. 5. 325-346.
- Amobonye, A., Lalung, J., Awasthi, M. K., ve Pillai, S. (2023). Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. *Sustainable Materials and Technologies*, e00724.
- Andersson, F. (2022). Mycelium: Growing material experience: A study on improving the appearance of mycelium-composites through a material driven design process.
- Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., and Wösten, H. A. B. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64–71.

- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., ve Grobman, Y.J. (2017). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Barrere F., Mahmood T.A., de Groot K. ve van Blitterswijk C.A. (2008). Advanced biomaterials for skeletal tissue regeneration: Instructive and smart functions. *Materials Science and Engineering Research* (59) 38- 71.
- Başbuğ, P. (2016). “İç Mimarlıkta Mobilyanın Ürün Yönetimi Süreçleri Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.
- Boran Mercan, N. (2016). “Mobilyanın Yeniden Kullanımının Sürdürülebilirlik Bağlamında İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.
- Bumgardner, M. S., & Nicholls, D. L. (2020). Sustainable Practices in Furniture Design: A Literature Study on Customization, Biomimicry, Competitiveness, and Product Communication. *Forests*, 11(12), 1277.
<https://doi.org/10.3390/f11121277>
- Canbolat, T. (2019). Sürdürülebilir Mobilya Tasarımına Model Olarak Düz-Paketlenebilir Sökülebilir Strüktür Yaklaşımı. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 37-49.
<https://doi.org/10.35379/cusosbil.638465>
- Crochet T. *Designer’s Guide to Furniture Styles*, Pearson Education. New Jersey : s.n., 2004. s:4. 2004.
- Çınar, H., Döngel, N., Atar, M., ve Aydın, İ. (2016). Konutlarda Hava Kalitesini Etkileyen Kirleticiler ve Kullanıcı Memnuniyetinin Tespit Edilmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 9(3), 31-40.
- Deng, W., Lin, H., Jiang, M. (2023). Research on Bamboo Furniture Design for Sustainability). *Sustainability*, 15(11), 8832. <https://doi.org/10.3390/su15118832>
- Elsacker, E., Peeters, E., ve De Laet, L. (2022). Large-scale robotic extrusion-based additive manufacturing with living mycelium materials. *Sustainable Futures*, 4, 100085.
- Faidi, M. (2017). Feasability of Bacterial Cellulose in Furniture Design.

- Fleming, R. (1995). *Design Education For Sustainable Future*, pp.54-75, Routledge.
- Güneş, S., ve Demiraslan, D. (2020). Sürdürülebilirlik ve Mobilya Tasarımında Çevreci Yaklaşımlar. *Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 5(6), 81-99.
- Görgün, H. V., ve Ünsal, Ö. (2023). Yapısal Ahşap - Rutubet İlişkisi. *Bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*, 4(1), 53-63.
- Hench L.L. ve Wilson J. (1984). Surface active biomaterials. *Science*; (226):630- 636.
- Indir, G. (2019). “Mobilya ve İç Mekan Tasarımında Atık Malzeme Kullanımı Kullanımının Sürdürülebilirlik Bağlamında İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.
- Jones, M. P., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A. ve John, S. (2019). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials and Design*. 108397. 10.1016/j.matdes.2019.108397.
- Karaca, B. (2018). “Sürdürülebilir Mobilya Üretiminde Tasarımcı Bilinci Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.
- Kavalcı, G. (2011). *Zigon, Orta Sehpa, Fiskos: Bir Tasarım Ürünü Olarak Sehpalar Üzerinde Kullanıcı Odaklı Bir Çalışma* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kohphaisansombat, C., Jongpipitaporn, Y., Laoratanakul, P., Tantipaibulvut, S., Euanorasetr, J., Rungjindamai, N., ... ve Boonyuen, N. (2023). Fabrication of mycelium (oyster mushroom)-based composites derived from spent coffee grounds with pineapple fibre reinforcement. *Mycology*, 1-18.
- Koszevska, M., ve Bielecki, M. (2020). How to make furniture industry more circular? The role of component standardisation in ready-to-assemble furniture. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(3), 1688.
- Köksüz, A. (2019). Her alanda ergonomi. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 2(1), 3-24.
- Köymen Çağar, P., (2023). *Metalik Biyomalzemelerin İmplant Amacıyla Kullanımında Kalsiyum Fosfor Esaslı Biyoseramiklerin Kullanımı*. İksad Yayınevi, Türkiye.

- Krijgsheld, P., Montalti, M., ve Wösten, H. (2018). Fungal based biocomposite for habitat structures on the Moon and Mars. In *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC* (Vol. 2018, pp. 1-11). International Astronautical Federation, IAF.
- Kurtoğlu A. Mobilya Stillerinin Tarihi Gelişimi. İÜ, Orman Fakültesi Dergisi.1986, Cilt 19 (3): 70-81.
- Kutbay, N. (2022). “Miselyum ile geliştirilen biyokompozit malzemelerin analizi ve kullanım alanlarının değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı.
- Kutbay, N. H., Yavuzcan, H. G. ve Aktaş, S. (2022). Mantarın Bağlayıcı Olarak Kullanıldığı Bir Kompozit Malzemenin Üretilmesi ve Tutuşma Süresi ile Su Alma Özelliklerinin Tespiti. *Politeknik Dergisi*, 25 (4), 1701-1711. DOI: 10.2339/politeknik.943738
- Lee, T. ve Choi, J. (2021). Mycelium-composite panels for atmospheric particulate matter adsorption. *Results in Materials*, 11, 100208.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, New York: North Point Press.
- Mertoğlu, Ş., Karaca, C., ve Karaca, G. (2024). Sürdürülebilir Ürün Tasarımında Fungusların Kullanımı.
- Nguyen, M.T., Solueva, D., Spyridonos, E., ve Dahy, H. (2022). Mycomerge: fabrication of mycelium-based natural fiber reinforced composites on a rattan framework. *Biomimetics*, 7(2), 42.
- Nussbaumer, M., Van Opdenbosh, D., Engelhardt, M., Briesen, H., Benz, J. P. ve Karl, T. (2023). Material characterization of pressed and unpressed wood–mycelium composites derived from two *Trametes* species. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103063.
- Özçelik, Ö., ve Kaprol, T. (2017). Dar Mekan Perspektifinden Özgün Sehpa ve Sandalye Tasarımları. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 289-300.
- Özdamar, E., Ateş, M. (2018). Rethinking sustainability: A research on starch based bioplastic.

- Sarıay, E., Cörüt, A., ve Büyükakıncı, B. Y. (2023). Miselyum Kompozitlerinin Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 196-207.
- Söğüt, M. A. ve Kandemir, A. (2023). Biyomimikri Yaklaşımının Mobilya Tasarımında Sürdürülebilirlikle İlişkisinin İrdelenmesi. *Uluslararası İnsan Ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 8(4), 332-349.
- Sydor, M., Bonenberg, A., Doczekalska, B., ve Cofta, G. (2021). Mycelium-based composites in art, architecture, and interior design: a review. *Polymers*, 14(1), 145.
- Sydor, M., Cofta, G., Doczekalska, B., ve Bonenberg, A. (2022). Fungi in mycelium-based composites: usage and recommendations. *Materials*, 15(18), 6283.
- Tütüncü, D. (2011). *Mobilya tasarımını değerlendirmede kullanılan temel kriterlerin kullanıcı algısı açısından önceliklerinin belirlenmesi* (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi).
- United Nations. (1996). *Second International Conference On Human Settlements* (Habitat II). İstanbul: UN.
- Wang, Y., Liu, C., Zhang, X., Zeng, S. (2023). Research on Sustainable Furniture Design Based on Waste Textiles Recycling. *Sustainability*, 15(4), 3601. <https://doi.org/10.3390/su15043601>
- Winter, F. Depo dolu, Depo dolu!. *Domus Dergisi*. (1992).
- Wintermantel E., Mayer J., Blum J., Eckert K.L., Lüscher P. ve Mathey M. (1996). Tissue engineering scaffolds using superstructures. *Biomaterials*. (17), 83-91.
- Yıldırım, K., Yıldırım Kaya, N. N., Deli, İ., ve Gökbulut, N. (2021). Konut mekânlarında kullanılan mobilya aksesuar ve gereçlerinin kullanıcı memnuniyetine etkisi. *IDA: International Design and Art Journal*, 3(1), 17-24.
- Yılmaz, K. (2023). İç Mekanda Geçicilik Kavramının Karbon Ayak İzine Etkilerini Biyomalzeme Kullanımı ile Azaltma, *Modular Journal*, 6 (1), 66-87. DOI: 10.59389/modular.1136468
- Yüksel, E. (2008). “Ekolojik kapsamda malzeme ve mobilya tasarımına etkileri”, Doktora Tezi, İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.

İnternet Kaynakları

- [1] <https://www.dezeen.com/2015/01/19/jean-louis-iratzoki-first-bioplactic-chair-alki-polymer/> E.T.17.07.2023
- [2] <https://cevreonline.com/eko-tasarim/> E.T.25.09.2023
- [3] <https://www.yesilodak.com/yesil-mimarlik-ve-yesil-tasarim-nedir> E.T.05.02.2024
- [4] <https://www.baymak.com.tr/surdurulebilirlik-sozlugu/cevre-icin-tasarim> E.T.02.03.2024
- [5] https://www.homecrux.com/designer-creates-furniture-pieces-out-of-mushrooms/2632/#google_vignette E.T.18.11.2023
- [6] <https://www.molteni.it/magazine/ap/article/design-for-disassembly> E.T.11.10.2023
- [7] <https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik>
- [8] <https://haliccevre.com/ic-mekan-hava-kirliligi/> E.T.09.01.2024
- [9] <https://sozluk.gov.tr/> E.T.10.02.2024
- [10] <https://sozluk.gov.tr/> E.T.13.03.2024
- [11] https://tr.wikipedia.org/wiki/Ye%C5%9Fil_kompozitler E.T.17.02.2024
- [12] <https://worldbiomarketinsights.com/is-this-the-worlds-most-sustainable-bioplactic/> E.T.17.02.2024
- [13] <https://www.tdainteriors.com/articles/7-beautiful-and-sustainable-design-materials-made-from-waste-products> E.T.17.02.2024
- [14] <https://www.dezeen.com/2019/02/22/shellworks-bioplactic-lobster-shell-design/> E.T.17.12.2022
- [15] <https://www.newtab-22.com/press> E.T.15.10.2023
- [16] <https://theindexproject.org/award/nominees/6725> E.T.17.12.2023
- [17] <https://www.iom3.org/resource/making-concrete-from-seashells.html> E.T.14.11.2023
- [18] <https://www.trendhunter.com/trends/sea-stone> E.T.16.11.2023
- [19] <https://knife.media/sea-stone/> E.T.16.11.2023
- [20] <https://gucki.it/en/art-design-en/design-designers-en/sustainable-design-a-new-material-100-natural-made-from-seashells/> E.T.16.11.2023
- [21] <https://frameweb.com/article/best-of-waste-and-biomaterial-innovation-at-dutch-design-week-2019> E.T.17.12.2023

- [22] <https://www.ekoyapidergisi.org/en-populer-9-biyomalzeme-turu-ve-tasarimda-kullanimi> E.T.11.02.2024
- [23] https://tr.wikipedia.org/wiki/End%C3%BCstriyel_tasar%C4%B1m E.T.11.02.2024
- [24] <https://danielletrofe.com/the-work> E.T.05.11.2023
- [25] <https://design-milk.com/colorful-compostable-bioplastics/> E.T.01.12.2023
- [26] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mobilya> E.T.02.02.2024
- [27] <https://sozluk.gov.tr/> E.T.14.02.2024
- [28] <http://danielmichalik.com/> E.T.09.01.2024
- [29] https://www.builderonline.com/products/green-products/this-new-furniture-is-grown-from-mushroom-materials_o E.T.02.02.2024
- [30] <https://lampoonmagazine.com/article/2022/05/22/mycelium-ecovative/> E.T.11.02.2024
- [31] <https://www.3dnatives.com/en/samorost-mycelium-based-3d-printed-furniture-190120246/> E.T.16.03.2024
- [32] <https://www.gsd.harvard.edu/project/mycelium-stool/> E.T.15.03.2024
- [33] <https://bigumigu.com/haber/tasarimcilar-icin-doga-dostu-modelleme-kiti/> E.T.12.02.2024
- [34] <https://grow.bio/blogs/grow-bio-blog/giy-mushroom-furniture-with-tom-sippel> E.T.12.02.2024
- [35] <https://www.homecrux.com/ecovative-unveils-revolutionary-mushroom-derived-furniture/57824/> E.T.17.11.2023
- [36] <https://www.dezeen.com/2012/03/06/xylinum-by-jannis-hulsen/> E.T.14.11.2023
- [37] <https://www.homecrux.com/ecovative-unveils-revolutionary-mushroom-derived-furniture/57824/> E.T.15.11.2023
- [38] <https://www.novakid.com.tr/blog/cocuk-masasi-icin-en-iyi-sandalye-nasil-secilir/> E.T.09.01.2024
- [39] <https://www.tse.org.tr/> E.T.25.01.2024
- [40] <https://www.fikir.gen.tr/mantarlar-alemi-ve-ozellikleri-mantarlarin-biyolojik-ve-ekonomik-acidan-onemi/> E.T.25.01.2024
- [41] <https://www.makaleler.com/sapkali-mantarlar> E.T.25.01.2024
- [42] <http://yomsad.org.tr/yonga-levha-nedir/> E.T.17.01.2024
- [43] <http://yomsad.org.tr/lif-levha-mdf-nedir/> E.T.15.01.2024

[44] <https://camsanordu.com/blog/mdf-ve-yonga-levha--sunta--arasindaki-farklar>

E.T.18.01.2024

[45] <https://www.hemel.com.tr/masif-ahsap> E.T.19.01.2024

[46] <https://www.kontrplak.gen.tr/kontrplak-yonga-levha.html> E.T.20.01.2024

[47] <https://egekontrplak.com/kontrplak-nedir-ve-nerelerde-kullanilir/> E.T.17.01.2024



EKLER

Tezden üretilen bildiri adı: Mobilyada Biyomalzeme Uygulamalarının Sürdürülebilirlik
Bğlamında Değerlendirilmesi

Kongre adı: 9. Uluslararası Ankara Bilimsel Araştırmalar Kongresi

Kongre Tarihi: 26-29 Aralık 2023

ISBN no: 978-1-955094-86-3

Tezden üretilen bildiri adı: Miselyum Biyomalzeme Uygulamaları Ve Miselyumun
Mobilyaya Entegrasyonu

Kongre adı: 3. Uluslararası Ege Sosyal Bilimler Öğrenci Kongresi

Kongre Tarihi: 05-07 Haziran 2024

Özet metin kabul yazısı alınmıştır. Tam metin gönderim süreci devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde sorularıma yanıt olan ve her daim gelişmemi sağlayan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Pınar KÖYMEN ÇAĞAR, kendimi özellikle tasarımda sürdürülebilirlik alanında geliştirerek bu tezi hazırlamamda katkılarından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Arzu ŞEN KILIÇ, Dr. Öğretim Üyesi Özlem KURTOĞLU NECEF ve Prof. Dr. Ziyet ÖNDOĞAN başta olmak üzere Endüstriyel Tasarım Kültürü ve Uygulamaları Tezli Yüksek Lisans Programı dahilindeki diğer tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.



ÖZGEÇMİŞ

SELİN İLERİ

Yaşar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı bölümüyle başladığı tasarım yolculuğuna Covid 19 döneminde çeşitli iç mimari projeler için danışmanlık yaparak devam etmiştir. Bu süreçte tasarımda sürdürülebilirlik konularına yönelerek 2022 yılında Ege Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Disiplinlerarası Anabilim Dalı Endüstriyel Tasarım Kültürü ve Uygulamaları Yüksek Lisans Programı'na başlamıştır.

Bu program dahilinde “Mobilyada Biyomalzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi: Bir Sehpa Tasarımı Örneği” adlı tez çalışmasını gerçekleştirmiş olup konu ile ilgili 2 adet bildiri çalışmasından “Mobilyada Biyomalzeme Uygulamalarının Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi” adlı bildiri metni 9. Uluslararası Ankara Bilimsel Araştırmalar Kongresinde sunulmuş ve tam metin halinde yayınlanmış, “Miselyum Biyomalzeme Uygulamaları ve Miselyumun Mobilyaya Entegrasyonu” adlı bildiri metni ise özet metin haliyle 3. Uluslararası Ege Sosyal Bilimler Enstitüsü Öğrenci Kongresinde kabul edilmiş, kongrede sunulmaya hak kazanılmış olup tam metin yayın süreci için çalışmalara devam edilmektedir.