



Kitap

Havacılık ve Uzayda Mantar: Yetiştirmeden Uygulamaya

ecoCORK



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"Funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. However, European Commission and Turkish National Agency cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"

Havacılık ve Uzayda Mantar: Yetiştirmeden Uygulamaya

Editörler Selim Gürgen
Mehmet Alper Sofuoğlu
Melih Cemal Kuşhan



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"Avrupa Birliği Erasmus+ Programı tarafından finanse edilmektedir. Ancak, Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasından sorumlu tutulamaz."

İçindekiler

Önsöz	i
1. Mantar Bilimine Giriş: Mantar Yetiştirme, Hasat ve İşleme	1
1.1 Mantar Ormanları	1
1.1.1 Botanik Tanım	4
1.1.2 Silvikültür/Tarımsal Ormancılık	7
1.1.2.1 Stand Rejenerasyonu	7
1.1.2.2 Çocuk Standları	8
1.1.2.3 Olgun Meşcereler	8
1.1.3 Sürdürülebilir Yönetim	9
1.1.4 Yetiştiriciliğe Yönelik Tehditler	11
1.1.4.1 Hastalıklar	11
1.1.4.2 İklim değişikliği	12
1.2 Mantar Çıkarma	13
1.2.1 Mantar Şeritleme Süreci	14
1.2.1.1 Mantar Sıyırma İşleminin Yoğunluğu	17
1.2.1.2 Ağaç Büyümesi Üzerindeki Etkisi	20
1.2.2 Hasat Sonrası İşlemler	21
1.2.2.1 Saha Depolama	21
1.2.2.2 Su İçeriği Değişimi	23
1.2.2.3 Bahçe Depolama ve İşleme için Hazırlık	23
1.2.2.4 Ham Mantar Türleri	25
1.2.2.5 Endüstriyel Gereksinimler	28
1.2.3 Mantar Kusurları ve Etkileri	29
1.2.4 Mantar Plakalar Kalite Sınıflandırması	32
1.2.4.1 Kalınlık Sınıfları	32

1.2.4.2 Kalite Sınıflandırması	32
1.2.4.3 Mantarın Entegre Değer Endeksi	34
1.3 Hasat Sonrası İşlemler	35
1.3.1 Suda Kaynama	35
1.3.1.1 Kaynatma Mantarı Nasıl Etkiler?	37
1.3.2 Kaynatma Sonrası Süreç	38
1.3.3 Islak Mantar İşleme	39
1.3.4 İkinci Kaynama	39
2. Sürdürülebilirlik, Karbon Ayak İzi ve Mantarın Potansiyel Ürünleri	46
2.1 Mantar ve Sürdürülebilirlik	47
2.1.1 Mantar Ekosistemi	47
2.1.2 Çevre Hizmetleri	50
2.1.3 Sürdürülebilir Yönetim	53
2.1.4 İklim Değişikliğinin Mantar Ekosistemi Üzerindeki Etkisi	57
2.2 Mantar Ürünlerinin Karbon Ayak İzi	58
2.2.1 Karbon Ayak İzine Giriş	58
2.2.2 Ormanların Karbon Fiksasyonu	60
2.2.3 Mantar Ürünlerinin Yaşam Döngüsü	64
2.2.4 Karbon Ayak İzi Değerleri	67
2.3. Mantarın Potansiyel Kullanım Alanları	68
2.3.1 Mantarın Temel Özellikleri	68
2.3.2 Mantar Uygulamaları	75
2.3.3 İnşaat Sektöründe Mantar	76
2.3.4 Tekstil ve Hareketlilik	79
2.3.5 Eczacılık ve kozmetik	81
2.3.6 Diğerleri	82

3. Mantar Ürünleri Sektörleri, Mantar Özellikleri ve Mantar için Gelecek Trendleri	90
3.1 Giriş	90
3.2 Mantar Üretimi için Sektörler	93
3.2.1 Genel Kullanım için Mantar Aglomeraları	95
3.2.2 Isı ve Ses Yalıtımı	97
3.2.3 Ses Yalıtım Kutusu	98
3.2.4 Sandviç Benzeri Yapılar	100
3.2.5 Otomotiv	104
3.2.5.1 Örnek Olay İncelemesi	105
3.2.6 Enerji Emme Teknolojisi	111
3.3 Sonuçlar	113
4. Havacılıkta Mantar Bazlı Kompozitlerin Üretimi ve Uygulanması	119
4.1 Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozitlere Genel Bir Bakış	119
4.1.1 Sandviç Yapılı Kompozitlerin Tanımı ve Türleri	119
4.1.2 Havacılıkta En Önemli Mantar Bazlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Özellikleri, Avantajları ve Dezavantajları	121
4.1.3 Mantar Bazlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Havacılık Alanındaki Uygulama Alanları	124
4.2 Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozit Üretim Yöntemleri	129
4.2.1 Düz Sandviç Panellerin Üretim Yöntemleri	129
4.2.1.1 Mekanik Sıkıştırma Altında Düz Sandviç Panel Üretimi	129
4.2.1.2 Vakum Sıkıştırma Altında Sandviç Yapılı Panellerin Üretimi	130
4.2.2 Tek veya Çift Kavisli Panellerin Üretim Süreci	132
4.2.3 Sandviç Yapılı Panellerin Montaj Noktasının Özellikleri	136
4.2.3.1 Sandviç Yapılı Panellerin Diğer Yapı Elemanlarının Montaj Noktalarında Güçlendirilmesi	136
4.2.3.2 Sandviç Yapılı Panellerin Diğer Yapı Elemanlarının Montaj Noktalarında Bu Elemanlar Vidalandığında Takviye Edilmesi	137
4.2.4 Sandviç Yapılı Panel Kenar Kapamalarının Özellikleri	138

4.3 Contalar ve Diğer Sızdırmazlık Malzemeleri için Mantar Kompozit Uygulamaları	140
4.3.1 Havacılık ve Uzay Sanayinde Kullanılan En Yaygın Akışkanlar	141
4.3.2 Akışkan Sızdırmazlık Teknolojileri	142
4.3.3 Zamanla Test Edilmiş Havacılık ve Uzay Uygulamaları	144
4.4 Mantar Dolgulu Sandviç Yapılı Kompozit Malzemelerin Testleri	145
4.4.1 Mantar Dolgulu Sandviç Yapılı Kompozit Malzemelerin Spektrum Analizi	145
4.4.2 Test Tezgağı ve Ölçüm Koşulları	146
4.4.3 İlk Analiz Sonuçları	151
4.4.4 İkinci Analiz Sonuçları	152
4.5. Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Eğilme Testleri	153
4.5.1 Örnekler	153
4.5.2 Bükme Testlerinin Gerçekleştirilmesi	156
4.5.3 Sonuçların Karşılaştırılması, Analiz	158
4.5.4 Çekme Testleri	159
4.5.5 Çekme Testi Sonuçları	159
5. Mantar Kompozitlerin Havacılık/Uzay Uygulamaları	166
5.1 Giriş	166
5.2 Mantar Kompozitlerin Genel Özellikleri	169
5.2.1 Mekanik/Fiziksel Özellikler	170
5.2.1.1 Mekanik Özelliklerde Sıcaklıkla İlişkili Değişiklikler	174
5.3 Havacılık/Uzay Uygulamalarında Mevcut Mantar Kullanımları	176
5.3.1 Uzay Uygulamalarında Mantarlı Yapısal Bileşenler	178
5.3.2 Havacılık ve Uzay Yapılarında Mantar Kullanımı ile İlgili Projeler Aerocork Projesi	183
5.4 Mantar Kompozitlerin Havacılık/Uzay Yapılarındaki Potansiyel Uygulamaları	184
5.4.1 Havacılık/Uzay Uygulamalarında Mantar ve Seramik Matrisli Kompozit	184
5.4.2 Uzay Fırlatma Sistemi İzolasyonları	185
5.4.3 Mars Görevinde Mantar	187
5.5 Sonuçlar	188

Önsöz

Bu ders kitabı, Erasmus+ Programı KA203: Yükseköğretim için Stratejik Ortaklıklar kapsamında Avrupa Birliği tarafından finanse edilen bir proje kapsamında üretilmiştir. *EcoCork* başlıklı proje: *Havacılık ve Uzay Uygulamalarında Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Mantar Kompozitler için Eğitim Geliştirme*, (#2020-1-TR01-KA203-092763) altı ortaktan oluşan bir konsorsiyum tarafından yürütülmektedir; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (Türkiye), Aveiro Üniversitesi (Portekiz), Amorim Cork Composites (Portekiz), Catalan Cork Enstitüsü (İspanya), Wrocław Bilim ve Teknoloji Üniversitesi (Polonya) ve Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi (Litvanya).

Mantarın anavatanı Avrupa, özellikle de Portekiz ve İspanya'dır. Bu nedenle mantar bazlı ürünler Avrupa'da ortak bir değer olarak yükselmiş ve böylece mantar bilimine öncülük ederken bu alandaki en ileri teknolojiyi de şekillendirmiştir. Doğal bir malzeme olarak mantar, farklı mühendislik uygulamalarına çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Sürdürülebilirlik ve çevre dostu özellikler gezegenimizin geleceği için en önemli avantajlardır. Havacılık ve uzay endüstrisi dünyanın önde gelen sektörlerinden biri olduğundan, *EcoCork'ta* mantar havacılık ve uzay perspektifinden incelenmiştir.

Bu ders kitabı, yetiştiricilikten uygulamalara kadar mantar bilimi hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Bölüm 1'de mantar yetiştiriciliği, hasadı ve işlenmesi ele alınmaktadır. Bölüm 2, mantarın sürdürülebilirliği ve çevre dostu özelliklerine odaklanmaktadır. Bölüm 3'te mantar ürünleri, mantar özellikleri ve mantarın gelecekteki eğilimleri tartışılmaktadır. Bölüm 4, mantar bazlı ürünlerin üretimini ve uygulamalarını tartışmaktadır. Bölüm 5, mantar ürünleri ile havacılık ve uzay uygulamalarını incelemektedir.

Editörler

Selim Gürgen

Mehmet Alper Sofuoğlu

Melih Cemal Kuşhan

BÖLÜM 1

Mantar Bilimine Giriş: Mantar Yetiştirme, Hasat ve İşleme

G.F. Serra, F.A.O. Fernandes*, G.J.A. Sousa, R.J. Alves de Sousa, A.B. Pereira

Makine Mühendisliği Bölümü, Campus Universitário de Santiago, Aveiro Üniversitesi, 3810-193
Aveiro, Portekiz

*Yazışma: fabiofernandes@ua.pt

Özet

Bu bölüm mantar biliminin ana yönlerine genel bir bakış sunmaktadır. Mantar ormanlarının bakımı, yetiştirilmesi ve hasadının özelliklerinden başlayarak temel adımları ve son olarak dış kabuğun mühendislik ürünleri geliştirmek için uygun bir hammaddeye dönüştürülmesi için gerekli adımları açıklamaktadır. Bu kapsamda, mantar bazlı hammaddelerin Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden bazılarına (daha güvenli ve kapsayıcı şehirler, sürdürülebilir üretim ve diğerleri) katkısı da ele alınacaktır. Mantar ormanı yetiştirme ve bakım zorlukları - farklı mantar ağacı ve ormanı türleri, malzeme mevcudiyetini korumak için planlanan yetiştirme ve başlıca tehditler ele alınarak başlanmaktadır. Daha sonra, mantar çıkarma teknikleri ve bakımı - aletler, insan kalifikasyonu, hasatlar arasındaki zamanlama ve çıkarılan mantarın farklı türleri ve kalitesi ele alınmaktadır. Son olarak, mantarın hammadde olarak kullanımı ve işlenmesi, yapılar veya ürünler için uygun bir hammadde haline getirilmesi için gerekli farklı işlemler ve dönüşümler ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mantar, orman, hammadde, mühendislik malzemesi.

1.1 Mantar Ormanları

Mantar meşesi veya bilimsel adıyla *Quercus suber L.*, dış kısmında sürekli bir mantar tabakası içeren göze çarpan kalın ve buruşuk bir kabuğa sahip, yaprak dökmeyen bir meşedir. Mantar meşesi ağacı, kabuğunun özellikleri, estetiği ve sürdürülebilirliği nedeniyle ekonomik öneme sahip olmuştur. Mantar meşeleri iki farklı tarımsal ormancılık sistemine ayrılabilir:

- Mantar meşesi ormanlık alanları, hektar başına az sayıda ağacın (hektar başına yaklaşık 50- 150 ağaç) bulunduğu nispeten seyrek bir ormandan (ekinler veya sığır otlatmak için mera ile ilişkili) oluşur. Şekil 1.1'de gösterilen bu sistem Portekiz ve İspanya'da sırasıyla montado ve dehesa olarak adlandırılmaktadır;
- Dağlık bölgelerde daha yoğun bir meşcere olan mantar meşesi ormanları, mantar meşelerinin altında tarım yapılmasına izin vermez.

Mevcut mantar meşeleri, olgun halleriyle, çoğunlukla doğal olarak yenilenmiş meşcerelerin arazi sahipleri tarafından yönetilmesinden kaynaklanmıştır. Ancak, bazı durumlarda, doğal rejenerasyonla tamamlanan yapay tohumlamadan kaynaklanmıştır. Bu nedenle, çoğu meşcere heterojen bir mekânsal dağılıma sahiptir ve aynı yaşta değildir.



Şekil 1.1 Tipik bir montado/dehesa manzarası (APCOR©'un izniyle [1]).

Mantar meşesi, Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'nın Batı Akdeniz bölgelerinde, çoğunlukla iki tür tarımsal ormancılık sistemini - mantar meşesi ormanları ve mantar meşesi ormanlık alanları - entegre ederek yayılır ve normalde mantar üretiminin yanı sıra avcılık ve sığır otlatma için kullanılır.

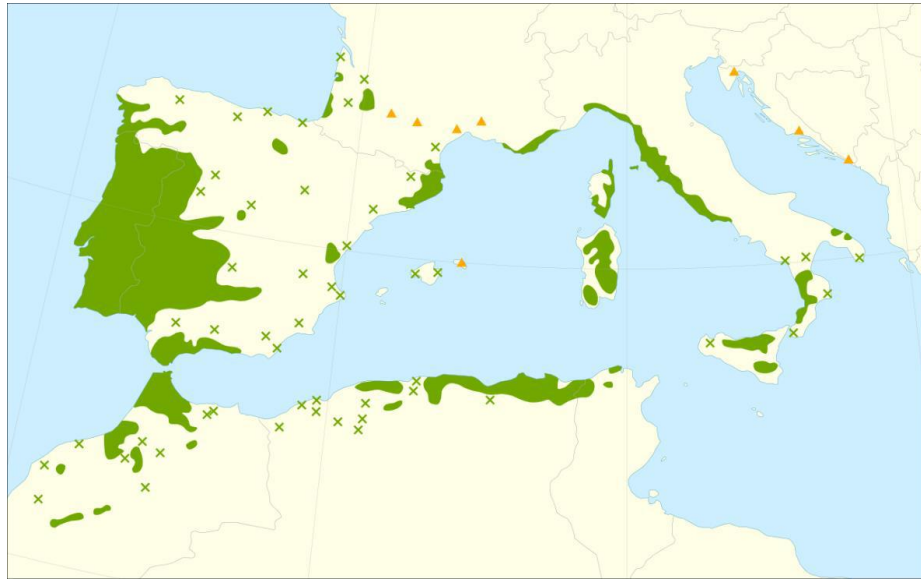
Bu yarı toleranslı tür, Akdeniz gibi ılıman iklimlere - ılıman kışlar ve sıcak ve kurak yazlar - ve düşük verimli topraklara iyi adapte olmuştur. Mantar meşesi ormanları çölleşme ve toprak erozyonunu engellemenin yanı sıra biyolojik çeşitliliğin korunmasına da katkıda bulunarak kritik bir ekolojik rol oynamaktadır. Mantar meşesi ormanları, nesli tükenmekte olan imparatorluk kartalı (*Aquila adalberti*) gibi nadir ve tehdit altındaki türler için bir yaşam alanı oluşturarak benzersiz ve kırılgan bir ekolojiyi desteklemektedir. Amazon, Borneo ve Afrika Savanası ile birlikte mantar ormanlık alanları, 200'den fazla hayvan türü ve 135 bitki türüne ev sahipliği yaparak biyolojik çeşitliliğin korunması açısından dünyadaki en önemli 36 ekosistemden biridir [2].

Mantar meşesi büyük bir ekolojik esneklik gösterir. Fenolojisini ve fizyolojik aktivitesini yüksek sıcaklıklar ve hatta kuraklık senaryoları gibi değişen çevresel koşullara adapte etme yeteneğine sahiptir. Deniz seviyesinden 600 m yüksekliğe kadar en iyi şekilde yetişir; ancak 2000 m'ye kadar mümkündür. Yağışların mevsimsel dağılımı ile ilgili olarak, Ekim'den Mart'a kadar (sonbahar-kış) daha yüksek yağışlara ve çok az veya hiç yaz yağmuruna adapte olur. İdeal ortalama yıllık yağış 600-800 mm'dir, ancak dengeli bir ağaç gelişimi için minimum 500 mm olmalıdır. Yine de, örneğin 400 mm'nin altındaki düşük yağış yıllarında da hayatta kalabilmektedir. Öte yandan, 1700 mm'ye kadar olan yağışlar kabul edilebilir olsa da, mantar meşesi su basmasına karşı hassastır.

İdeal ortalama yıllık sıcaklık 13 °C ile 16 °C arasında değişmektedir. Hayatta kalmak için mutlak minimum sıcaklık -12 °C'dir ve kış aylarında minimum ortalama sıcaklık 4-5 °C'dir. Akdeniz'de tipik yaz sıcaklıkları 40 °C'nin üzerine çıkabilir. Bununla birlikte, önemli bir husus mantar meşesinin sıcaklık artışına iyi tepki vermesi ve mantar meşesi fidelerinde 33-34 °C'lik optimum sıcaklıktır [3]. Genel olarak, -5 °C sıcaklıklar [3]. Genel olarak -5 °C ve 40 °C civarındaki sıcaklıklar minimum ve maksimum sınırlar olarak kabul edilebilir. Tür, toprak açısından da oldukça toleranslıdır; tek istisna kalkerli ve kireç taşılı substratlardır. PH aralığı 4,8 ile 7,0 arasındadır ve tercihen iyi drene edilmiş silisli ve kumlu topraklarda yetişir. Bununla birlikte, azot ve organik madde bakımından fakir sığ topraklarda büyümesi hala mümkündür. Ayrıca, mantar meşeleri toprağın bozulmasını önleyebilir ve yüksek düzeyde biyoçeşitlilik yaratabilir. Mantar meşeleri toprak altındaki besin maddelerini arayıp yaprak ve dallarını dökerek toprağa geri vererek toprağın organik maddesini artırır ve daha üretken hale getirir.

Mantar meşesi ağaçlıkları ve ormanları Batı Akdeniz havzasına yayılmıştır (2 milyon hektardan fazla). Daha spesifik olarak, güney İber Yarımadası ve kuzey Afrika'da. Mantar meşelerinin coğrafi gösterimi Şekil 1.2'de görülebilir. Mantar meşeleri Fransa ve İtalya'da da mevcuttur. Helena Pereira'ya [4] göre, 1990'larda: Portekiz yaklaşık 713 000 hektar, İspanya yaklaşık 475 000 hektar, Fransa 68 000 hektar, İtalya 65 000 hektar, Fas 348 000 hektar, Tunus 90 000 hektar ve normalde 440 000 hektar olduğu belirtilen Cezayir muhtemelen yaklaşık 230 000 hektara düşmüştür.

İki farklı bölgede farklı genetiğe sahip iki grup mantar meşesi popülasyonu tespit edilmiştir: biri İber Yarımadası ve yakın Fransız bölgelerinde, diğeri ise Kuzey Afrika, Provence (Fransa) ve Akdeniz adalarında (Sicilya, Sardunya ve Korsika). İlk grup, popülasyon içinde daha yüksek genetik çeşitlilik ve popülasyonlar arasında ikincisine göre daha düşük farklılaşma göstermiştir.



Şekil 1.2 Mantar meşesi ağaçlarının coğrafi dağılımı: Yeşil bölgeler doğal yayılış alanını; çarpılar izole popülasyonları ve üçgenler Quercus Suber'in tanıtıldığı ve doğallaştırıldığı alanları göstermektedir [5].

Portekiz ve İspanya en büyük mantar meşesi ormanlarına sahiptir ve aynı zamanda mantar ürünlerinin ana üreticileridir. Portekiz en geniş montado alanına sahiptir ve şu anda en büyük üretici olarak mantar ürünleri ihracatında lider konumdadır. Yıllık olarak yaklaşık 374.000 ton mantar ürünü üretildiği tahmin edilmekte olup, bunun büyük bir kısmı toplamın %74'ünden (sırasıyla %51 ve %23) sorumlu olan Portekiz ve İspanya'dan gelmektedir [6]. Yıllık üretim, iklimsel olaylar veya doğal afetler nedeniyle değişiklik gösterebilir. Örneğin, Portekiz'de 2003'teki orman yangınları veya 2004'teki şiddetli kuraklık.

Quercus Suber'in yanı sıra *Quercus Cerris* ve *Quercus Variabilis* gibi başka mantar ağaçları da vardır. Sonuncusu doğu iklimlerine uygundur ve genellikle Çin mantar meşesi olarak bilinir [7]. *Quercus Variabilis*'ten elde edilen mantarın mikro yapısı *Quercus Suber*'inkine benzer, ancak hücreler çok daha oluklu ve çöktür. Hücreler genellikle daha küçüktür ve birim hacim başına daha fazla sayıda bulunur, bu da daha yoğun bir mantar türüne neden olur. Yaklaşık 1.2 milyon hektarlık orman *Quercus Variabilis*'ten oluşmaktadır ve bu ormandan yaklaşık 50-100 kiloton işlenmiş mantar elde edilmektedir. Bununla birlikte, kalite farkı önemlidir. *Quercus Suber L.*'den elde edilen mantar çok daha yüksek kalitede bir hammadde sunmaktadır. Buna ek olarak, çok daha yüksek homojenlik seviyeleri sunar, bu da daha yüksek boyutlu ve düzenli tahtalar ile sonuçlanır. Ek olarak, çok daha yüksek homojenlik seviyeleri sunar, bu da daha yüksek boyut ve düzenliliğe sahip plakalarla sonuçlanır [8].

1.1.1 Botanik Tanım

Mantar meşesinin ait olduğu türün - *Fagales* takımı ve *Fagaceae* familyası - 40'tan fazla çeşit içerdiği düşünülmektedir ve sonuçta dört gruba ayrılır: *subcrinita*, *macrocarpa*, *genuine* ve *occidentalis* [9]. *Q. ilex*'in *Q. suber* ile çaprazlanması gibi benzer yetiştirme sistemlerine sahip varyasyonlar arasında doğal melezler de meydana gelir [10,11]. Farklı botanik formlar gösterirler ve çiçeklenme dönemi, yaprakların şekli ve boyutu (çiçekler ve meyveler dahil) ve ağacın kendi formu bakımından değişiklik gösterebilirler. Morfoloji ve fenotip açısından büyük çeşitlilik, büyük ölçüde, genetik materyalin bir türden diğerinin gen havuzuna geçmişte aktarılmasından kaynaklanmaktadır, bu aynı zamanda introgressif hibridizasyon olarak da bilinir. Mantarın kalitesi ve bir ağacın yavruları aynı ağaç popülasyonu içinde büyük farklılıklar gösterebilir.

Mantar meşeleri, maksimum 16 m yüksekliğe ulaşan kalın dalları olan kısa gövdeli ağaçlardır. Bununla birlikte, daha az yoğun meşcerelerde yetişen ağaçlar, özellikle 150-200 yaşındaki olgun ağaçlarda büyük gövde çevrelerine ve taç boyutlarına (taç çıkıntısı yaklaşık 500 m²'ye ulaşabilir) sahip olabilir. Sık meşcerelerde, ağaçlar genellikle daha dar taçlara ve daha yüksek gövdelere sahiptir, çünkü çevredeki diğer ağaçlar boyutlarını etkiler. Şekil 1.3 ve Şekil 1.4 izole mantar meşesi ve yoğun ormanlık alan örneklerini göstermektedir. Genç yaşta budama ve bunun sürekliliğinin bir sonucu olarak, yönetilen montadodaki mevcut mantar meşelerinin çoğu farklı şekillenmiştir. Bunlar tipik olarak çatallı bir gövdeye sahiptir. Çatallanma alçak bir yükseklikte başlar, ardından gövdeye göre açık açılarla yerleştirilmiş iki veya üç ana dal ve düzleştirilmiş bir tepeye sahip dairesel bir taç gelir.



Şekil 1.3 Daha büyük taç çapına sahip izole mantar meşesi (APCOR©'un izniyle [1]).



Şekil 1.4 Yoğun ormanlık bir alanda mantar meşeleri (APCOR©'un izniyle [1]).

Türün kök sistemi dimorfiktir; güçlü ve uzun bir kazık kökü ve kalın yan dalları vardır ve açıkta yetişen ağaçlarda çok sayıda yüzeysel kök ile büyük bir yatay genişleme sergileyebilir. Ana kök toprağa birkaç metre nüfuz edebilir. Bu, mantar meşelerinin yaz aylarında derin akiferlere ulaşma

kabiliyetini göstererek yüksek yaprak hidrasyonunu sürdürmeyi ve böylece yüksek su talebi ve radyasyon dönemlerinde gelişimini sürdürmeyi mümkün kılar [12]. Kök sistemi sıklıkla çeşitli mikoriza ile ilişkilidir.

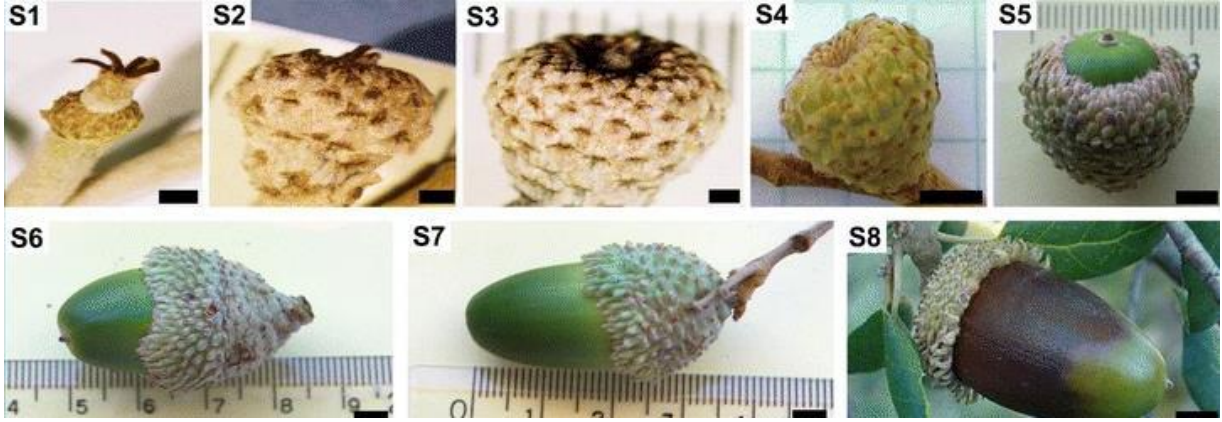
Tomurcuklar koyu mor, oval ve küçüktür, yaklaşık iki milimetre uzunluğundadır. Yapraklar koyu yeşil olup alt yüzünde yoğun beyaz tüylenme ve epidermal düzlemden uzanan koruyucu hücreli yoğun bir stoma ağı vardır [13]. Yaprak formu oval ile dikdörtgen arasında değişir ve kenarları buruşuk veya dalgalıdır. Yaprak uzunluğu ve genişliği sırasıyla 4 ila 7 cm ve 2 ila 3 cm arasında değişir. Yaprak şekli ve boyutu ağaçlar ve gölgelik arasında önemli ölçüde değişir. Şekil 1.5 bir mantar meşesi ağacının tipik yapraklarını göstermektedir.



Şekil 1.5 Tipik yaprak şekilleri (APCOR©'un izniyle [1]).

Fizyolojik aktivite Şubat/Mart civarında tomurcuk gelişimi ile başlar. Uzaması ve yeni yaprakların oluşumu erken ilkbaharda başlar ve Haziran ayına kadar devam eder. Yapraklar, 11 ila 18 ay arasında değişen yaklaşık 14 aya kadar hayatta kalır [14,15]. Bu nedenle, yapraklar ilkbaharda dökülme eğilimindedir (şiddetli kış yağmurları meydana gelmedikçe, daha hızlı yaprak dökülmesine yol açar). Yaprak dökümü mevsimsel olduğundan, ilkbaharda ağacın tepesinde hala bir önceki yıldan kalan yaprakların solan rengi hakimdir ve yeni çıkan yaprakları sergileyen diğer türlerle tezat oluşturur. Mantar meşesi yaklaşık 15 ila 20 yaşına geldiğinde, meyvelenme ve çiçeklenme başlar (Nisan'dan Mayıs sonuna kadar). Tozlaşma ilkbaharda gerçekleşir ve aynı ağaçtan ya da komşu ağaçlardan gelen polenlerle gerçekleşebilir. Sonuç olarak, yavrular birbirinden önemli ölçüde farklı olabilir.

Mantar meşesinin meyveleri ve Şekil 1.6'da görülebilen meşe palamutları farklı şekil ve boyutlara sahiptir - 2 cm'den küçükten 5 cm'den uzun olanlara kadar. Meşe palamutlarının olgunlaşması yıllık ve iki yıllık döngülerde gerçekleşebilir [16]. İlk durumda, meşe palamudu büyüme dönemi yaz sonu ve sonbaharda gerçekleşir ve Kasım ayına kadar tam olgunlaşmaya ulaşır [17]. İki yıllık olanlara gelince, bunlar minimum büyüme ile vejetatif bir döneme sahiptir ve bunu ikinci yıllarının ilkbaharında yoğun bir büyüme dönemi takip eder. İkincisinin sıklığı vejetatif dönemin uzunluğundan, yani yoğun ve uzun yaz kuraklıklarının neden olduğu kısalmadan etkilenir. Her on yılda bir, bir ağaç tipik olarak 2 ila 3 yıl yüksek meşe palamudu üretimine sahiptir. Çiçeklenme dönemindeki soğuk hava hasara neden olabilir ve meşe palamudu üretiminin yıllar arası önemli değişkenliğine katkıda bulunabilir [18].



Şekil 1.6 Mantar palamudunun olgunlaşana kadar gelişim aşamaları ([19]'dan uyarlanmıştır).

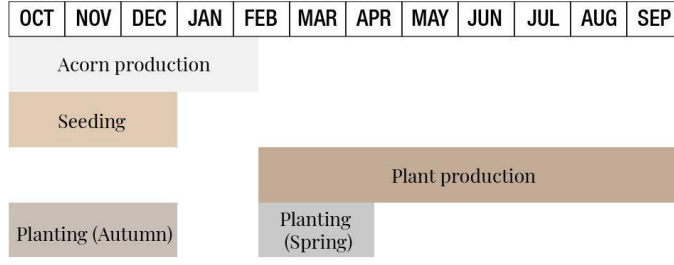
1.1.2 Silvikültür / Tarımsal Ormancılık

1.1.2.1 Stand Rejenerasyonu

Mantar meşelerinin çoğu kendiliğinden meşe palamudu filizlenmesinden kaynaklanmaktadır. Mantar meşesi meşcerelerinin yapay olarak yenilenmesi nispeten yeni bir uygulamadır. 1990'larda AB politikaları ve tarım arazilerinin ağaçlandırılmasına yönelik teşvikler sonucunda önemli ölçüde ilerleme kaydedilmiştir. Son on beş yılda, Portekiz ve İspanya'da plantasyon ya da doğrudan tohumlama yoluyla birkaç bin hektar mantar meşesi kurulmuştur. Ancak ilk yıllardaki ölüm oranı genellikle yüksektir. Bunun nedenleri genellikle yaz için kritik olan verimli bir kök sistemi oluşturmak için yeterli toprağın olmaması veya hazırlanması; bitkinin genç yaşta su stresine karşı hassasiyeti; meşe palamudu ve genç bitkilerin sırasıyla küçük sığınlar ve sığırlar için oldukça iştah açıcı olması ile ilgilidir [20-22].

Saha hazırlığı, genellikle bir diskli tırmıkla gerçekleştirilen yabancı otların ayıklanmasını ve kök sistemi gelişimini kolaylaştırmak için toprak özelliklerinin iyileştirilmesini gerektirir. Hazırlık teknikleri, özellikle sert kaya topraklarında 60 ila 80 cm civarında bir derinliğe kadar sökme veya alt toprak işlemeyi veya konturlar boyunca sürme ve tümsekleme ve ardından derin sürme ve/veya diskli tırmıklamayı içerebilir. Tüm alanı kapsayabilir veya ekim hattıyla sınırlı olabilir. Tipik olarak, azot, fosfor ve potasyum bazlı bir gübre bitki başına 40-100 g oranında uygulanır.

Bir fidanlıkta yetiştirilen fidelerle ilkbahar veya sonbahar dikimi ve/veya ekim mümkündür. Yıllık işlemleri gösteren bir diyagram Şekil 1.7'de gösterilmiştir. Hektar başına dikilen ağaç sayısı diğer odun üreten türlere göre daha azdır. Yoğunluk ve kurulum maliyetlerini dengelemek için yaklaşık dört metre karelik aralıklar önerilir. Bununla birlikte, daha geniş (8 m x 4 m) ve daha yoğun aralıklar (4 m x 2 m) da kullanılmaktadır.



Şekil 1.7 Ağalandırmayla ilgili yıllık etkinlikler ([23]'ten uyarlanmıştır).

İlk yıllardaki yüksek ölüm oranı nedeniyle, bitki 8-10 yaşına ulaştığında yerleşik kabul edilir. Genç fidanları bireysel ağaç barınaklarıyla korumanın onları taramadan koruduğuna ve ilk boy büyümesini teşvik ettiğine inanılsa da, bu teknik şiddetli kuraklık ve yüksek sıcaklıkların olduğu bölgelerde ölüm oranlarının artmasına ve genç bitkilerin daha ince ve az gelişmiş gövdelere sahip olmasına neden olmuştur [24]. İlbahar ve yaz yağışlarının yetersiz olduğu durumlarda, stresin arttığı dönemlerde iki veya üç kez sulama yapılmalıdır. Dikimi takip eden ilk yıllarda, tek tek fidelerin etrafında ya da tüm alanda yabancı otların ayıklanması da önerilmektedir.

1.1.2.2 Çocuk Standları

Bu süre ağaın kurulmasından ilk mantar çıkarma işlemine kadar devam eder ve tipik olarak 25 ila 40 yaş arasında gerçekleşir. Portekiz ve Güney İspanya gibi ölkelerde tipik olarak 25 yıl yeterlidir. Çevresel açıdan stresli ve yoğun meşcereler için daha uzun süreler gereklidir.

Genç ağaçlar geniş dallara sahiptir ve genellikle öncü sürgünden yoksundur. Sonuç olarak, en az 2,5-3 metre yüksekliğinde net bir gövde elde etmek için budama yapmak kritik önem taşır. Genellikle üç budama yapılır: ilki gövdenin ilk 2/3'ünden tüm dalları çıkarmak için üç ila altı yaşları arasında, ardından on iki ila on beş yaşları arasında bir budama daha ve son olarak ilk kabuk soyma işlemi takip eden budama. Mantar meşcilerinin ilk yıllarında rekabete karşı yüksek duyarlılığı nedeniyle, ayıklama en geç 4-5 yaşından sonra ve daha sonra 10-15 yaşına ulaşana kadar her 3-4 yılda bir yapılmalıdır.

1.1.2.3 Olgun Meşcereler

Olgun meşcerelerde en kritik silviköltürel faaliyetler seyreltme ve kabuk soymadır. Seyreltme, önceden belirlenmiş bir aralık faktörü elde etmek için yapılır. Aralık faktörü, ağaçlar arasındaki ortalama mesafe ile ağaç tacının ortalama çapının çarpımı olarak tanımlanır. Bu ampirik kural, önemli veri eksikliği nedeniyle deneysel olarak doğrulanmamış olsa da, genellikle ağaçlar arası aşırı rekabetin mantar üretimini azalttığı varsayılmaktadır. Bu nedenle, tacın kısıtlamasız gelişimi için gerekli boşluğa sahip olmak için bir aralık faktörü önerilir. Bazı orman yöneticileri, mantar üretimini artırmak amacıyla kabuk soyma dönemleri arasında gübre uygulamayı araştırırken, bu konudaki az sayıdaki literatür, bunun mantar büyümesi veya kalitesi üzerinde çok az etkisi olduğunu göstermektedir.

Meş palamudu ekonomik açıdan önemli bir ürün olduğundan, mantar meşcileri meyve verimini artırmak için budanmıştır. Bu uygulama, ağaç canlılığını ve mantar verimini artırmak için hala

kullanılmaktadır, ancak bu hiçbir zaman deneysel olarak kanıtlanmamıştır. Yetiştirme türüne bağlı olarak yabancı ot yönetimi de yapılabilir. Diğerleri gibi mekanik ayıklamanın da mantar meşelerinin yüzey kök yapısına zarar vermemesi çok önemlidir.

Mantar meşesi ağaçları 250-350 yaşına kadar yaşayabilir. Ancak, yaşlandıkça ve kabuk kalınlıkları arttıkça fellojen aktiviteleri azalır. Endüstriyel uygulanabilirlik için gerekli mantar kalitesi 150-200 yaşlarında sona erer. Bu nedenle mantar meşesi, silvikültürel işlemler, kabuk soyma, tomruklama ve yaşam sonu ile ilgili iyi tanımlanmış düzenlemelere sahip korunan bir türdür.

1.1.3 Sürdürülebilir Yönetim

Ormandan müşteriye kadar tüm mantar zinciri, tutarlı ve sürdürülebilir mantar üretimine ve dolayısıyla mantar meşesi ormanlarının uygun şekilde yönetilmesine bağlıdır. Özellikle de mantar meşesinin genel coğrafi dağılımı ve kapsamı düşünüldüğünde. Dünya Doğayı Koruma Vakfı'na (WWF) göre, Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'da yaklaşık 100.000 kişi doğrudan veya dolaylı olarak bu ormanlık alanlardan faydalanmaktadır.

Bu ormanlar çevrenin korunması ve sürdürülebilir kalkınmanın dengelenmesi açısından bir modeldir - mantar sıyırma işlemi sırasında hiçbir ağacın kesilmemesi sürdürülebilirlik açısından bir ilktir. Mantar meşesi tarımı çok çeşitli ormancılık, tarım, orman otlatma, avcılık ve ekonomik faaliyetler sağlamaktadır. Mantar sektörü bu sürdürülebilir büyümenin ön saflarında yer almakta, binlerce kişiye istihdam sağlamak ve ailelerin topraklarında kalmasına olanak tanımaktadır. Mantar meşesi ormanları, ürünün ağacın ömrünü tamamlamasına neden olan odun (gövde) değil, birden fazla kez hasat edilebilen kabuk olmasıyla diğer orman sistemlerinden ayrılır.

Orman sahipleri için kritik bir unsur ve birincil yönetim faktörü olan mantar büyümesi, mantarın minimum kalınlıkta kalas gerektiren şarap tıparları üretmeye yönelik olduğu göz önüne alındığında, endüstriyel işleme için hammaddenin niteliklerini tanımlar. Mantar üretim verimi, mantar ve ağaç büyümesine ve mantar çıkarma yoğunluğu, yani sıyrılan alan ve sıyırma arasındaki aralık gibi yönetim değişkenlerine bağlıdır. Sonuç olarak, mantar meşesi ormanlarının envanteri diğer ağaç türleri hakkında ek bilgi gerektirir. Mantar üretim tahmin modelleri uzun süredir kullanılmaktadır, ancak mantar meşesi büyümesi ve meşcere yönetiminde üretim modellemesi ancak yakın zamanda geliştirilmiştir.

Mantar meşesi ormanlarının ve mantar zincirinin sürdürülebilirliği, toprak erozyonu ve çölleşmeye karşı çevresel korumanın yanı sıra etkilenen nüfus ve bölgelerin sosyal ve ekonomik çerçevelerindeki kritik önemi göz önüne alındığında, yaygın bir endişe konusudur. Mantar ayrıca, yetiştiği alanların çok ötesine uzanan önemli bir sosyal ve kültürel etkiye ve mirasa sahiptir. Mantar meşesi sürdürülebilir yönetim planlaması ve sertifikasyonu bu bağlamda son zamanlarda önem kazanmıştır.

Mantar meşesi ormanlarının sürdürülebilirliği için birincil endişe kaynağı, rejenerasyon eksikliği veya yetersizliği yaşayan montado ve dehesa sistemleridir [25]. Bu seyrek ortamlarda doğal yenilenme nadiren gerçekleşir ve mevcut meşcerele büyük ölçüde olgun ve aşırı yaşlıdır. Normalde ilkbaharda

bölgeye yayılan meşe palamutlarının filizlenmesi sonucunda yaşlı mantar meşesi ağaçlarının yakınında bol miktarda fidan görülebilse de, çoğunluğu ertesi yıl yok olacaktır. Genç fideler güneşten korunmaya ihtiyaç duyar; bu tür açık, güneş alan ve sıcak ortamlarda böyle bir durum söz konusu değildir. Sık mantar meşesi ormanlarında bunun tam tersi doğrulanır ve doğal yenilenme için ideal koşullar sağlanır. Rekabet nedeniyle yavaş büyümesine rağmen bu meşcerelerde genç bitki sayısı yüksektir.

Bununla birlikte, bu koşullarda orman alanı montado ve dehesa sistemlerinin kapsamına kıyasla çok küçüktür. Mantar meşesi meşcerelerinin uzun vadede yaşayabilirliğini sağlamak için, tohumlama veya fidanlıklarda yetiştirilen fidelerin dikilmesi yoluyla yapay yenilenmenin dikkate alınması gerekmektedir [23]. Mantar meşesi ağaçlandırması, Portekiz ve İspanya'da son yirmi yılda Avrupa Ortak Tarım Politikası teşvikleriyle desteklenen önemli bir çaba olmuştur. Toprak hazırlığını takiben, bu ağaçlandırma girişimleri hektar başına yaklaşık 600 bitki gibi yüksek bir yoğunlukta ağaç dikmektedir. Bununla birlikte, hayatta kalma her zaman tatmin edici olmasa da, ilk 5 ila 8 yıl ağaç kurulum başarısı için kritik öneme sahiptir.

Mantar meşesi meşcerelerinin doğal rejenerasyonuna yönelik bir diğer risk de, özellikle besin zinciri açısından çok işlevli doğasıdır. Örneğin, zorlu yaz koşullarını atlatan genç bitkiler, büyükbaş hayvanların varlığında risk altındadır. Bu gibi durumlarda, genç ağaçlar on yaş ve üzerine ulaşana kadar yenilenen bölgelerde tarım yapılması yasaklanmalıdır.

Avrupa ve dünyanın geri kalanı sürdürülebilir orman yönetimi taahhüdünü paylaşmaktadır. Ormanların gezegen üzerindeki kritik rolü, özellikle kırsal alanlarda toplumun sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunan, yenilenebilir ürünler üreten ve çevreyi koruyan çoklu işlevleri (toplumsal, ekonomik, çevresel ve kültürel), birbirini izleyen uluslararası kararlarda kabul edilmiş ve ilerleme kaydedilmiştir. Sürdürülebilir orman yönetimi hedefine, eylem kılavuzu olarak hizmet eden bir dizi kriter ve bunlara eşlik eden göstergeler yardımcı olmaktadır. Kriterler tüm orman yönetimi alanlarını kapsar ve yönetimin performansının değerlendirilmesine hizmet eder. Göstergeler, düzenli olarak ölçüldüğünde veya kontrol edildiğinde bir kriterin değişimini ortaya çıkaracak nicel, nitel veya tanımlayıcı ölçütler veya parametrelerdir. Şekil 1.8'deki kriterler ve göstergeler, sürdürülebilir orman yönetimine ilişkin pan-Avrupa anlaşmalarında belirtilenlerle tutarlıdır. Bu, mantar meşesi ormanlarının bulunduğu çevresel ve sosyal açıdan hassas alanlar nedeniyle bir önceliktir. Bu kavram kamu ve paydaşlar düzeyinde filizlenmeye ve gelişmeye başlar. Mantar meşesi meşcerelerinin sürdürülebilir orman yönetimi için sertifikalandırılması süreci henüz başlamış ve birkaç vaka tamamlanmıştır.

Criteria	Indicators
1. Resources and carbon cycles	Forest area, Growing stock, Age structure, Diameter distribution, Carbon stock
2. Ecosystem health and vitality	Soil condition, Defoliation, Forest damage, Deposition of air pollutants
3. Productive functions	Increment and fellings, Services, Roundwood, Non-wood goods, Forests under management plans
4. Biological diversity	Naturalness, Tree species composition, Introduced tree species, Regeneration, Deadwood, Genetic resources, Landscape pattern, Threatened species, Protected forests
5. Protective functions	Soil, water and other ecosystem functions, Infrastructure, Managed natural resources
6. Other socio-economic functions	Forest holdings, Contribution to GDP, Net revenue, Expenditure for services, Occupational safety and health, Forest workforce, Trade in wood, Energy from wood, Accessibility for recreation, Cultural and spiritual values

Şekil 1.8 Sürdürülebilir orman yönetimi için bir çerçeve oluşturan mevcut kriterlerin ve ilgili göstergelerin özeti ([4]'ten uyarlanmıştır).

1.1.4 Yetiştiriciliğe Yönelik Tehditler

1.1.4.1 Hastalıklar

Mantar meşesini etkileyen çok az ciddi hastalık vardır. Mantar meşesi literatüründe 300'den fazla fungus ve oomycota türü tanımlanmıştır. Bunlardan en az 100 tanesi patojeniktir [26]. Neyse ki, sadece bir avuç sağlıklı ağaçlara saldırabilen birincil enfeksiyonlardır. Çoğunluğu, daha önce abiyotik veya biyotik nedenlerle tehlikeye girmiş meşe dokularını istila eden fırsatçı patojenlerdir [26]. Son zamanlarda, birkaç fırsatçı mantar türü, hastalık belirtilerine neden olmadan uzun bir süre boyunca meşe dokularını endofit olarak kolonize etme yetenekleri nedeniyle artan bir ilgi görmüştür [27]. Sağlıklı ağaçlar tipik olarak bu endofitleri yönetir [28]. Bununla birlikte, çevresel stres faktörleri ağaçları zayıflattığında, başlangıçta içerilen mantarlar komşu dokularda kolonileşme yeteneğine sahip olur ve ağacın kademeli olarak azalmasına ve nihai ölümüne neden olur [29]. Artan kuraklık sıklığı ve şiddeti ile yükselen sıcaklıklar, en termotolerant mantar meşesi patojenlerini desteklemektedir. İklim kaynaklı fizyolojik stres ile birleştiğinde, bu patojenlerden bazıları mantar meşelerinin azalmasına ve nihayetinde ölmesine neden olur [30].

Meşe gerilemesi sıklıkla, türü, yoğunluğu, sıklığı ve hatta alana/bölgeye göre değişen çeşitli etkileşimli abiyotik ve biyotik faktörleri (ör. kuraklık, don, böcek zararlıları ve patojenler) içeren çok faktörlü bir hastalık olarak adlandırılır [31,32]. Bununla birlikte, Diplodia ve Phytophthora cinsi hastalıkların meşe ağaçlarının azalması ve ölümü açısından çeşitli ortamları önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir [33,34].

1.1.4.2 İklim Değişikliği

Küresel ısınma dünya genelinde orman kaybına neden olmaktadır [35]. Akdeniz'de bu durum, artan ortalama sıcaklıklar ve mevsimlere giderek daha düzensiz dağılan ve sıklıkla daha uzun kuraklıklara neden olan yıllık yağış miktarındaki genel azalma ile doğrulanmaktadır [36]. İklim değişikliği, mantar meşesi meşcerelerini ağaç büyümesi ve ölümlerinin yanı sıra mantar üretimi ve kalitesini değiştirerek potansiyel olarak etkileyebilir [37,38]. Özellikle kuraklık ve yüksek sıcaklıkların mantar büyümesini engellediği gösterilmiştir [39]. Mantar çıkarma programlarının optimize edilmesi, kabuk soyma yüzeylerinin azaltılması ve ağaç yoğunluğunun artırılması gibi orman yönetimi uygulamalarının uyarlanması, iklim değişikliği karşısında mantar verimliliğini artırabilir [40]. Mantar meşesi ormanlarının benzersizliği nedeniyle, biyoçeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini korumak için ağaçlandırma girişimlerine dayalı uzun vadeli sürdürülebilir yönetim tekniklerinin ve proaktif müdahalelerin teşvik edilmesi yerel veya bölgesel düzeyde değerlendirilmelidir [41].

İklim değişikliğinden etkilenen tek şey mantar meşesi ağaçları değildir. Mantar meşesi patojenlerinin birçoğu ve bu patojenlerin konukçularıyla nasıl etkileşime girdiği de etkilenmektedir. Öte yandan, iklim değişikliği çeşitli patojenleri farklı şekillerde etkileyebilir ve patojenlerin iklime adaptasyonuna ilişkin literatür hala sınırlıdır [42].

Bir patojenin ne kadar iyi hayatta kalabileceğini ve yayılabileceğini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar arasında sıcaklık, yağış, bağıl nem, ışık, yaprak ıslaklığı, toprak nemi, güneş radyasyonu, hava türbülansı ve diğer faktörler yer alır. Oomycete *Phytophthora cinnamomi*'nin mantar meşesinin azalmasının önemli bir nedeni olduğu güney İber Yarımadası'nda, uzun kuraklıklar ve yağışlı mevsimlerin kombinasyonu, kötü saha özellikleri (düşük fosfor seviyelerine sahip verimsiz topraklar, kötü drene edilmiş topraklar) ve hastalık dostu bir ortam (örneğin, güneye bakan tepelik arazide bulunan meşcereler) ile birlikte patojen için ideal koşulları üretir [31]. Avrupa'da ortalama sıcaklıkların yükselmesi ve aşırı iklim olaylarının (örneğin kuraklık, sel ve fırtınalar) sıklığının artmasını içeren mevcut iklim değişikliği projeksiyonları göz önüne alındığında, *Phytophthora* kök çürüklerinin çoğalması ve meşe ormanı ekosistemlerinin istikrarsızlığının ve kırılabilirliğinin artması muhtemeldir [43].

Ayrıca, şiddetli fizyolojik stres ağaçların canlılığını azaltarak onları parazitlere karşı daha duyarlı hale getirir. *Brevundimonas mediterranea* gibi patojenik endofitler sürekli kurulukla birleştiğinde, artan enfeksiyon oranları mantar meşesi kaybıyla ilişkilendirilmiştir [32]. Ksiliyar mantarların çeşitli orman ağacı türleri üzerindeki ekolojik etkisi, Akdeniz bölgesinde olağandışı kurak yılların bir sonucu olarak açıkça artmıştır [6]. Artan sıcaklık ve kuraklığın bazı mantar meşesi hastalıklarının türe özgü özellikleri ve popülasyon dinamikleri üzerindeki etkisini belirlemek için ek araştırmalara ihtiyaç vardır.

1.2 Mantar Çıkarma

Mantar çıkarma ya da mantar sıyırma işlemi, dikdörtgen şeklindeki büyük plakaların kesilmesini ve ardından ağaçtan çekilmesini içeren, ağacın kabuğuna zarar gelmesini önlemek için titiz ve deneyimli eller gerektiren eski ve manuel bir işlemdir. Prosedür, iç kabuğa veya kambiyuma zarar vermeden kabuğu ağaçtan çıkarmak için pelojenin kırılabilirliğinden ve yeni gelişen mantar hücre katmanlarından yararlanır. Sonuç olarak, bu işlem tamamen mevsimseldir, ilkbahar sonu ve yaz başında gerçekleşir ve mantar meşesinin fizyolojik olarak aktif olmasını gerektirir. Ortalama olarak, mantar meşesi ömrü boyunca dokuz yıl aralıklarla 15 ila 18 kez soyulabilir ve ilk soyma (işlenmemiş mantar) 25 yaşında gerçekleşir. 34 yaşında ikincil mantar elde edilir ve son olarak 43 yaşında en iyi kalitede tıpa yapmak için ideal özellikleri içeren üreme mantarı elde edilir.

Mantar meşesinin soyulması işlemi beş aşamadan oluşmaktadır:

1. Aç - Mantar kalas, balta ile en görünür oluğu boyunca dikey olarak kesilerek saktan ayrılır.
2. Ayır - Kalas, baltanın kenarı kalas ve bast arasında bükülerek ayrılır.
3. Yazı - Yatay bir kesim veya yazı, ağaçtan alınan mantar kalasın boyutunu belirler.
4. Ayıklama - Tahta, kırılmaması için ağaçtan nazikçe çıkarılır. (Tahta ne kadar büyükse, ticari açıdan o kadar değerlidir).
5. Atık giderme - Ağacın dibinde, ortaya çıkabilecek parazitleri yok etmek için birçok kez çekiçlenen bazı mantar parçaları bırakılır.

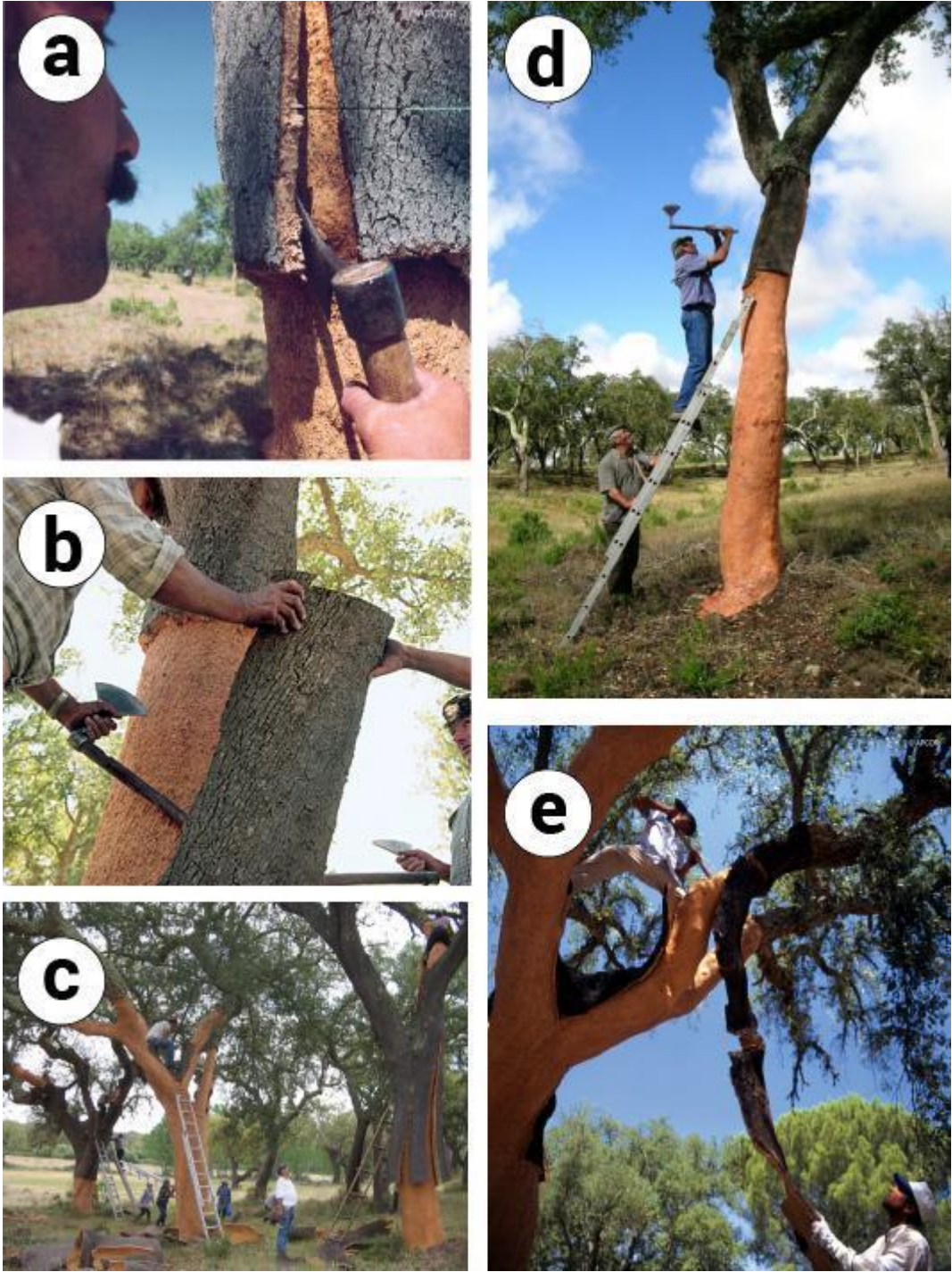
Hammadde için endüstriyel gereklilikler, şu anda çoğunlukla tıpa üretimine yönelik olan özel uygulama tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle, uygun bir kalınlık gereklidir (yani, minimum 27 mm kalınlığında mantar plakaları) ve ciddi süreksizlikler (yani, derin kırıklar) gibi önemli kusurlar mevcut değildir. Bunlar, sırasıyla ilk periderm ve ilk travmatik peridermden elde edilen işlenmemiş ve ikincil mantarın mantar tıpa üretimi için düşünülmemesinin ana nedenleridir.

1.2.1 Mantar Şeritleme Süreci

Kabuk, periderm aktivitesi sırasında, phellogen ana hücreleri ve yeni oluşan phellem hücreleri şiştiğinde ve hücre duvarları ince ve zayıf olduğunda dışarı çekilir. Önce kabuğu kesin, sonra tutun ve dışarı çekin. Radyal yönde hafif bir kuvvet, bu durumdaki kabuğu fellojenik aktif bölge seviyesinde ayırmak için yeterlidir. Bu işlemin zamanlaması, altta yatan floem ve kambiyuma zarar vermektan kaçınmak için kritik önem taşır. Sonuç olarak, mantar çıkarma işlemi, tipik olarak Mayıs ortası ile Ağustos başı arasında meydana gelen en yoğun phellogen aktivitesi dönemiyle sınırlıdır. Hava durumu kabuk soyma dönemini belirler, bu da işlemlerin gecikmesine veya önceden tahmin edilmesine neden olabilir. Sürgünlerin ve yaprakların oluşumunda görüldüğü gibi, yenibahar büyümesinin başlangıcı tipik olarak ağacın fizyolojik aktivitesinin bir işaretidir ve mantar soyma işleminin başlangıcını planlamak için gerekli bir koşuldur. Yaygın yaklaşımlardan biri, mantarın birkaç mantar meşesinden ne kadar kolay çıkarılabileceğini değerlendirmektir. Kolayca çıkarılamadığında, kabuk geleneksel

yöntemler kullanılarak çıkarılamaz; uygulanan kuvvet aşırı ise, kambiyum seviyesinde bir yırtılma meydana gelebilir ve bu da geri dönüşü olmayan hasara yol açabilir. Bununla birlikte, bir meşcere içindeki ağaçların fizyolojik durumunun değişkenliği nedeniyle, mantar çıkarma işlemi sırasında bazı ağaçların, yani zayıflamış veya hastalıklı ağaçların mantar vermemesi veya bir ağacın bazı kısımlarından, yani kısmi taç saldırısı nedeniyle mantarın çıkarılmasının imkansız olması mümkündür. Mantar sıyırıcıların bilgisi, operasyonun teknik olarak başarıyla tamamlanması ve gerekli değerlendirmelerin yapılması için kritik öneme sahiptir.

Mantar soyma işlemi manuel olarak gerçekleştirilir. Tipik olarak, çalışma ekibi aynı ağacı aynı anda soyan iki kişiden oluşur. Şekil 1.9 mantar çıkarma işlemi göstermektedir. Mantar plakalarını ayırmak için kavisli bir kesme bıçağına sahip bir sıyırma baltası ve ucu yontulmuş oldukça uzun bir ahşap kol kullanılır. Mantar sıyırma işlemi, ağaç çevresi boyunca göğüs hizasında veya biraz daha yüksekte yatay bir kesimle başlar ve bunu ağaç çevresine bağlı olarak iki/üç dikey kesim izler. Kesim, balta dengelenerek ve gücü mantar tabakasını kesecek ancak iç kabuğa nüfuz etmeyecek şekilde ayarlanarak yapılır. Sonraki kesme darbeleri düz bir çizgi izler veya gövdenin etrafını dolaşır. Mantar tabakası, baltanın kolu kesilen yere sokularak ve kaldırılarak ayrılır. Mantar kalas daha sonra çıkarılır. Gövdenin alt ucunda toprakla temas eden mantar şeridi çıkarılır ve temiz, soyulmuş bir yüzey bırakılır. Bu teknik, mantar çıkarma kapasitesine ulaşılan kadar benzer şekilde ağacın gövdesi ve ana dallarında yukarı doğru tekrarlanır. Ağacın üst dallarına erişmek için orijinal olarak ahşaptan ama artık genellikle alüminyumdan yapılmış merdivenler kullanılır. Mantar sıyırma, yetenekli çalışanlar tarafından gerçekleştirildiğinde oldukça hızlı bir işlemdir ve bir ekip (2 eleman) yaklaşık olarak ortalama 900 kg/gün elde eder [4]. Kısa gövdeli ve birkaç yayılan kalın dallı büyük ağaçlarda mantar sıyırma işlemi, Şekil 9c'de görülebileceği gibi, dalların üzerinde durarak ağaca doğru ilerlemesi gereken birkaç mantar sıyırıcı grubu tarafından gerçekleştirilir. Bu ağaçlar birkaç yüz kilograma tekabül eden önemli miktarda mantar üretmektedir. Portekiz'in en büyük ve en yaşlı mantar meşesi ağacı olan ve aynı zamanda Guinness Rekorlar Kitabı tarafından dünyanın en büyüğü olarak kabul edilen 102 ton ağırlığındaki Whistler ağacı 2000 yılında soyulmuş ve 650 kg mantar elde edilmiştir. 1991 yılındaki bir önceki mantar hasadı ise 1,2 ton vermiştir [44].



Şekil 1.9 a) Bir balta kabuğu keser - yatay ve dikey çizgiler; b) Baltanın kolu mantar tahtasını çıkarmak için kullanılır; c) Sıyırma işlemine genel bakış; d) Üst kısmın sıyırılması için merdiven kullanılması gerekir; e) Dalların sıyırılması (APCOR©'un izniyle [1]).



Şekil 1.10 Mantar kalasları yüklü traktör (APCOR©'un izniyle [1]).

Mantar soyma işlemi, çoğu mantar hasadında uzmanlaşmış, sayıları yaklaşık 100 olan geniş bir işçi grubu tarafından gerçekleştirilir. Mantar sıyırıcılara ek olarak, bu gruplar bir yönetici ve kalasları toplayıp merkezi bir yere taşıyan ve istifleyen kişilerden oluşur. Şekil 1.10'da kalasların yerden nasıl toplandığı ve traktöre nasıl yüklendiği gösterilmektedir.

Mantar soyma, bu bölgelerin kültürel ve sosyal geçmişinde yer etmiş muhteşem bir olaydır. Çömlekçilik ve el boyaması çiniler gibi el sanatlarında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Mantar sıyırma işlemi otomatikleştirmek için bazı girişimler olmuştur. Yüksek basınçlı su jeti veya lazer ışını kullanmak gibi daha karmaşık yaklaşımlar test edilmiş olsa da, pratik veya maliyet kısıtlamaları nedeniyle bunlar elenmiştir. Ayrıca, kesme işlemi için elle taşınan bazı motorlu testere makineleri önerilmiş ve sahada test edilmiştir [45]. Dikey ve kısa sap çıkarma ile sınırlı olmasına rağmen, sonuçlar kesme hassasiyeti ve işletme giderleri açısından umut vericidir.

Mantar kabuğu çıkarıldıktan hemen sonra mantar meşesi gövdesi altın sarısı kahverengi ve pürüzsüz görünür. Takip eden haftalar boyunca koyulaşır ve nihayetinde floemin dış dokuları hızla kuruyarak Şekil 1.11'de görüldüğü gibi gövdeye pürüzlü bir doku sağlayan koyu kırmızımsı kahverengi bir renge ulaşır. Yıllarca hava koşullarına maruz kaldıktan sonra gövde koyu grimsi kahverengiye dönüşür ve alttaki katmanın büyüme yoğunluğuna bağlı olarak derinliği değişen derin çukurlarla daha da pürüzlü bir hal alır.



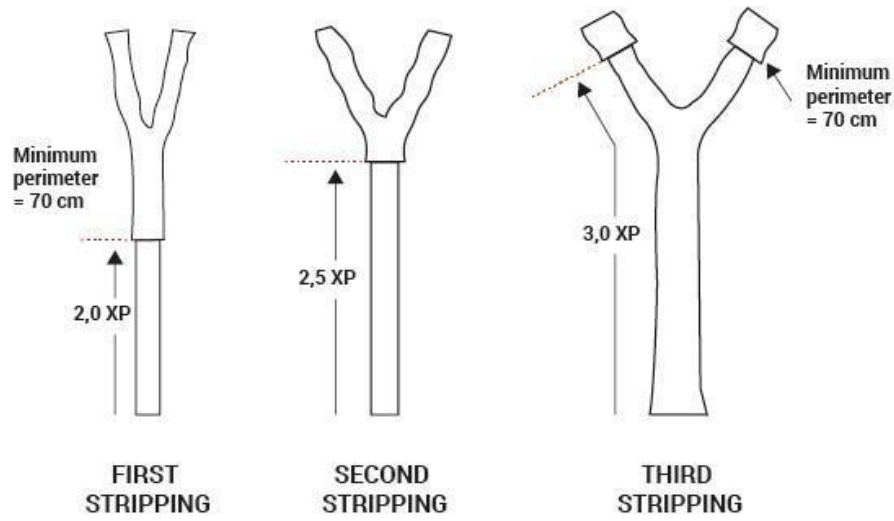
Şekil 1.11 Mantar meşesi sapının mantarın sıyırılmasından sonraki görünümü (APCOR©'un izniyle [1]).

1.2.1.1 Mantar Sıyırma İşleminin Yoğunluğu

Mantar soyma yoğunluğu, ağacın boyutuna göre çıkarılan kabuk alanı olarak tanımlanır. Kabuk soyma katsayısı, kabuk soyma yüksekliği ile mantar meşesinin göğüs yüksekliğindeki çevresi, $p_{b_{overcork}}$ (1,3 m yükseklikte) arasındaki oran olarak Denklem 1 ile tanımlanır [45]

Kabuk soyma katsayısı= kabuk soyma yüksekliği/m.meşesinin göğüs yüksekliğindeki çevresi (1.1)

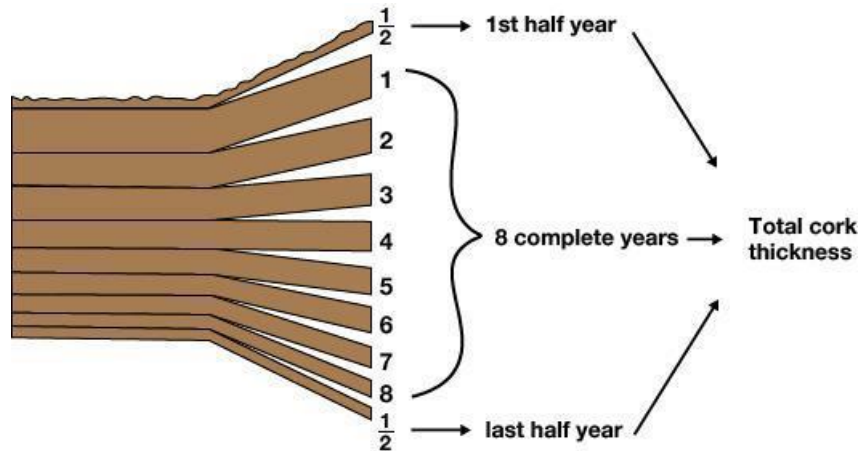
Mevzuat veya iyi uygulama prosedürleri kabuk soyma katsayısını kısıtlamaktadır. Portekiz’de maksimum kabuk soyma katsayısı kanunla düzenlenmiştir [4]. Ağacın gelişim aşamasına bağlıdır: Şekil 1.12’de gösterildiği gibi birinci, ikinci ve ardışık mantar soyma işlemleri için sırasıyla 2,0, 2,5 ve 3,0. Mantar, ağaç göğüs yüksekliğinde 70 cm’lik bir çevreye (22 cm çap) ulaşana kadar çıkarılamaz. Bu aynı zamanda dallardan çıkarma için de sınırdır. İspanya’da sınırlama göğüs yüksekliğinde 60 santimetredir (çap 19 cm). Mantar meşesinden dallar çıkarıldığında, kabuk soyma yüksekliği gövde yüksekliğini ve kabuğu soyulan en uzun dal boyunca ölçülen dal uzunluğunu içerir. Üretim yaşı radyal büyümeye bağlıdır. Bununla birlikte, tipik yetiştirme senaryolarında gerekli çapa 20-25 yılda veya daha az elverişli ortamlarda 30-40 yılda ulaşıldığı genel olarak kabul edilmektedir.



Şekil 1.12 Mantar meşesinin ömrünün üç sıyırma aşaması ([46]'dan uyarlanmıştır).

Yoğunluk sınırları, bir ağacın onarılamaz bir canlılık kaybı olmadan peridermini kaybetmeyi tolere edebileceği gövde ve dal yüzeyinin yüzdesine ilişkin deneyim ve ampirik sağduyuya dayanarak belirlenmiştir. Mantar sıyırma yoğunluğu, iki sıyırma arasındaki yıl sayısı olarak tanımlanan ve üretim döngüsü olarak adlandırılan sıyırma sıklığına bağlıdır. Mantar döngüsü süresinin ağaç büyümesi üzerindeki etkisini ölçen herhangi bir çalışma mevcut değildir. Döngü boyunca mantar büyümesi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir ve döngünün süresinin, sonraki endüstriyel kullanım için mantar tahtasında belirli bir kalınlığa ulaşma gerekliliği tarafından belirlendiği görülmektedir. Sonuç olarak süre, mantarın yıllık ortalama büyümesine bağlı olarak bölgelere göre değişebilir. Portekiz ve Güney İspanya'nın çoğunda, yaklaşık 3-3,5 santimetrelik bir tahta kalınlığına tipik olarak dokuz yılda ulaşılır. Ancak Katalonya, İspanya veya Güney Fransa'da böyle bir değere ulaşmak on beş yıldan fazla zaman alır.

Hem Portekiz hem de İspanya'da ekstraksiyonlar arasındaki minimum süre için dokuz yıllık bir yasal sınır vardır. Yaş, Şekil 1.13'te gösterildiği gibi, mantar kesitindeki halkalar sayılarak belirlenebilir ve ekstraksiyon yılları yarım yıl olarak sayılır.



Şekil 1.13 Yaşını belirlemek için bir mantar kesitindeki halkaların sayılmasının gösterimi ([7]'den uyarlanmıştır).

Bir meşcerede mantar çıkarma işlemi tüm ağaçlarda - eşit yaşlı mantar - veya ağaçların bir alt kümesinde - eşit olmayan yaşlı mantar - eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilir. Düzensiz yaşlı mantar meşcerelerinde, meşceredeki farklı mantar yaşlarının sayısına bağlı olarak ağaç ve meşcere mantarı sıyırma olmak üzere iki mantar sıyırma rotasyonu oluşturulur. Orman yönetimine yardımcı olmak için, mantarın çıkarılmasının ardından gövdedeki son rakam beyaza boyanarak çıkarma yılı ağaca kaydedilir - örneğin, 2005 yılında çıkarılmışsa, Şekil 1.14'te gösterildiği gibi 5 rakamı boyanır. Mevcut yönetim stratejisi, eşit yaşlı mantar yönetim bölgelerini ve büyük meşcerelerde iki veya üç mantar yaşını tercih etmektedir.

Tarihsel olarak, parçalı gövde mantarı soyma işlemi de uygulanmıştır: gövde yüksekliğinin yaklaşık yarısı bir yıl içinde soyulmuş ve kalan alan 4-5 yıl sonra soyulmuştur. Sonuç olarak, bir ağaç 3-5 yıllık bir gecikmeyle birbirinden ayrılan iki mantar döngüsü yaşıyordu. Gövdenin aynı kısmının tekrar tekrar kesilmesi, gövdenin etrafında bir kuşak oluşturan yara reaksiyonlarına neden olarak düşük kaliteli mantarla sonuçlandığından, bu uygulama şu anda yasaklanmış veya kesinlikle tavsiye edilmemektedir. Bu meşeler montado ortamının karakteristik özellikleri olmaya devam etmektedir.



Şekil 1.14 Mantarın çıkarıldığı yılın göstergesi (APCOR©'un izniyle [1]).

1.2.1.2 Ağaç Büyümesi Üzerindeki Etkisi

Mantar çıkarma işleminde görev alan işçinin ağaca zarar vermeden kabuğu kesmek için yetenekli ve dikkatli olması gerektiği kabul edilmektedir. Gerçekten de, güçlü ve hızlı bir kesme darbesi gereklidir, aksi takdirde mantar enerjisinin çoğunu emer ancak floem veya kambiyuma nüfuz edecek kadar aşırı güçlü değildir. Mantarın çıkarılmasından kaynaklananlar gibi yaralar, enfeksiyon ve biyolojik saldırı için giriş noktaları sağlar. Ağaç, parçalı sıyırma işleminde ekstraksiyonlar arasındaki sınır çizgisi

olarak bazen oldukça belirgin bir şekilde gövdede ortaya çıkan kalluslar oluşturarak yanıt verir. Bu fenomen, sonraki sıyirmalar sırasında tam olarak aynı yerde tekrarlanan kesim çizgileri ile kolaylaştırılır. Reaksiyon bölgelerinde mantar üretimi azalır ve sonraki sıyirmalar teknik olarak daha zordur ve yaralanma olasılığı daha yüksektir. Sonraki sıyirmaların neden olduğu ağaç hasarının büyüme üzerindeki etkisi [47]'de analiz edilmiştir. Genel olarak, ağaç radyal gelişimi zarar görmemiş olanlara kıyasla yaklaşık yüzde on üç oranında azalmıştır [47]. Mantar üretimi yüzde on dört oranında azalmış ve bu azalma ekstraksiyonu takip eden iki yıl içinde belirgin bir etki göstermiştir [47].

İspanya'nın Extremadura bölgesinde seçilen dört alanda mantar sıyırma ve budama işlemlerinin yol açtığı hasarlar üzerine yapılan bir araştırma, önemli oranda hasar (ağaçların yüzde otuz bir ila kırk yedisini etkileyen) ve *Cerambyx* böceği saldırısı ve ardından *Biscogniauxia mediterranea*'un neden olduğu mantar enfeksiyonunun yol açtığı hasar ve delikler arasında kayda değer paralellikler olduğunu bildirmiştir (Şekil 1.15) [48]. Mantar sıyırma işlemi için yüksek vasıflı işgücü istihdam etme, her bir ağaç sıyırma işlemi arasında kesme aletlerini dezenfekte etme ve işlemi sıkı bir şekilde kontrol etme gerekliliği mantar meşesi yönetiminde tekrarlanan temalardır ancak her zaman takip edilmemektedir.



Şekil 1.15 *Biscogniauxia mediterranea* mantar meşesi: a) Karakteristik, siyah stromaların kabuktan dışarı çıkması; b) alt gövdede sporlanan bir çürüklük (görüntü [43]'ten).

Mantarın soyulması ağacı doğrudan fizyolojik olarak etkiler. Mantarın çıkarıldığı bölge gövde terlemesiyle daha fazla su kaybına uğrarken, stomalar ilerleyen saatlerde hızla kapanır (örneğin, 24 saat sonra stoma aktivitesi olmaz), beslenme süreçlerinin bozulmasına ve ancak 24-30 gün sonra normale dönmesine neden olur. Bu zaman diliminde, travmatik phellogen oluşur ve aktif floemi daha fazla su kaybetmekten koruyan birkaç mantar hücresi katmanı oluşur. Bu süreç önemli bir rezerv tüketimini gerektirdiğinden, vasküler kambiyum aktivitesi azalır ve odun büyümesi bu aşamada durur. Mantar çıkarma işleminin veya şiddetinin ağacın radyal büyümesi üzerindeki etkisine ilişkin çok az araştırma bulgusu vardır. Mantar meşesinde yıllık halkaları gözlemlemenin zorluğu nedeniyle, mantar sıyrılmasının bir sonraki büyümeyi nasıl etkilediğini gövde disk analizi kullanarak izlemek imkansızdır. Bununla birlikte, bir ağaç mantar üretmeye başladığında, odunun anatomisinin değiştiği görülmektedir: daha kalın duvarlı daha küçük hücreler, daha fazla lif ve daha az parankima, erken odundan geç oduna karakteristik kademeli geçiş olmaksızın düzensiz dağılmış odun elemanları [48]. Mantarın çıkarılmasını takip eden iki yıl içinde olgun ağaçlarda odun büyümesinin azaldığı da rapor edilmiştir (dokuz yıllık bir üretim döngüsünde yaklaşık yüzde on beş) [49]. Ancak, mantarın çıkarılması, uygun koşullarda büyüyen çok genç ağaçlarda ağacın genel radyal büyümesini azaltmamıştır [13].

1.2.2 Hasat Sonrası İşlemler

1.2.2.1 Saha Depolama

Mantar sıyrıcılar söktükleri mantar plakaları yere bırakır. Daha sonra bunlar traktörle toplanır ve bir avluya yığılır. Sınırlı erişime sahip dik alanlarda, mantar kalasları bir bantlı traktör veya katırlar (İspanya'da) kullanılarak taşınır.

Yığınların oluşturulması, alanın seçilmesiyle başlayan titiz bir süreçtir (düz, kuru ve karayoluyla kolayca erişilebilir). Mantar kalaslar sapın şeklini takip eder (kavisli - mantar sırtı dışbükey tarafa bakar). Bunlar mantar sırtı yukarı bakacak şekilde üst üste istiflenir ve düzenli şekilli kalaslar kullanılarak yığın için düz ve sağlam bir dış duvar oluşturmak üzere dikkatlice yerleştirilir. Düzensiz şekilli ve daha küçük kalaslar yığının iç kısmına yerleştirilir. Kazıkların boyutları değişmekle birlikte tipik olarak 8-10 metre genişliğinde, 2-2,2 metre yüksekliğinde ve 30-50 metre uzunluğundadır. Şekil 1.16 ve Şekil 1.17 bazı örnekleri göstermektedir. Yığın, kalaslar standdan gelir gelmez inşa edilir. Sonuç olarak, henüz segmentasyon yapılmadığı için farklı kalınlık ve kalitede mantar kalasları içerir. Farklı yığınlar tamamen mantar kalaslardan (minimum yüzey alanı 400 cm²), ayrıca bir bakire ve ikinci mantardan inşa edilir.

Mantar yığını ustaları, olası alıcıların yığını inceleyeceğini bilerek yığını yapan yetenekli profesyonellerdir. Gerçekten de mantarın ticarileştirilmesi ve bir fiyat üzerinde anlaşmaya varılması, yığının görsel olarak incelenmesinin ardından gerçekleşir. Teklif vermeden önce bazen yığının çekirdeğinden numuneler alınsa da, görünürdeki kalaslar önemli bir rol oynar. Fiyat, 15 kg standart tartım birimi ile ağırlığa göre belirlenir. Ancak, bir sonraki bölümde belirtildiği üzere, mantarın

içerdiği su miktarı ve buna bağlı ağırlık indirimi konusunda ek bir anlaşma yapılması gerekmektedir. Saha depolama süresi değişkenlik göstermekte olup, birkaç hafta veya nihayetinde bir yıla kadar sürebilmektedir. Üretici ve müşteri arasında yapılan düzenlemeler bu süreyi büyük ölçüde belirler ve sıklıkla, endüstriyel değirmendeki lojistik, mantarın ne zaman toplanacağını belirler. Saha depolaması ve yığın yapımı son zamanlarda ortadan kaldırılmıştır ve mantar plakaları, mantar sıyırma işleminin ardından doğrudan endüstriyel sahaya teslim edilmektedir. Bununla birlikte, mükemmel olgunlaşma ve stabilizasyon elde etmek için mantarın sıyıldıktan sonra açık havada bırakılması gerekir. Uluslararası Mantar Tıpa Uygulamaları Kodu (CIPR), altı aydan az olmayan bir süre boyunca kirletici olmayan malzemelerin altına kalasların istiflenmesi de dahil olmak üzere bu adım için sıkı kurallar belirlemiştir [50].



Şekil 1.16 Kalasların sahada toplanması (APCOR©'un izniyle [1]).



Şekil 1.17 Kalas yığını (APCOR©'un izniyle [1]).

1.2.2.2 Su İçeriği Değişimi

Mantar, sıyırma sırasında nem içeriği gösterir. Fellojenin aktivitesi ve hücrelerin bu bölgedeki turgiditesi göz önüne alındığında bu beklenen bir durumdur. Sıyırma işleminden sonra mantar plakaları yaklaşık %25 su içerir, ancak bu oran numuneler arasında %10'dan düşük ve %50'den yüksek olmak üzere önemli farklılıklar gösterir [51].

Mantar kalas merkezde nemlidir ve kenarlarda kurur. Sapından ayrıldıktan sonra, en içteki 1 mm kalınlığındaki mantar tabakası, suyla dolu bir dokudan beklendiği gibi yarı saydamdır. Çıkarma sırasında mantar, hasat sırasında toplanan ahşaptan daha düşük bir su içeriğine sahiptir (%50'den fazla nem içeriği). Bunun nedeni mantarın düşük higroskopikliği ve mevcut mantar döngüsünün peridermin dış katmanları için uzun kurutma süresidir. Oda sıcaklığında mantar plakalar hızla su kaybeder. Yaklaşık dokuz gün sonra, sahada istiflenmiş mantar plakaları %14'ten az su içeriğine sahip olmalıdır ve ticari kuru mantar olarak kabul edilebilir. Tamamen dengelenmiş mantarın nem seviyesi %6 ila 10 arasındadır. Tarla yağınlarında depolama, mantar büyüme halkası genişliğini veya mantar plakalarının gözenekliliğini etkilemez.

Bir mantar yığınının satışı için pazarlık yapılırken, genellikle fiyat üzerinde anlaşmaya varılır (tartıldığında). Söküldükten hemen sonra veya kısa bir süre sonra taşınan mantara %20 su içeriği indirimi uygulanır ve bu genellikle şiddetli tartışmalara konu olur. Gerçek su içeriği tahmin edilebilir ve suyun mantar ağırlığına oranı hesaplanabilir. Sıyırma sırasında %25, dokuz gün sonra %14 ve bir ay sonra %10 nem içeriği kullanıldığında, 100 kg kuru mantar (%0 nem) sırasıyla 125, 114 ve 110 kg ağırlığında olacaktır. Bu da su nedeniyle ağırlıkta yapılacak "düşüşün" (a) mutlak kuru mantar için sıyırma işleminden dokuz gün ve bir ay sonra tartılan mantarın sırasıyla %20, %12,3 ve %9,1'i ve (b) %10 nemli hava kurusu mantar için (yaygın yöntem) sıyırma işleminden dokuz gün ve bir ay sonra tartılan mantarın sırasıyla %10, %2,3 ve %0'ı olacağını göstermektedir.

1.2.2.3 Bahçe Depolama ve İşleme için Hazırlık

Geleneksel olarak, endüstriyel değirmenlerin arazilerinde mantar hammaddelerini depolamak için ayrılmış önemli bir açık hava alanı vardır. Mantar kalas depolama alanı veya stabilizasyon alanı hafif bir eğime sahiptir ve yağmur suyunun zemine yakın bir yerde birikmesini önlemek için çimentolanmıştır. Bu önlemin amacı, mantar plakalarda küflü tatları ortaya çıkarabilecek veya vurgulayabilecek mikropların veya kontaminasyonun büyümesini önlemektir. Şaraptaki mantar tıpa lekeleri ve kötü tatlar kritik kalite sorunları olduğundan üreticiler bu konuya çok dikkat etmektedir.

Şekil 1.18'de gösterilen depolardaki mantar kalas yığınları düzenli bir şekilde (tarla yığınlarıyla aynı şekilde) veya Şekil 1.19'daki gibi doğrudan kamyonun boşaltılmasından sonra dikilmişse daha gelişigüzel bir şekilde düzenlenebilir. Değirmende hammaddelerin kökeni korunur ve depolama yığınları, mantarın endüstriyel süreç içerisinde izini sürmeye yönelik ilk adım olarak kökenlerine göre ayrılır.



Şekil 1.18 Avluda düzenli bir şekilde depolanan kallaslar (APCOR©'un izniyle [1]).



Şekil 1.19 Kamyondan boşaltıldıktan sonra avludaki kallaslar (APCOR'un izniyle © [1]).

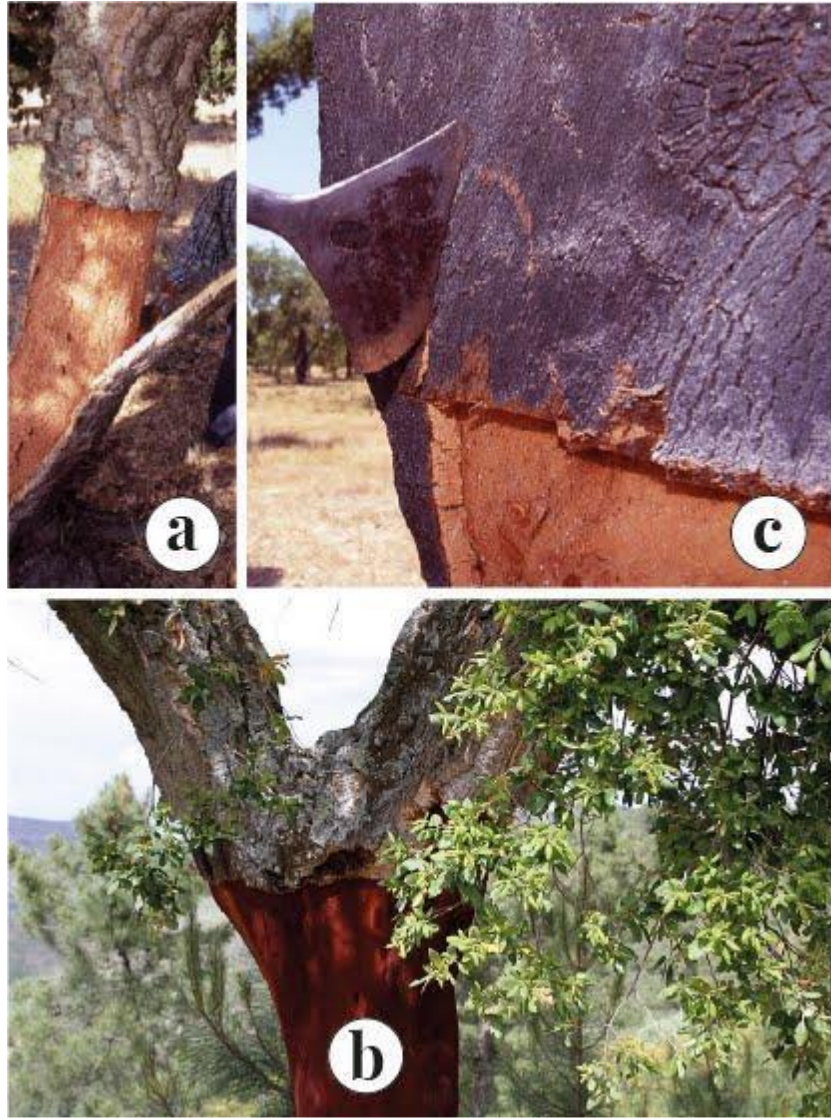
Depolama süresi, hammadde akışı açısından endüstriyel sürecin gerekliliklerine büyük ölçüde bağlıdır. Tarihsel olarak, mantar plakaların kimyasal ve yapısal stabilizasyonu için iki yıla kadar uzun süreler uygulanmış ve daha sonra bir yıla kadar kısaltılmıştır. Çok sayıda ampirik normda olduğu gibi, bu norm da bilimsel bir temelden yoksundur. Bunu takip eden suda kaynatma işlemleri streslerin yapısal olarak gevşemesiyle sonuçlanırken, iç mantar katmanlarının kurutulması ve metabolik ürünlerin havada oksidasyonu sahada gerçekleşmiş olup, bu sonucunun phellogen'e yakın birkaç hücre katmanıyla sınırlı olduğu akılda tutulmalıdır. Şu anda iyi resmi uygulamalar altı aylık bir depolama süresi önermektedir. Ancak, mantar üretiminin mevsimselliği ve hammaddelerin son derece pahalı olmasıyla ilgili ekonomik ve lojistik faktörler nedeniyle hammadde sıklıkla daha kısa depolama süreleriyle işlenmektedir. Depolama süresinin mantar halkası genişliği, mantar gözenekliliği ve mantar tıplarının mekanik özelliklerindeki değişimler üzerinde bir etkisi yoktur [52] - son çalışmada sıfır ila altı ay arasındaki süreler ele alınmıştır.

Endüstriyel işleme hazırlığı depolama sahasında gerçekleşir ve mantar kalaslarının suda kaynatılmak üzere paletlerde toplanmasını gerektirir. Bu prosedür sırasında, aşırı düşük kaliteye sahip kalaslar ayrılır ve atık ham mantar kalaslarının yanı sıra küflü kalıntılar ve sarı lekeler içeren mantar kalasları olarak tanımlanır. Mantar meşesi gövdesinin en alt kısmından birkaç kalasın mantar yakası, ağaç köklerinin birleştiği yerde, altlık olarak adlandırılan toprağa yerleştirilir. Bu bölüm, topraktan gelen mikrobiyal saldırıyı önlemek için yaklaşık yirmi santimetre yükseklikte tahtadan kesilir. Bu prosedür de kazık yapımından önce sahada başlar.

1.2.2.4 Ham Mantar Türleri

Meşenin ilk periderminde oluşan bakir mantar, mantarın ilk çıkarılmasından önce Şekil 1.20a'da gösterilen gibi genç ağaçlarda veya olgun mantar meşelerinin soyulmamış dallarında görülebilir. Dolayısıyla, mantarın 25 yaşında ilk kez çıkarılması işlenmemiş mantarla sonuçlanır. Düzensiz yapısı ve aşırı sertliği nedeniyle bu mantar, mantar tıpa üretimi için uygun değildir. Bu mantar ayrıca döşeme ve yalıtım gibi çeşitli amaçlar için de kullanılır.

İlk mantar sıyırılmasının ardından, yeni travmatize periderm bir sonraki sıyırılmaya (ikincil mantar) kadar gelişir. Bu ikinci sıyırma bir öncekinden dokuz yıl sonra gerçekleşir ve Şekil 1.20b'de görülebileceği gibi daha düzgün bir yapıya sahip daha az sert bir mantarla sonuçlanır. Bununla birlikte, ikincil mantar sıklıkla derin çatlaklar sergiler, bu da onu aglomeralar için olduğu kadar inşaat ve diğer ürünlerde kullanım için de daha uygun hale getirir. Şekil 1.20c'de gösterilen üreme mantarı, bir sonraki peridermde - ağaç yaklaşık 43 yaşındayken - ve daha sonra gelişebilecek diğerlerinde bulunur. Bu, endüstrinin tıpa üretmek için kullanacağı hammaddedir. Mantar meşesi bu noktadan itibaren yaklaşık bir buçuk yüzyıl boyunca her dokuz yılda bir mükemmel mantar üretecektir.



Şekil 1.20 Üç tür ham mantar: a) işlenmemiş mantar (resim APCOR©'un izniyle [1]); b) ikincil mantar (resim Gerd Eichmann [53]); c) yeniden üretim mantarı (resim APCOR©'un izniyle [1]).

Bakir mantar, ağaç radyal genişlemesi nedeniyle mantarı yüksek bir yükseklikten sıyrılabilen olgun ağaçlar üretmeye yeni başlayan genç ağaçlardan elde edilir. Bu durumda, istenilen yükseklik sınırına ulaşılan kadar gövdenin en yüksek kısmına bir şerit işlenmemiş mantar yerleştirilir.

Şekil 1.21'de mantar sıyırma işleminden sonra genç bir ağaç gösterilmektedir ve mantar çıkarma işlemleri arasındaki sınırlar görülebilmektedir: üst kısımda bulunan işlenmemiş mantar, bir sonraki alt bölgeden ikinci mantar ve gövdenin kalan alt kısmında açıkta kalan iç kabuk.



Şekil 1.21 Bu gövdede, yukarıdan aşağıya doğru, işlenmemiş mantarı, ikincil mantarı ve mantarın sıyrılmasından sonra açığa çıkan fellojeni görselleştirmek mümkündür (görüntü [54]'ten alınmıştır).

Bakir mantar, budanmış dallardan veya seyreltme işlemleri sırasında çıkarılan genç ağaçlardan da elde edilebilir. Mantar meşeleri kışın budandığı için mantar tabakası iç kabuğa sıkıca yapışır. Mantar, küçük bir balta veya mekanik kabuk soyma ekipmanıyla elle çıkarılır. Mantar her iki durumda da birkaç santimetreden daha uzun şeritlere (yaklaşık 20 santimetre) kadar değişen boyutlarda parçalar halinde elde edilir, ancak önemli miktarda iç kabuk içerir. Bu mantar çeşidi mantar ağacı (kış mantarı olarak da bilinir) olarak adlandırılır. Bu hammaddenin endüstriyel değeri daha düşüktür çünkü öğütme işleminden sonra mantar granüllerinden ahşap malzemenin çıkarılması için iyice temizlenmesi gerekir.

Genel olarak, bu ağaçlardan elde edilebilecek olası mantar (hammadde) türleri, temel özellikleri ve endüstriyel uygulamaları ile birlikte Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1.1 Meşelerin sömürülmesinden elde edilen mantar türleri ve bunların ilgili karakterizasyonu ve kullanımı ([3]'ten uyarlanmıştır).

	Origin	Characteristics	Main use
Virgin cork	First cork extraction of young trees	It contains deep fractures and a distorted structure	Trituration for agglomerates
	Increase of cork stripping height from stem and branches during the juvenile and first age of mature trees		
	From branches of pruned felled trees (obtained manually with an axe)	It contains a large portion of inner bark and wood. (Also called winter cork)	Trituration for expanded agglomerates
Secondary cork	Second cork extraction	It contains deep fractures	Trituration for agglomerates
Reproduction cork	From third extraction onwards	May be obtained either by stripping of the standing tree or by axe removal after felling. In the latter, it contains portions of inner bark	Planks for production of stoppers
	Under-aged cork from tree fellings		Refuse, pieces and very thin planks for trituration for agglomerates

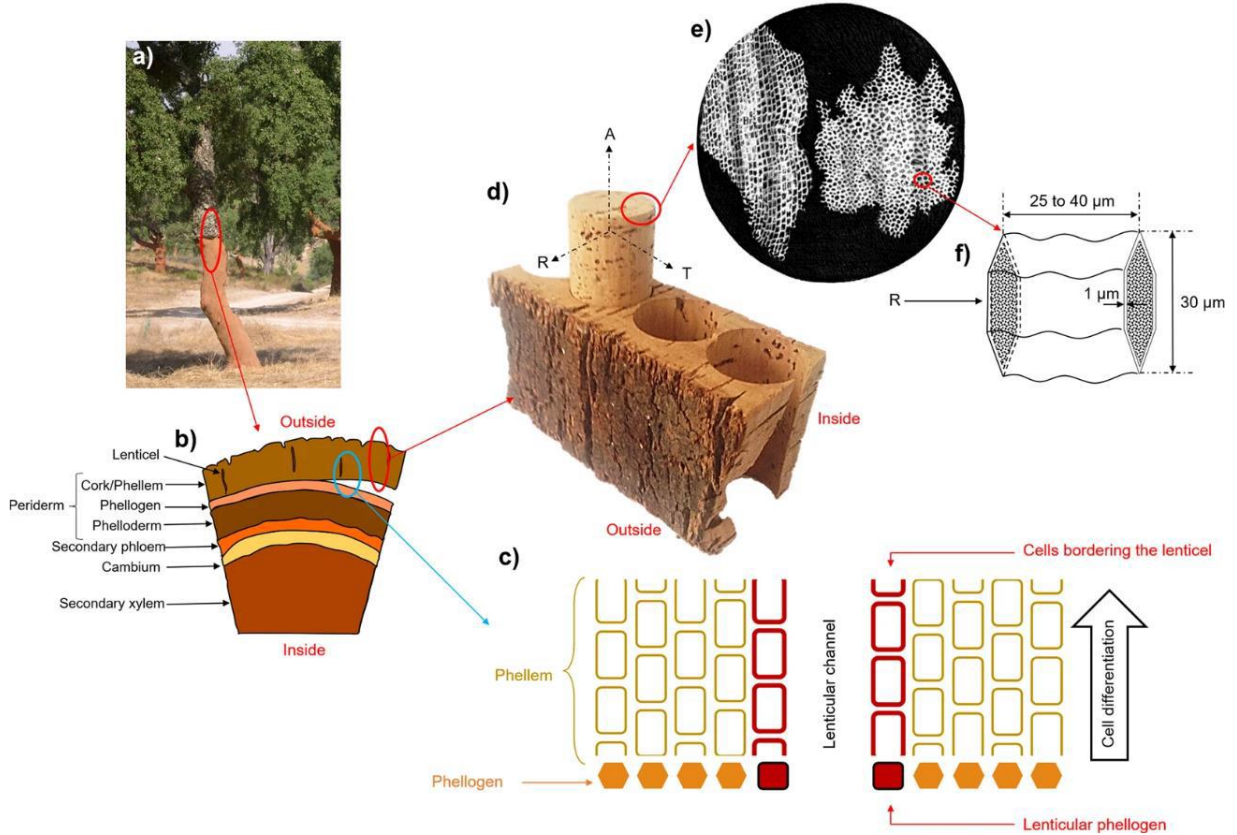
1.2.2.5 Endüstriyel Gereksinimler

Sektör, farklı derecelerde mantar katılımı ve teknolojik dönüşüm ile çeşitli ürünler üretmektedir. Yine de, tüm sektörün ekonomik fizibilitesi esas olarak şarap şişeleme için doğal mantar tıpa üretimi ile tanımlanmaktadır. Günümüzde mantarın bu uygulama için hammadde olarak uygunluğu, ticari değerini ve orman yöneticisinin hedeflerini büyük ölçüde belirlemektedir.

Hammaddenin işlenmeye uygunluğunu belirlerken, kalas kalınlığı kritik değişkendir. Bu nedenle, potansiyel endüstriyel müşterinin saha yığınlarını incelerken mantar kalaslarının kalınlık dağılımına çok dikkat etmesi yaygındır. Aynı meşcere içindeki çeşitli ağaçlardan ve aynı bölge içindeki meşcereler arasında elde edilen kalas kalınlığı önemli ölçüde değişir. Belirleyici faktör, tıpa üretimi için uygun kalınlığa (en az yirmi yedi milimetre) sahip mantar kalaslarının oranıdır. Daha ince kalaslar, şampanya şişelerinde kullanılanlar gibi teknik tıplar için mantar diskleri yapmak için kullanılır.

Tahtanın kalınlığı çevresel koşullar, ağaç genetiği ve mantar döngüsünün uzunluğuna göre belirlenir: daha kalın mantar tabakaları, ekstraksiyonlar arasında daha uzun aralıklarla elde edilir. Bu, ormancuların endüstriyel gereksinimleri göz önünde bulundurarak üretim değerini optimize etmek için kullanabilecekleri bir yönetim değişkenidir. Ek olarak, mantar plakalarının kalitesine mantar dokusu homojenliği açısından dikkat edilir. Şekil 1.22'de görülebilen merceksi kanalların neden olduğu aşırı gözeneklilik ve çatlaklar veya böcek galerileri gibi diğer süreksizlikler tıpların üretim çıktısını ve

kalitesini önemli ölçüde düşürür ve bu da kalite reddine neden olabilir. Bu durumda, bu tür plakalar atık olarak kabul edilir ve mantar aglomeraları üretmek amacıyla mantar granülleri elde etmek için işlenir.



Şekil 1.22 Mantar tabakasını geçen merceksi kanallar: (a) Hasattan sonra mantar meşesi; (b) Mantar meşesinin enine kesiti; (c) Hüresel farklılaşmanın olduğu Phellogen bölgesi. (d) Kabuktan mantar tıpa üretimi (A - aksenal yön, R - radyal yön ve T - teğetsel yön). Radyal yön ile hizalanmış merceksi kanalları gözlemlenmek mümkündür; (e) Mantar hücrelerinin 1665 yılında Robert Hooke tarafından ilk gözlemi. (f) Phellem hücresinin tipik şekli ve boyutları ([55]'ten).

Ham mantar kalaslarının boyutları ağacın büyüklüğüne ve mantar meşesinin soyulmasıyla ilgili operasyonel faktörlere göre değişir. Kabaca dikdörtgen şekliindedirler, 1-1,8 m yüksekliğe ve 0,4-0,8 m genişliğe sahiptirler. Tıpa yapımında kullanılan mantar kalasların ortalama yüksekliği 1,19 metre ve genişliği 0,47 m'dir, bu da ortalama 0,37 m²'lik bir alanla sonuçlanır [47]. Disk üretimi için kullanılan mantar kalalarda karşılaştırılabilir boyutlar ortalama 0,75 metre yükseklik ve 0,35 metre genişlik ortaya çıkarmış, bu da ortalama 0,19 m² alanla sonuçlanmıştır[56]. Yüzey alanı 400 cm²'den daha küçük olan parçalar kalas kategorisine girmez ve granül üretiminde kullanılmak üzere ayrı olarak istiflenir.

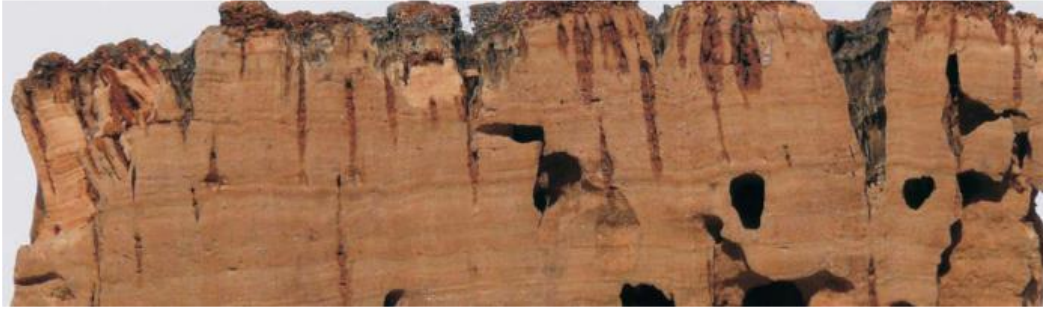
Mantar plakalar suda kaynatıldıktan sonra kalınlıklarına ve kalitelerine göre sınıflandırılır. Öncelikli kriter, tıpa üretimine uygunluğudur.

1.2.3 Mantar Kusurları ve Etkileri

Ağacın canlı hücreleri ile dış ortam arasındaki iletişimi sağlayan doğal ve önemli bir fizyolojik özellik olan lentiküler kanalların neden olduğu gözeneklilik bir kusur olarak kabul edilemez. Bununla birlikte, daha önce açıklandığı gibi aşırı olduğunda, sıvıların geçirgenliğini artırabileceğinden ve bu nedenle şarabı kirletebileceğinden veya sızıntılara neden olabileceğinden, artık tıpa için kullanılmayacak şekilde kalasın kalitesini tehlikeye atabilir.

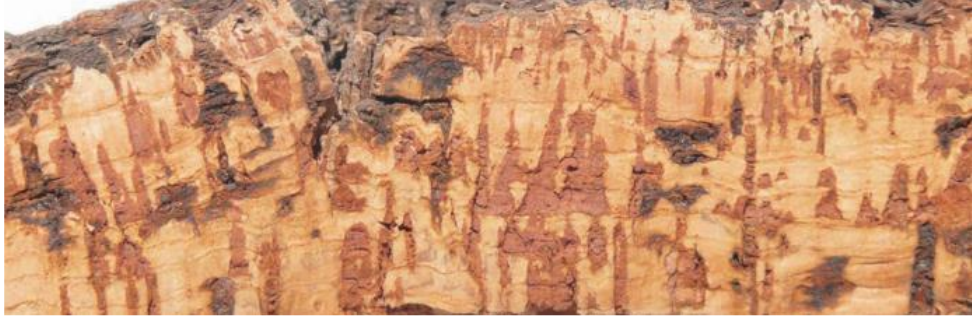
Mantar zaman zaman yapısal kusurlarla ilişkili olan ve türüne ve miktarına bağlı olarak hammaddenin kalitesi üzerinde bir dereceye kadar etkisi olan biyolojik veya dış kaynaklı özellikler de içerir. Bunlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Böcek galerileri: Mantar meşesi, Şekil 1.23'te görüldüğü gibi mantar dokusunda (phellogen tabakası) galeriler geliştiren böceklerin saldırılarına maruz kalabilir. Karıncalar - en yaygın olanı *Crematogaster scutellaris Oliv.* - mantar meşesi kabuğunda yaşar ve tahta boyunca rastgele uzanan kanallar kazarlar. Kum parçacıkları, böcek dışkısı ve mantar hifleri gibi ara sıra ortaya çıkan kirleticiler dışında galeriler tamamen boştur [57]. Ayrıca, koleopteronlar (*Coroebus undatus F*) mantar sırt çatlaklarına yumurta bırakır ve üç santimetreye kadar büyüyen larvalar fellojenle beslenir. Tahtanın bu tür böcekler tarafından saldırıya uğrayan bu alanları tıpa üretimi için uygun değildir.



Şekil 1.23 Karıncaların neden olduğu böcek galerileri (resim [58]'den alınmıştır).

- Çiviler: Şekil 1.24'te gösterilen "çivi" olarak bilinen kusur, mantar dokusunda kalın duvarlı, genellikle neredeyse açık bir lümeni olmayan ve lignoselülozik bir kimyasal bileşime sahip odunlaşmış hücrelerin varlığından oluşur. Bazı fellojen hücrelerinin inaktivitesi nedeniyle oluşurlar ve yeni bir fellojen kısmının rejenerasyonuna yol açarlar. Bu nedenle daha yüksek tokluk, yoğunluk ve düşük elastikiyet gösterirler [6].



Şekil 1.24 Mantar plakadaki "çiviler" (görüntü [58]'den alınmıştır).

- Derin sulkus: Şekil 1.25'teki örneklerde gösterildiği gibi, tahta sırtta derin sulkuslar oluşabilir. Mantar dokusuna nüfuz ederek dikey olarak ilerlerler. Oluk çizgileri, büyüme teğetsel stresinin bir sonucu olarak doku yetmezliğini gösterir ve bu nedenle yüksek radyal büyüme oranına sahip ağaçlarda daha yaygındır (ikincil mantar için tipiktir).



Şekil 1.25 Derin sulkuslu plakalar (görüntü [58]'den alınmıştır).

- Lekeler: Tahtalarda mikrobik saldırılardan kaynaklanan sarı ve mermer gibi lekeler görülebilir. Toprakta ve lignoselülozik materyallerde yetişen saprofitik bazidiomisetler olan *Armillaria Mellea*, Şekil 1.26'da görüldüğü gibi sarı lekelerine neden olur. Mantar hücreleri ağacı patojen istilasından korur. Mantar grileşir ve çevresindeki dokularda beyaz-sarı bir renk değişikliği ve belirgin bir küf kokusu ortaya çıkar. Polar ekstraktifler mantarın kimyasal bileşimindeki lignin ve polisakkaritlerin yerini alır. Renk değişimi, sapın tabanındaki toprağa yakın kısımlarda daha yaygındır. Sonuç olarak, lekeli mantarlar şarap tıpası üretiminde kullanılmaz. *Mermer* lekesine gelince, bir mantar saldırısı (*Melophia opiospora Sacc*) dış katmanlarda ve merceksi kanalların etrafında mavimsi bir mantar lekesine neden olur. Perforasyon yeri dışında, mantar hücre duvarı sağlam kalır ve hifler mantarın özelliklerini etkilemez [57]. Bu tür mantar, mantar tıpa yapımında kullanılmaz. Bunun yerine, mermer benzeri rastgele leke dağılımı ve koyu kontur çizgileri nedeniyle dekoratif amaçlar için kullanıldığında katma değer bulabilir.



Şekil 1.26 Bir mantar parçasındaki sarı leke örneği (görüntü [59]'dan alınmıştır).

• Islak mantar: Bu, olağanüstü yüksek nem seviyeleriyle (%400-500) sonuçlanan ve nedeni bilinmeyen bir mantar kusurudur. Ancak Natividade [6] bunun hücre geçirimsizliğinin kaybından kaynaklandığını ve bunun da hücre duvarlarının ikincil katmanlarında anormal suberin birikiminden kaynaklandığını öne sürmektedir. Bu kusur esas olarak en son yıllık katmanlarda, kalasların göbeğine bitişik ve gövde tabanına bitişik bölgede meydana gelir. Ana dezavantajı, mantarın kuruduktan sonra etkilenen bölgede maruz kaldığı aşırı büzülmedir (bazen hücrelerin çökmesine bile yol açar), bu da sızdırmazlık kapasitesini ve boyutsal stabilitesini bozar; bu nedenle tıpa üretimi için uygun değildir [60]. Bir mantar tahtasındaki ıslak mantar örneği Şekil 1.27'de görülebilir.



Şekil 1.27 Islak mantardan etkilenmiş bir tahta örneği (resim [58]'den alınmıştır).

1.2.4 Mantar Plakalar Kalite Sınıflandırması

1.2.4.1 Kalınlık Sınıfları

Kalasların kalınlığı, doğal mantarın nihai uygulamasını tanımlamada, endüstriyel işlemlerini ve ticaretini etkileyen birincil unsurdur. Endüstriyel yaklaşım, standartlarda belirtildiği ve Tablo 1.2'de gösterildiği gibi mantar plakalarını kalınlıklarına göre sınıflandırmaktır.

Tablo 1.2 Mantar endüstrisinde kullanılan kalaslar için kalınlık sınıfları ([4]'ten uyarlanmıştır).

Comercial class	Thickness (mm)
Extra thin	9 - 22
Thin	22 - 27
Half standard	27 - 32
Standard	32 - 40
Large	40 - 54
Extra large	>54

Sınıflar, daha fazla işleme potansiyeli göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Tıpa üretimi için en uygun kalınlık sınıfları 27-32 mm'dir ve bu nedenle mantar üreticileri bu kalınlık aralığında mantar kalasları üretmeyi hedeflemektedir. Mantar kalaslarının kalınlığı, mantar üretim döngüsünün uzunluğu ve mantarın yıllık büyüme oranına göre belirlenir. En büyük mantar üreticisi yerlerde, 9 yıllık bir mantar üretim döngüsü, birincil endüstriyel hammadde gereksinimlerini karşılamak için yeterlidir.

Toplam tahta kalınlığı göbekten sırtta doğru ölçülür. Bu nedenle, bir kalasın endüstriyel uygunluğunu belirlerken, sırtın dış tabakası dikkate alınmalıdır. Mantar kalas sınıfları arasında fiyatlar önemli ölçüde farklılık gösterse de, genel olarak 27-32 ve 32-40 milimetre aralığındaki kalasların fiyatı (kilogram başına) aynıdır ve diğer sınıflar için bir kılavuz görevi görür. 22-27 milimetre aralığındaki kalas fiyatları bu referans değer neredeyse 1/2'si, 22 milimetreden daha ince kalasların fiyatının daha az 1/3'ü ve 40-54 mm kalınlık aralığındaki kalasların yaklaşık 2/3'ü kadardır.

1.2.4.2 Kalite Sınıflandırması

Mantar kalaslar ticari olarak kalitelerine göre birden fazla sınıfa ayrılır. Mantar kalasın enine ve radyal kısımları ile göbek yüzeyinin görsel olarak incelenmesi, kalitesini belirlemek için kullanılır. İlk kalite parametresi, sayıca değişen ancak esas olarak alan bakımından farklılık gösteren merceksi kanallar tarafından sağlanan gözeneklilikle ilişkilidir. Yüksek kaliteli bir kalas minimum miktarda lentiküler kanal içerir. İkincisi, kusurların varlığı ve bunların işleme üzerindeki potansiyel etkileridir. Tek bir mantar tahtasının sınıflandırılması, tıplar ve diskler gibi yüksek kaliteli doğal mantar ürünlerindeki bu potansiyel verimin entegre kavramına dayanmaktadır.

Mantar plakalar kalitelerine göre 6 sınıfa (1 ila 6th) ve ilave bir çöp sınıfına ayrılır. Değerlendirme manueeldir ve büyük ölçüde operatöre bağlıdır. Bu nedenle, yüksek derecede öznellik söz konusudur ve sınıflandırma operatörler arasında farklılık gösterebilir. Çok iyi ve berbat mantarlar arasında ayırım yapmak yaygın ve kolay olsa da, bu orta kaliteli mantarlar için geçerli değildir. Sonuç olarak, çeşitli uzmanlar tarafından oluşturulan sınıflandırmalar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Beş bağımsız uzman tarafından sınıflandırılan 480 mantar örneğinden oluşan bir referans kataloğunun kullanıldığı bir çalışmada [61], tek tek örneklerin sınıflandırılmasında yalnızca %5,3'lük bir korelasyon olduğu ortaya çıkmıştır (ancak üst ve alt kaliteler açısından %100'lük bir eşleşme söz konusudur - 1. kalite ve çöp).

Mantar panoların bu altı kaliteli (ve çöp) kategorizasyonu artık uygulamada kullanılmamaktadır. Bunun yerine, ilave birleştirilmiş kalite sınıfları kullanılmaktadır: mevcut bir sınıflandırma sistemi, yüksek kaliteli mantarları temsil etmek için 1.-3. çeşitleri, orta kaliteli mantarları temsil etmek için 4.-5. çeşitleri ve düşük kaliteli mantarları temsil etmek için 6. sınıfı kullanmaktadır. Diğer bir olasılık ve muhtemelen en çok kullanılanı, kalasların kalite sınıflandırmasını sadece 2 kategoriye indirgemektir: mantar tıpa üretimi için uygun mantar kalaslarını temsil eden 1.-5. çeşitler ve tıpa üretimi için daha düşük kalite ve performansa sahip kalasları içeren 6. bir sınıf.

Kalite derecelendirmesi ile görüntü tabanlı gözeneklilik ölçümü arasındaki ilişki incelenmiş ve kalite sınıfı arttıkça gözeneklilik ve gözenek boyutunun da arttığı görülmüştür. Bu durum hem teğetsel hem de enine veya radyal kesitler için geçerlidir. Bununla birlikte, her sınıf içinde önemli ölçüde çeşitlilik vardır ve bitişik sınıflar arasındaki ortalama değerlerdeki farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir. Tablo 1.3, farklı kalite sınıflarındaki mantar plakalarında gözeneklilik için farklı parametreleri temsil etmektedir.

Tablo 1.3 Mantar plakaların farklı kalite sınıfları için gözeneklilikle ilgili ortalama parametreler (teğet kesitteki gözlemler). Sınıf başına 40 numunenin ortalaması ([4]'ten uyarlanmıştır).

	Quality class				
	1st	1st - 3rd	3rd	4th - 5th	6th
Porosity coefficient (%)	3.3	4.5	6.0	6.7	12.4
No. of pores/ 100 cm ²	568	584	785	860	815
No. of pores > 0.8 mm ² /100 cm ²	47	84	111	121	176
Average pore area (mm ²)	0.58	0.83	0.81	0.79	1.57
Maximum pore area (mm ²)	19.7	23.1	21.1	26.3	82.0

Sadece üç sınıfa ayrılması daha fazla farklılaştırma ve tutarlı derecelendirme sağlar. Örneğin, gözeneklilik katsayısı aşağıdaki sınıf sınırlarını belirleyerek plakaları kategorize etmek için kullanılabilir: yüksek kaliteli plakalar %6'dan daha düşük gözenekliliğe sahiptir ve orta kaliteli plakalar %10'dan daha az gözenekliliğe sahip olmalıdır. Mantar yüzeyinin görüntüsünde görülen nesnelere boyutları veya şekilleri, merceksi kanalları böcek galerileri gibi diğer kusurlardan ayırt etmek için kullanılabilir [62].

1.2.4.3 Mantarın Entegre Değer Endeksi

Tahta değerinin kalınlık ve gözeneklilikle ilgili kalitenin bir kombinasyonu tarafından belirlendiği göz önüne alındığında, kalınlık aralığı ve kalite sınıflarının çeşitli kombinasyonlarının göreceli ticari değerine dayalı olarak mantar değerini belirtmek için birleşik bir değişken önerilmiştir. Bu, plakaların kalınlık ve kalite dağılımını dikkate alarak belirli bir mantar standı için üretim değerini değerlendirmek için kullanılabilir [4]. Aşağıdaki kalite endeksi önerilmiştir (Denklem 2):

$$Q = \sum_{k=1}^{n_k} Q_k P_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} Q_i}{n_t} \quad (1.2)$$

Burada Q_k k sınıfı mantar için endeks fiyatını, p_k k sınıfı mantar içindeki mantar örnekleme birimlerinin oranını, n_k kalite sınıflarının sayısını, Q_i ağacından çıkarılan örnekleme birimi için endeks fiyatını ve n_t örneklenen toplam ağaç sayısını göstermektedir.

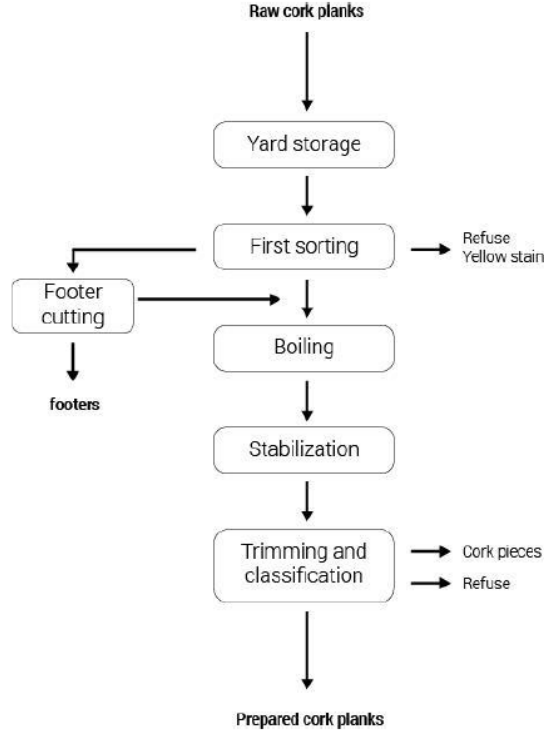
Endeks fiyatları, uzmanlardan oluşan bir panel tarafından belirlenen bir örnekle Tablo 1.4'te gösterildiği gibi en değerli mantar kalite sınıfına bağlıdır. Açıkçası, mantar piyasasındaki değişiklikleri yansıtmak veya benzersiz ticaret ve işleme koşullarını yansıtmak için rakamların güncellenmesi gerekebilir.

Tablo 1.4 Farklı kalınlık ve kalite sınıflarındaki sanayi mantarları için endeks fiyatları ([4]'ten uyarlanmıştır).

Thickness (mm)	Quality class			
	1st - 3rd	4th - 5th	6th	Refuse
14 - 18	22	10	8	8
18 - 22	31	13	8	8
22 - 27	50	30	13	8
27 - 32	100	60	28	8
32 - 40	100	60	28	8
>40	66	33	17	8

1.3 Hasat Sonrası İşlemler

Ham mantar kalasları değirmene ulaştıktan sonra ortam koşullarında bekletilir ve ardından suda kaynatma, kalasların kırılması ve sınıflandırılmasını içeren ve hazırlama olarak bilinen bir prosedürden geçirilir. Hazırlama sürecinin tam bir şeması Şekil 1.28'de gösterilmektedir.

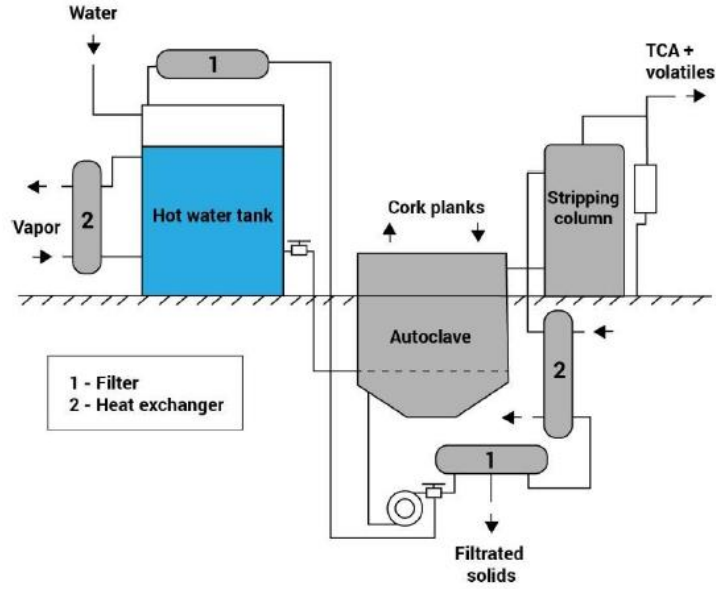


Şekil 1.28 Ham mantar plakalarının değirmende hazırlanması şeması ([4]'ten uyarlanmıştır).

1.3.1 Suda Kaynama

Mantarın suda kaynatılması, tıpa ve disk yapımında kullanılan tüm reproduksiyon mantar plakalarına uygulanan bir saatlik bir işlemdir. Bu yöntem son yıllarda önemli ölçüde modernize edilmiştir. Kalas yığınları büyük kapasiteli tanklara istiflenir ve genellikle odunla beslenen bir fırın kullanılarak su kaynatılır. İşlem, aynı su kullanılarak sonraki partiler için tekrarlanır ve mantara emilen veya buharlaşan miktarı yenilemek için temiz su da eklenirdi. Her dört ila beş günde bir tank boşaltılır, temizlenir ve yeniden suyla doldurulurdu. Bu koşullar altında, su hızla aşırı köpüklerle birlikte çok koyu kahverengi hale gelir ve atık sudaki askıda ve çözülmüş partikül konsantrasyonları yükselirdi. Örneğin, bir işlem gününden sonra çözülmüş katı madde miktarı %0,24'e, çözülmüş fenolik madde miktarı ise mantar tahta kütlesinin %0,04'üne ulaşmıştır [63].

Mevcut mantar kaynatma tekniği ve ekipmanı önemli bir evrim geçirmiştir. Kalaslar artık paslanmaz çelik paletler üzerine istiflenmekte ve su arıtımı kapalı bir paslanmaz çelik otoklavda gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.29'da gösterilen basitleştirilmiş şema kaynatma işlemini göstermektedir. Su 95°C'ye ısıtılır ve ısı eşanjörleri kullanılarak otoklav içinde dolaştırılır. Su hatlarındaki filtreler askıda katı maddeleri uzaklaştırır. Boş otoklav mantar paletlerle yüklenir ve kapatıldıktan sonra su eklenir ve 1 saatlik prosedür boyunca sirküle edilir. Son olarak otoklav boşaltılır, kapı açılır ve paletler çıkarılır. Otoklavın kesik piramidal tabanı katı birikimini önler. Otoklav, yükleme ve boşaltma dahil olmak üzere çoğunlukla otomatik ve bilgisayar kontrollüdür. Bazı durumlarda, şampanya tıpaları için disk üretmek üzere ince plakaları genişletmek için 110-120°C'de buhar kullanılabilir.



Şekil 1.29 Su sirkülasyonu ve uçucuların sıyırılması ile mantar kaynatma için bir otoklavı temsil eden diyagram ([4]'ten uyarlanmıştır).

Şarabın kirlenmesine ve bozulmasına neden olabilecek klorlu maddelerin mantara girmesini önlemek için kullanılan su klorlanmaz. Diğer durumlarda, Şekil 1.29'daki şemalarda gösterilen sistemde olduğu gibi, sıcak sudan uçucu maddeleri çıkarmak ve yoğunlaştırmak için bir sıyırma kolonu kullanılır. Kaynar su, şarabı kirleten 2,4,6-trikloroanisol (TCA) ve klorofenollerini ekstrakte ve konsantre eder.

Atık sular, ortalama 7,4 ve 1,3 g/L kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) konsantrasyonları, 4,8-5,1 pH değerleri ve sırasıyla 9 g/L (fenol) ve 0,5 g/L (kafeik asit olarak) konsantrasyonlarında fenolik ve polifenolik bileşiklerin varlığı nedeniyle yüksek toksisite nedeniyle bir atık sorunudur [64,65]. Ultrafiltrasyon [66], kombine flokülasyon, flotasyon ve ultrafiltrasyon [67], fungal bozunma ve detoksifikasyon [64], ferrik klorür flokülasyonu [65], Fenton reaktifi ile kimyasal oksidasyon [68] gibi çeşitli prosesler önerilmiştir. Mantar atıksularında bulunan esculetin (6,7-dihidroksikumarin) [69], gallik asit [70], ellagik asit [71] ve asetovanillon gibi önemli fenolik kirleticilerden bazıları, arıtma için model bileşikler olarak araştırılmıştır [72].

1.3.1 Kaynatma Mantarı Nasıl Etkiler?

Suda kaynatma işleminin birincil amacı, plakaların mekanik özelliklerini değiştirerek düzleştirmek ve böylece gelecekteki kesim işlemlerini kolaylaştırmaktır. Isıtma ve su kombinasyonu, kaynatmadan kısa bir süre sonra mantarın önemli ölçüde zayıflamasına neden olur. Bu, büyüme streslerini hafifleterek hücre duvarlarındaki olukları azaltır ve hücre yapısının homojenliğini artırır.

Mantar, hücre duvarı düzleşmesi nedeniyle boyut olarak genişler: mantar plakalarının kalınlığı, hücrelerin radyal genişlemesine bağlı olarak kabaca %15 artarken, genişleme hem teğetsel hem de aksel yönde yaklaşık %6'dır [73]. Farklı mantarların kaynama ile genişlemesinin önemli ölçüde değiştiğini tahmin etmek mantıklıdır, çünkü bu değer son derece değişken özellikler olan iç gerilmeler nedeniyle hücresel oluklara bağlıdır. Mantar plakası radyal genişmesi için tipik rakamlar tipik olarak

%11 ila 15 arasında olsa da, neredeyse sıfırdan %40'ın üzerine kadar değişen bireysel değerler de elde edilmiştir. Gözeneklilik katsayısı ile ölçüldüğü üzere, mantarın gözenekliliği suyun sıcaklığı arttıkça azalır [74]. Bu nedenle, mantarın suda kaynatılması, boyutunu artırarak ve merceksi kanalların çaplarını azaltarak uygulamada plakaların kalitesini artırır. Ayrıca, Şekil 1.30'da gösterildiği gibi, ham mantar plakalarının eğriliği neredeyse ortadan kalkar ve pratik olarak düz hale gelir, bu da tıpların üretimini ve üretim sürecine otomatik ekipmanların dahil edilmesini kolaylaştırır.



Şekil 1.30 Kaynatma sonrası mantar kalaslar.

100°C'nin altındaki sıcaklıklarda, mantarın kaynatılmasından kaynaklanan boyutsal değişim geri döndürülemez. Bu, tıpa yıkama ve ağartma sırasında olduğu gibi mantarın tekrar tekrar ıslatılması ve kurutulmasının boyutları üzerinde hiçbir etkisi olmadığı anlamına gelir.

Ekstraksiyon süresi ve mantar-su yüzey alanı çok sınırlı olduğundan, mantarın kaynatılması mantarın su ekstraktlarının %2'sinden daha azına karşılık gelen suda çözünen bileşiklerin küçük bir miktarını ekstrakte eder. Bu nedenle, sık sık dile getirilmesine rağmen, endüstride kullanılan koşullar altında kaynatma işleminin amacı mantardan kimyasal bileşiklerin çıkarılması değildir. Aynı durum tahtanın mikrobiyolojik sterilizasyonu olarak adlandırılan işlem için de geçerlidir.

Su yenileme ve uçucu sıyrma sıklığı, malzeme çıkarımını en üst düzeye çıkarmak için değil, potansiyel olarak zararlı maddelere kademeli olarak yoğunlaşarak, kaynar sudan tahtaların kirlenmesini önlemek içindir.

1.3.2 Kaynatma Sonrası Süreç

Su kaynatıldıktan sonra mantar kalaslar dinlendirilir - stabilizasyon adı verilen bir işlemle birkaç gün (iki/üç gün) havada kurutulur. Kalasların düzleşmesine yardımcı olmak için paletler üst üste istiflenir. Tipik olarak, haşlanmış kalaslardan oluşan devasa yığınlar inşa edilir ve kurutma işlemi birkaç hafta sürerdi. Bu durum son yıllarda değişmiş ve mantar tıpanın şaraba zarar vermeyen yapısını tehlikeye atabilecek mikrobiyal büyümeyi önlemek için daha kısa stabilizasyon süreleri kullanılmaya başlanmıştır. Kaynatmadan hemen sonra, kalasın nem içeriği yaklaşık %40'tan %70'e düşer. İki gün sonra nem içeriği, sektörde yeterli çalışma nemi içeriği olarak kabul edilen yaklaşık %14-18'e düşmelidir.

Kurutma işleminin ardından, kaynak her bir mantar kalas, ek işlemler için kalasın daha düzgün parçalar halinde kesilip kırılmasından sorumlu deneyimli bir işçi tarafından tek tek incelenir. İlk önlem, tıpa veya disk olarak işlenmek üzere kusurlu kısımların (veya tüm kalasın) çıkarılmasıdır:

- Nemli mantar plakalar fırında kurutma veya uzun süreli havada kurutma için ayrılır; - Sarı lekeli veya çeşitli küflü alanlara sahip tahtalar üretimden çıkarılır ve tritürasyona gönderilir; - Böcek galerileri içeren kısımlar reddedilir ve tritürasyon için çıkarılır;
- Diğerlerinin yanı sıra çatlaklar gibi yüksek oranda kusurlu olan tahtalar veya bunların bir kısmı atılır ve tritürasyon için geri çekilir;
- Üretim için aşırı ince olan (13 mm'den ince) plakalar veya kısımları atılır ve tritürasyon için geri çekilir.

Kırpıcı/sınıflandırıcı kalasları bir bıçakla elle keser. Amaç, reddedilen kalasları ayırmak ve daha sonraki işlemler için uygun olmayan parçaları ham kalaslardan katı mantar olarak ayırmaktır. Buna ek olarak, eğer kalas kalınlık ve kalite bakımından heterojen ise, daha küçük, homojen kalasalara ayrılarak tıpa delme veya disk üretimine izin verilecektir. Ayrıca, büyük kalaslar bölünerek işçilerin bunları elle daha kolay işlemesine olanak tanınır. Ham mantar plakalarının ölçümleri ortalama 3745 cm²'lik bir alan göstermektedir ve boyutları yatay yönde 47 cm ve dikey yönde 119 cm civarındadır. Buna karşılık, sonradan hazırlanan kalasların ölçümleri, yatay ve dikey yönlerde sırasıyla 34 ve 70 santimetrelilik ortalama boyutlar ortaya koymaktadır (ortalama kalas alanı 1674 cm²) [75]. Bu prosedür başlangıçtaki hammaddenin %5'ini küçük mantar parçaları olarak kaybeder.

Mantar disklerinin üretiminde kullanılacak ince plakalara kıyasla daha ileri işlemler için plakaların kesilmesi sırasında deneysel olarak mantar hammaddesi kaybı ölçülmüştür [56]. Ziyan olan malzeme başlangıç kütlelerinin yaklaşık %19,5'ini oluştururken, plakalar arası verim, her bir plakanın şekline ve kalite özelliklerine bağlı olarak %0 ila %50 arasında değişmektedir.

Kalaların kırılması kenarları düzeltir ve kalasları kalibre ve kalite sınıfına göre sınıflandırırken daha çekici kesitler oluşturur. Hammadde kayıplarını önlemek için tıpa ve disk üretiminde düzeltme gibi işlemler en aza indirilir. Özel değirmen gereksinimleri, kalınlık ve kalite sınıflarına ayırmayı belirler: 14 ila 22, 22 ila 27 ve 27 milimetreden yüksek olmak üzere yalnızca üç kalibre sınıfına ve tıpa ve disk üretimi için birincil hammadde çeşitliliği olarak 1-5. sınıf ve altıncı bir düşük değerli kalite olmak üzere 2 kalite sınıfına ayırmak yaygındır. Mantar plakası nihai değirmen ürünü olduğunda, kenarların ve kalınlığın tek tip olmasına daha fazla dikkat edilir ve kalite sınıflandırması daha açık olur, örneğin 1.-3., 4.-5. ve 6. olarak veya müşteri taleplerine göre.

1.3.3 Islak Mantar İşleme

Islak mantar bölümleri olan plakalar ayrılır ve mantar için standart olan %14 veya daha az nem içeriğine kadar kurutulur. Bu, 1-2 yıllık bir süre boyunca doğal hava kurutması veya fırın odalarında zorlamalı sıcak hava kurutması yoluyla gerçekleştirilebilir. Odun kurutma fırınlarından uyarlanan bu

sistemler, artan hava sıcaklığı ile kurutma döngüleri kullanılarak daha modern ünitelerde uygulanmaktadır. Koşullar değirmene göre değişir: bir örnek 90°C nihai sıcaklıkta 96 saatlik bir kurutma periyodudur; bir diğeri ise 80°C nihai sıcaklıkta iki haftalık bir kurutma periyodudur.

Kurutmanın ardından, plakalar işleme hattına gönderilir ve tıpa veya disk üretimi için standart çalışma devresinden geçirilir.

1.3.4 İkinci Kaynama

Mantar, mantar plakalarının kaynatılması ve tıpa veya disk olarak işlenmesi arasında %5 ila %8 aralığındaki nem içeriğine (bu da dengeyi ifade eder) kadar yeterince kurutulduğunda, malzemenin mukavemeti ve işleme kabiliyetleri üzerindeki daha yüksek nem miktarının avantajları kaybolur. Kaynatılan kalaslar hazırlama değirmeninde işlenmezse veya iki ila üç haftadan daha uzun süre depoda tutulursa bu tipik bir senaryodur.

Bu durumda, plakalar daha önce belirtildiği gibi aynı tekniği izleyen ancak 30 dakika gibi daha kısa bir süre için ikinci bir kaynatma işlemine tabi tutulur. Mantarın iç gerilimleri yukarıda belirtildiği gibi ilk kaynatma sırasında zaten hafifletilmiş olduğundan, mantarda daha fazla genleşme meydana gelmez.

Kaynakça

- [1]Associação Portuguesa da Cortiça, Available: <https://www.apcor.pt/>
- [2]Amorim Cork Composites. Available: <https://amorimcorkcomposites.com/en/why-cork/environmental-and-social-benefits/>
- [3]Ghouil, H., Montpied, P., Epron, D., Ksontini, M., Hanchi, B., Dreyer, E. (2003). Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings, *Tree Physiol.* 23:1031–1039.
- [4]Pereira, H. (2007). *Cork: Biology, Production and Uses*, Amsterdam: Elsevier Publications.
- [5]Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz J. (2017). Chorological maps for the main European woody species, 12:662–666.
- [6]Moricca, S., Linaldeddu, B.T., Ginetti, B., Scanu, B., Franceschini, A., Ragazzi, A. (2016). Endemic and emerging pathogens threatening cork oak trees: Management options for conserving a unique forest ecosystem, *Plant Dis.* 100:2184–2193.
- [7]Natividade, J.V. (1950). *Subericultura*, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa,
- [8]Pereira, H. (2015). Cortiça chinesa: como se compara com a cortiça do *Quercus suber*?
- [9]Natividade, J.V. (1950). *Subericultura*, Ministério da Economia Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa.

- [10]Elena-Rossello, J.A., Lumaret, R., Cabrera, E., Michaud, H. (1992). Evidence for hybridization between sympatric holm-oak and cork-oak in Spain based on diagnostic enzyme markers, *Veg.* 99:115–118.
- [11]Boavida, L.C., Silva, J.P., Feijó, J.A. (2001). Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L). II. Crossing intra- and interspecific barriers, *Sex. Plant Reprod.* 143(14):143–152.
- [12]Nardini, A., Lo Gullo, M.A., Salleo, S. (1999). Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species, *Plant. Cell Environ.* 22:109–116.
- [13]Molinas, M.L. (1991). The stomata of the cork-oak, *Quercus suber*. An ultrastructural approach, *Nord. J. Bot.* 11:205–212. [14]Fialho, C., Lopes, F., Pereira, H. (2001). The effect of cork removal on the radial growth and phenology of young cork oak trees, *For. Ecol. Manage.* 141:251–258.
- [15]Oliveira, G., Correia, O., Martins-Loução, M.A., Catarino, F.M. (1994). Phenological and growth patterns of the Mediterranean oak *Quercus suber* L., *Trees* 91, 9:41–46.
- [16]Díaz-Fernández, P.M., Climent, J., Gil, L. (2004). Biennial acorn maturation and its relationship with flowering phenology in Iberian populations of *Quercus suber*, *Trees - Struct. Funct.* 18:615–621.
- [17]Merouani, H., Apolinário, L.M., Almeida, M.H., Pereira, J.S. (2003). Morphological and physiological maturation of acorns of cork oak (*Quercus suber* L.), *Seed Sci. Technol.* 31:111–124.
- [18]García-MOZO, H., Hidalgo, P.J., Galán, C., GÓMEZ-CASERO, M.T., Domínguez, E. (2001). Catkin frost damage in Mediterranean cork-oak (*Quercus suber* L.), *Isr. J. Plant Sci.* 49:41–47.
- [19]Miguel, A., de Vega-Bartol, J., Marum, L., Chaves, I., Santo, T., Leitão, J., Varela, M.C., Miguel, C.M. (2015). Characterization of the cork oak transcriptome dynamics during acorn development, *BMC Plant Biol.* 15:1–22.
- [20]Cardillo, E., Bernal, C.J. (2006). Morphological response and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings at different shade levels, *For. Ecol. Manage.* 222:296–301.
- [21]Pardos, M., Jiménez, M.D., Aranda, I., Puértolas, J., Pardos, J.A. (2005). Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to shading and moderate drought, *Ann. For. Sci.* 62:377–384.
- [22]Herrera, J. (1995). Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.), *For. Ecol. Manage.* 76:197–201.
- [23]Montero González, G., Cañellas, I.M. (1999). Manual de reforestación y cultivo de alcornoque (*Quercus suber* L.), 102.
- [24]Quilhó, T., Lopes, F., Pereira, H. (2003). THE EFFECT OF TREE SHELTER ON THE STEM ANATOMY OF CORK OAK (*QUERCUS SUBER*) PLANTS, *IAWA J.* 24:385–395.
- [25]Pulido, F., Díaz, M. (2002). Dinámica de la regeneración natural del arbolado de encina y alcornoque.

- [26]Luque, J., Parlade, J., Pera, J. (2000). Pathogenicity of fungi isolated from *Quercus suber* in Catalonia (NE Spain), *Undefined*. 30:247–263.
- [27]Moricca, S., Ginetti, B., Ragazzi, A. (2012). Species- and organ-specificity in endophytes colonizing healthy and declining Mediterranean oaks, *Phytopathol. Mediterr.* 51:587–598.
- [28]Schulz, B., Boyle, C. (2005). The endophytic continuum, *Mycol. Res.* 109:661–686.
- [29]Moricca, S., Ragazzi, A. (2008). Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: a lesson from *Discula quercina*, *Phytopathology*. 98:380–386.
- [30]Picco, A.M., Angelini, P., Ciccarone, C., Franceschini, A., Ragazzi, A., Rodolfi, M., Varese, G.C., Zotti, M. (2011). Biodiversity of emerging pathogenic and invasive fungi in plants, animals and humans in Italy, 145:988–996.
- [31]Moreira, A.C., Martins, J.M.S (2005). Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal, *For. Pathol.* 35:145–162.
- [32]Linaldeddu, B.T., Sirca, C., Spano, D., Franceschini, A. (2011). Variation of endophytic cork oak-associated fungal communities in relation to plant health and water stress, *For. Pathol.* 41:193–201.
- [33]Linaldeddu, B.T., Scanu, B., Maddau, L., Franceschini, A. (2014). *Diplodia corticola* and *Phytophthora cinnamomi*: the main pathogens involved in holm oak decline on Caprera Island (Italy), *For. Pathol.* 44:191–200.
- [34]Pérez-Sierra, A., López-García, C., León, M., García-Jiménez, J., Abad-Campos, P., Jung, T. (2013). Previously unrecorded low-temperature *Phytophthora* species associated with *Quercus* decline in a Mediterranean forest in eastern Spain, *For. Pathol.* 43:331–339.
- [35]Allen, C.D, Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., (Ted) Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, *For. Ecol. Manage.* 259: 660–684.
- [36] Giorgi, F., Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region, *Glob. Planet. Change.* 63:90–104.
- [37]Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108:1474–1478.
- [38]Besson, C.K., Lobo-do-Vale, R., Rodrigues, M.L., Almeida, P., Herd, A., Grant, O.M., David, T.S., Schmidt, M., Otieno, D., Keenan, T.F., Gouveia, C., Mériaux, C., Chaves, M.M., Pereira, J.S. (2014). Cork oak physiological responses to manipulated water availability in a Mediterranean woodland, *Agric. For. Meteorol.* 184:230–242.

- [39]Caritat, A., Gutiérrez, E., Molinas, M. (2000). Influence of weather on cork-ring width, *Tree Physiol.* 20:893–900.
- [40]Palma, J.H.N., Paulo, J.A., Faias, S.P., Garcia-Gonzalo, J., Borges, J.G., Tomé, M. (2015). Adaptive management and debarking schedule optimization of *Quercus suber* L. stands under climate change: case study in Chamusca, Portugal, *Reg. Environ. Chang.* 15:1569–1580.
- [41]Hidalgo, P.J., Marín, J.M., Quijada, J., Moreira, J.M. (2008). A spatial distribution model of cork oak (*Quercus suber*) in southwestern Spain: A suitable tool for reforestation, *For. Ecol. Manage.* 255:25–34.
- [42]Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C., Marçais B. (2010). Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest-pathogenic fungi, 29:101–120.
- [43]Braisier, C.M. (1996). *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change, *Ann. Des Sci. For.* 53:347–358.
- [44]Corticeira Amorim S. G. P. S. (2005). The art of cork, 35, [2].
- [45]Beira, J., Prades, C., Santiago, R. (2014). New tools for extracting cork from *Quercus suber* L.: increasing productivity and reducing damage, *For. Syst.* 23:22–35.
- [46]Brito dos Santos, S. (1995). ABC Do Podador de Sobreiros, Instituto Florestal .
- [47]Costa, A., Pereira, H., Oliveira, A. (2004). The effect of cork-stripping damage on diameter growth of *Quercus suber* L., *For. An Int. J. For. Res.* 77:1–8.
- [48]Martín, J., Cabezas, J., Buyolo, T., Patón, D. (2005). The relationship between *Cerambyx* spp. damage and subsequent *Biscogniauxia mediterranea* infection on *Quercus suber* forests, *For. Ecol. Manage.* 216:166–174.
- [49]Knapic, S., Louzada, J.L., Leal, S., Pereira, H. (2008). Within-tree and between-tree variation of wood density components in cork oak trees in two sites in Portugal, *For. An Int. J. For. Res.* 81:465–473.
- [50]Código Internacional das Práticas Rolheiras (2011), CELIEGE - European cork federation.
- [51]Gonzalez Adrados, J., Calvo Haro, R. (1994). Variación de la humedad de equilibrio del corcho en plancha con la humedad relativa. Modelos de regresión no lineal para las isotermas de adsorción, *Investig. Agrar. Sist. y Recur. For.* 3:199–209.
- [52] Fernandes, P. (2004). Influência do período de estabilização da cortiça e da cozedura na largura dos anéis de crescimento, no coeficiente de porosidade da cortiça e em algumas características tecnológicas das rolhas de cortiça natural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- [53]C.B.-S. 4. Available: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portugal-Norte-176-Korkeiche-2011-gje.jpg>

- [54]Pissarra, J. (2017). Cortiça e descortiçamentos - Banco de Imagens da Casa das Ciências.
- [55] Crouvisier-Urien, K., Chanut, J., Lagorce, A., Winckler, P., Wang, Z., Verboven, P., Nicolai, B., Lherminier, J., Ferret, E., Gougeon, R.D., Bellat, J.P., Karbowiak, T. (2019) . Four hundred years of cork imaging: New advances in the characterization of the cork structure, *Sci. Reports* 2019 91. 9:1–10.
- [56]Fernandes, R.M.O. (2005). Estudo da influência do calibre e da qualidade das pranchas de cortiça delgada no rendimento do processo fabril de produção de discos de cortiça natural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- [57] Liese, W., Günzerodt, H., Parameswaran, N. (1983). Alterações biológicas da qualidade da cortiça que afectam a sua utilização, Lisboa.
- [58]UNAC, Guia de comercialização de cortiça no campo (2013). EDRV, Lda, Lisboa.
- [59]Pérez-Terrazas, D., González-Adrados, J.R., Sánchez-González, M. (2018). Feasibility study of near infrared spectroscopy to detect yellow stain on cork granulate, *IForest - Biogeosciences For.* 11:111.
- [60]Fortes, M.A., Rosa, M.E., Pereira, H. (2004). *A Cortiça*, IST Press, Lisboa.
- [61]Corkassess (2001), Field assessment and modelling of cork production and quality. Final report. Contract FAIR.CT97.1438.
- [62] Gonzalez-Adrados, J.R., Pereira, H. (1996). Classification of defects in cork planks using image analysis, *Wood Sci. Technol.* 30. 30:207–215.
- [63]Pereira, H., Melo, B., Pinto, R. (1994). Yield and quality in the production of cork stoppers, *Holz Als Roh- Und Werkst.* 5:211–214.
- [64]Mendonça, E., Pereira, P., Martins, A., Anselmo, A.M. (2004). Fungal biodegradation and detoxification of cork boiling wastewaters, *Eng. Life Sci.* 4:144–149.
- [65]Domínguez, J.R., De Heredia, J.B., González, T., Sanchez-Lavado, F. (2005). Evaluation of Ferric Chloride as a Coagulant for Cork Processing Wastewaters. Influence of the Operating Conditions on the Removal of Organic Matter and Settability Parameters, *Ind. Eng. Chem. Res.* 44:6539–6548.
- [66]Acero, J.L., Benítez, F.J., Leal, A.I., Real, F.J. (2005). Removal of phenolic compounds in water by ultrafiltration membrane treatments, *J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 40:1585–1603.
- [67]Minhalma, M., De Pinho, M.N. (2001). Flocculation/flotation/ultrafiltration integrated process for the treatment of cork processing wastewaters, *Environ. Sci. Technol.* 35:4916–4921.
- [68]Silva, C.A., Madeira, L.M., Boaventura, R.A., Costa, C.A. (2004). Photo-oxidation of cork manufacturing wastewater, *Chemosphere.* 55:19–26.

- [69]Acero, J.L., Benitez, F.J., Real, F.J., Leal, A.I., Sordo, A. (2007). Oxidation of Esculetin, a Model Pollutant Present in Cork Processing Wastewaters, by Chemical Methods, 27:317–326.
- [70]Benitez, F.J., Acero, J.L., Garcia, J., Leal, A.I. (2003). Purification of cork processing wastewaters by ozone, by activated sludge, and by their two sequential applications, *Water Res.* 37:4081–4090.
- [71]Benítez, F.J., Acero, J.L., Leal, A.I., Real, F.J. (2005). Purification of ellagic acid by UF membranes, *Chem. Eng. Technol.* 28:1035–1040.
- [72]Benitez, F.J., Real, F.J., Acero, J.L., Leal, A.I., Cotilla, S. (2005). Oxidation of acetovanillone by photochemical processes and hydroxyl radicals, *J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 40:2153–2169.
- [73]Rosa, M.E., Pereira, H., Fortes, M.A. (1990). Effects of Hot Water Treatment on the Structure and Properties of Cork, *Wood Fiber Sci.* 149–164.
- [74]Cumbre, F., Lopes, F., Pereira, H. (2000). The effect of water boiling on annual ring width and porosity of cork., *Wood Fiber Sci.* 32:125–133.
- [75] Costa, A., Pereira, H. (2004). Caracterização e Análise de Rendimento da Operação de Traçamento na Preparação de Pranchas de Cortiça para a Produção de Rolhas, in: *Silva Lustiana*, 51–66.

BÖLÜM 2

Mantarın Sürdürülebilirliği, Karbon Ayak İzi ve Potansiyel Ürünleri

Maria Verdum, Albert Hereu ve Patricia Jové

Katalan Mantar Enstitüsü Vakfı, Palafrugell, İspanya

*Yazışma: mverdum@icsuro.com

Özet

Bu bölümde, mantar malzemesinin sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomi ile bağlantılı olarak önemini yanı sıra, iyi bilinen mantar tıpanın ötesinde mevcut ve gelecekteki kullanımı tartışılmaktadır. Ayrıca mantar tüketimi ile Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDGS) ve iklim değişikliğinin yarattığı zorluklar arasındaki bağlantı da incelenecektir. Bu bölüm üç kısımdan oluşmaktadır: (i) Mantar ve sürdürülebilirlik, (ii) mantar ürünlerinin karbon ayak izi ve (iii) mantarın olası uygulamaları. İlk bölüm sürdürülebilirlik ve mantara odaklanmakta ve mantar ormanı tarafından sağlanan çevreyle ilgili hizmetleri açıklamaktadır. İkinci bölüm karbon ayak izine (kavram, hesaplama ve farklı mantar ürünleri için değerler) odaklanacaktır. Üçüncü ünite, mantarın birçok kullanım alanı ve uygulamasına genel bir bakış sunulacaktır. Bölümün sonunda, mantarın sürdürülebilir bir malzeme olarak anlaşılması, mantarın karbon ayak izi kavramı ve hesaplanması için çeşitli adımlar, mantar malzemesinin çeşitli uygulamalarına giriş ve mantarı havacılık ve uzay endüstrisi için uygun kılın özellikler açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mantar, sürdürülebilirlik, mantar ekosistemi, çevresel hizmetler, iklim değişikliği, karbon ayak izi, yaşam döngüsü.

İsmlendirme

CO₂ eq Karbondioksit eşdeğeri

GHG Sera gazı

LCA Laşam döngüsü değerlendirmesi

SKH Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

2.1 Mantar ve Sürdürülebilirlik

2.1.1 Mantar Ekosistemi

Ekoloji

Ekolojik açıdan mantar meşesi veya *Quercus suber* L. güneybatı Avrupa ve kuzeybatı Afrika'ya özgüdür. Bu iklim için uygundur:

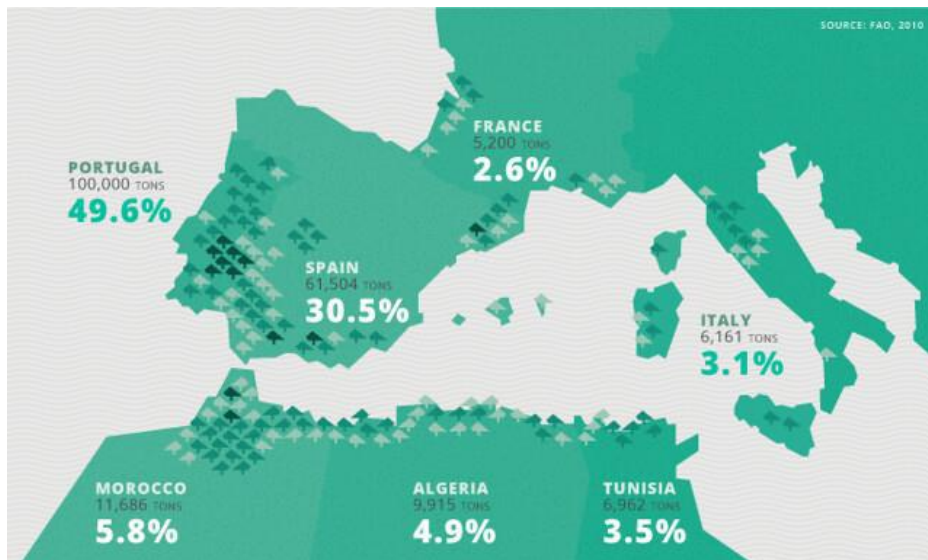
- Kısa yaz
- bol ve eşit dağılımlı bir yağış

- çok ılıman kışlar
- atmosferik nem ile yumuşatılmış kuru dönemler
- çok geçirgen, nemli ve derin silisli topraklar

Mantar meşesi, deniz seviyesinden 2000 m'ye kadar sıcak, nemli ve yarı nemli koşullarda yetişir. Bu optimum büyüme 600 m yüksekliğe ulaşır [1]. Bu durum, yıllık ortalama sıcaklığın 13-18°C, kışların nemli, yazların yüksek sıcaklıkta ve yıllık ortalama yağışın 900 mm'yi geçmediği Akdeniz iklim bölgelerinde geçerlidir. Ağaç su basmasına karşı çok hassastır. Akdeniz bölgelerinde yağışlar sonbahar sonu ve kış aylarında yoğunlaşarak mantar meşesi ağaçlarının adaptasyon kabiliyetini artırır. Bu tür aynı zamanda ılıman kışlara ve sıcak ve kurak yazlara da iyi adapte olmuştur. Mantar meşesinin yetişmesi için en uygun toprak koşulları silisli ve/veya kumlu topraklar ile iyi havalandırılan ve süzülen topraklardır [1]. Dolayısıyla, bu tür fakir ve sığ topraklara da toleranslıdır.

Birkaç yıl önce mantar meşeleri Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avustralya'dan Bulgaristan ve Güney Amerika'ya kadar birçok ülkede tanıtılmış ancak başarılı olunamamıştır. Tohumların korunması ya da genç bitkilerin büyümesindeki sorunlar gibi bazı hususlar, yetişkin ağaçların elde edilememesinden sorumlu olmuştur. Ağacın uzun döngü ömrü de yardımcı olmamaktadır. Bununla birlikte, yüksek süs değeri nedeniyle tüm dünyada birçok parkta bulmak mümkündür.

Mantar meşesi ormanı dünya çapında 2,1 milyon hektarın üzerinde bir alanı kaplamaktadır. Avrupa'da başta Portekiz ve İspanya olmak üzere Fransa, İtalya ve Kuzey Afrika ülkeleri Fas, Cezayir ve Tunus'ta da büyük bir alanı kaplamaktadır. Mantar meşesi alanları için orman envanterlerine göre: Portekiz'de 713.000 ha, İspanya'da 475.000 ha, Fransa'da 68.000 ha, İtalya'da 65.000 ha, Fas'ta 348.000 ha ve Tunus'ta 90.000 ha. Mantar meşelerinin ve mantar üretiminin dağılım haritası Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Mantar meşesinin dağılımı ve mantar üretim tonları.

Kaynak: <https://www.amorimcork.com/en/cork-and-wine/raw-material-and-production-process/>.

Biyoeçitlilik

Mantar meşesi peyzajları, flora ve fauna için çok çeşitli habitatları koruyan zengin biyoeçitlilikleri nedeniyle önemli bir ekosistemi temsil etmektedir [2, 3]. Akdeniz'in 35 küresel "sıcak noktadan" biri olarak bilinmesinin nedeni budur. Biyoeçitlilik, tüm biçimleri, seviyeleri ve kombinasyonlarıyla yaşamın çeşitliliğidir: ekosistem, tür ve genetik çeşitlilik [4].

Kısaca, mantar meşesi ekosistemleri, mantar meşesinin (*Quercus suber* L.) hakim olduğu bir ağaç örtüsü tabakasına sahip, sıklıkla holm meşesi (*Quercus ilex* ve *Q. rotundifolia*), yabancı zeytin ağaçları ve çamlarla [1, 5] ve otsu bir türle [6] ilişkili çok işlevli ekosistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemlerin zamansal dinamikleri çeşitli yazarlar tarafından rapor edilmiştir [7-9].

Mantar meşesi peyzajları bir biyoeçitlilik rezervuarıdır ve imparatorluk kartalı (*Aquila adalberti*) gibi bazıları nesli tükenmekte olan çeşitli türlere ev sahipliği yapmaktadır. Aynı zamanda yabancı faunanın (yaklaşık 24 sürüngen ve amfibi türü, 160'tan fazla kuş türü ve 37 memeli türü) büyük doğal biyolojik çeşitliliğinin yaşam alanıdır. Ayrıca Akdeniz Havzası, dünyanın en fazla endemik bitki türüne sahip üçüncü bölgesidir. Özellikle mantar meşesi ormanlarında bitki biyoeçitliliği metrekare başına 135 türe ulaşabilmektedir. Bunlar arasında çeşitli aromatik, tıbbi ve mutfak bitkileri bulunmaktadır. Çalılıklar arasında lavanta ya da çilek ağaçları gibi çalı ve ağaççıklar bulunmaktadır.

Sosyal ve ekonomik etki

Mantar meşesi peyzajı, hem insanların hem de çevrenin yararı için koruma ve geliştirme arasındaki dengenin en iyi örneklerinden biridir. Bu doğal olmayan ekosistem, ağaçları ve mantar meşesi ortamını şekillendiren yüzyıllardır devam eden yönetim ve odaklanmış silvikültür faaliyetlerinin bir sonucudur. Tarım için otlama, temizleme veya sürme gibi bazı uygulamalar sonucunda mantar meşesi ormanları kademeli olarak açık ormanlık alanlara dönüştürülmüştür.

Günümüzde mantar meşesi ekosistemleri dört tür yamadan oluşan bir mozaik içerir: ormanlar, meşe savanları (veya Portekiz'de montadolar ve İspanya'da dehesalar), çalılıklar ve otlaklar (Şekil 2.2 ve 2.3). "Montado", Portekizce bir terim olup, karışık tarımın, çalılık ve/veya otlak alanların arasına serpiştirilmiş geniş meşe ormanlarının etrafında yoğunlaştığı manzaraları tanımlamak için kullanılır. Yukarıda da belirtildiği gibi, meşe savanları ve otlaklar bu alandaki uzun süreli insan varlığı ve ilgili faaliyetlerin bir sonucu olarak korunmaktadır [10, 11].



Şekil 2.2 Meşe savanları (ya da Portekiz'de montados ve İspanya'da dehesas). Kaynak:

<https://gosuber.es/>.



Şekil 2.3 Katalonya'daki ormanlar. Kaynak: ICSuro.

Mantar ekosistemi sürdürülebilir ormancılık uygulamalarına bir örnektir ve çoğunlukla mantar tıpa üretiminden elde edilen önemli bir gelir kaynağını temsil etmektedir. Mantar tıplarının yüksek piyasa değerine rağmen (mantar piyasa değerinin neredeyse %70'ini temsil etmektedir), mantar hasadına paralel olarak diğer tarımsal ve silvikültürel uygulamalar da gerçekleştirilmektedir. Sığır yetiştiriciliği, bitki, mantar ve tıbbi bitkilerin toplanması, bal üretimi ve eko turizm de mantar meşesi peyzajlarında yer alan bazı faaliyetlerdir [12,13]. Bu ekosistemle ilgili binlerce doğrudan (ormancılık alanındaki işler) ve dolaylı iş vardır.

Çevresel etki

Çölleşmeye karşı doğal bir bariyer olarak mantar meşesi peyzajları ve yangına dayanıklılıktaki rolleri de dikkate alınması gereken diğer hususlardır. Mantar meşeleri toplam yağışın yaklaşık %26,7'sini topladıkları için erozyona karşı koruma sağlar ve yağmur suyunun sızma oranını artırır. Mantar meşesi ağaçları önemli miktarda toprak besinini alt toprak seviyelerinden üst toprak seviyelerine taşıyarak diğer bitkiler için erişilebilir hale getirir. Son olarak, gözenekliliği ve organik bileşimi ona yüksek bir su tutma kapasitesi kazandırır.

Kısacası mantar meşesi, ekolojik ve ekonomik önemi göz önünde bulundurularak korunması gereken bir türdür. Bir yandan mantar meşesi ormanları, Amazon Yağmur Ormanları'ndan sonra dünyanın en yüksek orman biyoçeşitliliği seviyelerinden birini desteklemektedir. Bu anlamda, mantar meşesi ormanları biyolojik çeşitliliğin sıcak noktalarıdır ve ekolojik değerleriyle tanınan eşsiz ekosistemler oluşturur [14]. İyi yönetilen mantar meşesi peyzajları, yangın riskini ve habitat ve biyoçeşitlilik kaybını artıran Akdeniz matorral türleri tarafından hızla büyümekten kaçınır [15]. Öte yandan, mantarın çıkarılması ve mantar tıpların yüksek katma değeri, üretiminin farklı seviyelerinde (orman, endüstri ve/veya laboratuvar) binlerce işletmeden sorumludur. Mantar endüstrisi, farklı ormancılık alanlarında istihdam sağladığı için mantar meşesi ormanlarının terk edilmesinin önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

2.1.2 Çevre Hizmetleri

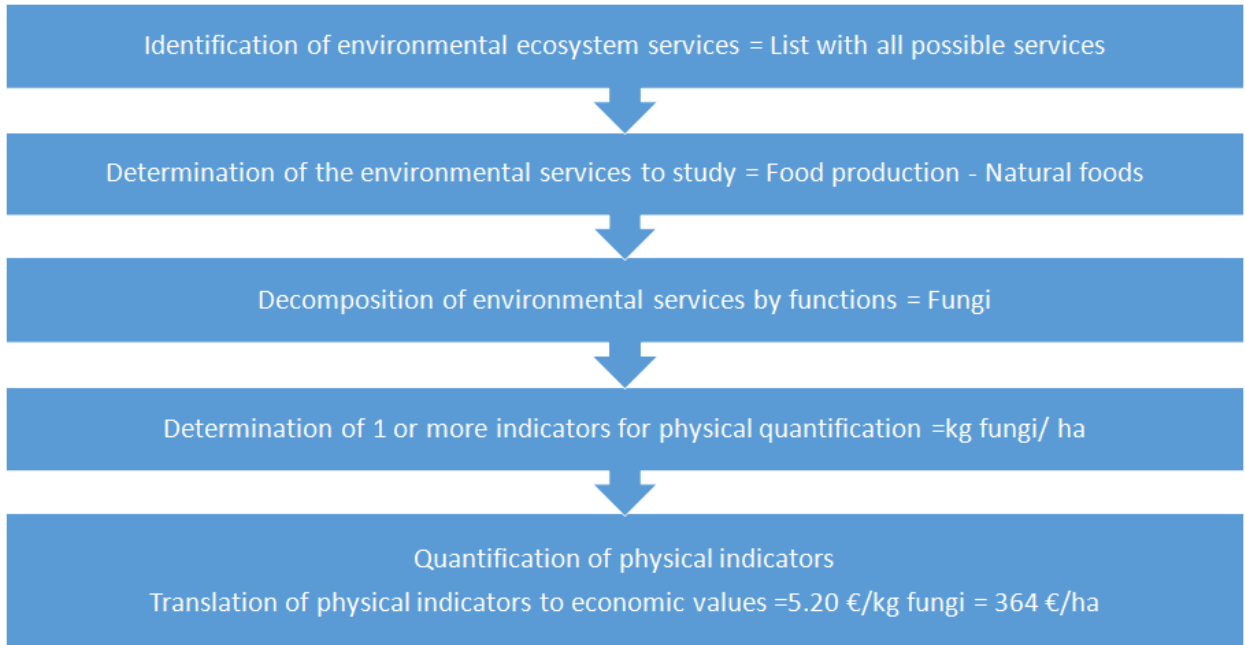
Bir doğal kaynak yönetimi stratejisi olarak, çevresel hizmetler kavramı son on yılda oldukça fazla ilgi görmüştür. Dahası, bu kavram giderek çevre politikalarına entegre edilmiştir [16]. Aynı zamanda,

çevresel hizmetler için yapılan ödemeler hem akademisyenler hem de koruma uygulayıcıları tarafından büyük ilgi görmeye devam etmektedir [17].

Çevresel hizmetlerle ilgili ilk adım, mantar meşesi orman alanıyla ilişkili doğrudan ve dolaylı çevresel hizmet faydalarını ölçmek ve ekonomik olarak analiz etmektir. Bir ekosistem tarafından sunulan farklı çevresel hizmetler, diğer çalışmalara göre [18] dört kategoride sınıflandırılmaktadır: (a) mal ve hizmetlerin sağlanması, (b) düzenleme, (c) destek ve (d) kültürel hizmetler. Dolayısıyla, ekosistemler gıda, su, yakıt, malzeme, güneşten korunma, su düzenlemesi, yangın önleme, rekreasyon el kullanım ve besin döngülerinin sağlanması gibi birçok işlev sunmaktadır.

Bu belge, Dr. Jesús Rives, Dr. Carles Martínez, Dr. Sónia Sánchez, Dr. Carles Barriocanal, Dr. Martí Boada ve Dr. Àlvar Garola tarafından yürütülen bir çalışmayı örnek olarak almakta ve bu tür bir hizmeti gerçekleştirmek için bir metodoloji sunulmaktadır: "Katalonya'daki mantar meşesi ormanlarının çevresel hizmetlerinin değeri Ekosistemin çevresel hizmetlerinin değerlendirilmesi" [18].

Bu çalışmayla uyumlu olarak, çevresel hizmetlerin belirlenmesinde kullanılan bir metodoloji örneği Şekil 2.4'te sunulmuştur.



Şekil 2.4 Çevresel hizmetlerin belirlenmesine yönelik metodoloji [18]

Katalonya'daki mantar meşeleriyle ilişkili doğrudan ve dolaylı çevresel faydaların nicelleştirilmesi ve ekonomik olarak analiz edilmesi durumunda, ilk adım orman örneğinin mümkün olduğunca temsili olarak seçilmesi ve ardından kriterlerin belirlenmesidir. Bu adımda aşağıdaki gibi bazı hususların dikkate alınması önemlidir:

- Ana faaliyet mantar çıkarma ve diğer tamamlayıcı faaliyetler olasılığı
- Faaliyette olan saha
- Katalan düzeyinde temsili saha boyutları (200 ila 1.000 hektar arasında)

- Olgun orman yapısı - çap sınıflarının temsilcisi
- Yakın zamanda önemli bir rahatsızlık yok
- Farklı alanlara dağıtılmış
- Güncellenmiş PTMGF ve dijital haritalama ile mevcuttur.

Seçilen alanlara ilişkin bilgiler, Tablo 2.1'de gösterildiği gibi bazı tarihleri içeren bir tabloda gösterilmelidir.

Tablo 2.1. Seçilen alanların karakterizasyonu.[18]

Area	Albera- Salines	Gavarres	Selva-Gironès	Montseny	Montnegre
Total surface (ha)	201,7	937,9	269,9	479,2	481,0
Altitude min and max (m)	155-395	75-325	325-704	475-980	91-357
Average slope(%)	40%	30%	20-80%	25%	20%
Average temperature (°C)	2,3-28,2	2,5-30,7	1,6- 28,3	-2,0-25,0	2,7-29,0
Rainfall(mm)	580,8	819,0	900,0	850,0	750,0

İkinci adım, incelenecek çevresel ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi ve bu hizmetlerin işlevlere göre ayrıştırılmasıdır. Böylece, bir ekosistem tarafından sunulan farklı çevresel hizmetler, daha önce de belirtildiği gibi dört kategoride sınıflandırılır. Her bir hizmetin örnekleri ve her birinin bazı işlevleri aşağıdaki Şekil 2.5'te sunulmuştur.

Bir sonraki adım, fiziksel niceleme için bir veya daha fazla göstergenin belirlenmesi ve her birinin nicelenmesidir.

PROVISION SERVICES	Food supply	
	Natural foods	Fungi Wild fruits Chestnut Pine nuts Honey Aromatic and medicinal plants
PROVISION SERVICES	Forest resources	
	Wood	Fungi Quercus suber Pinus pinaster Pinus insignis/radiata Eucaliptus Other woods
Cork	Cork (virgin cork, reproduction cork)	t/ha
Pineapples and resins	pineapples and resins	Kg/ha
Other forestry products	Biomass	m3/ha
	Firewood	t/ha
	Decorative bushes	units/ha
REGULATION SERVICES	Cycles	
	Soil training and protection	Amount of soil eroded Soil erosion rate
Pollination	Amount of ropaloceros through the BMS	Number of individual/ha
	Number of species of ropaloceros through the BMS	Species/ha
	Number of swarms	number swarms/ha
	Bee population	Bees/ha
Climate regulation	Amount of carbon accumulated	Totals t CO2/ha
REGULATION SERVICES	Prevention	
	Fire prevention/control Pollination	number of fires in the last 100 years
number of fires in the last 20 years		Number fires
Road density, property management and fire protection		m/ha
Amount of water for the fire		m3/ha
number of traps	number of traps	Num tra,ps/year
CULTURAL SERVICES	Functions of human well-being	
	Recreational activities	Number of visitors
Turism and ecoturism	number of annual overnight stays	days with occupation
	total rural tourism places	n ^o places
Scenery	N ^o of visits	n ^o visits/year
Education/interpretation	environmental education activities	n ^o students/year

Şekil 2.5 Bir ekosistem tarafından sunulan farklı çevresel hizmetlere örnekler dört kategoride sınıflandırılmaktadır: (a) mal ve hizmetlerin sağlanması, (b) düzenleme, (c) destek ve (d) kültürel hizmetler. [18].

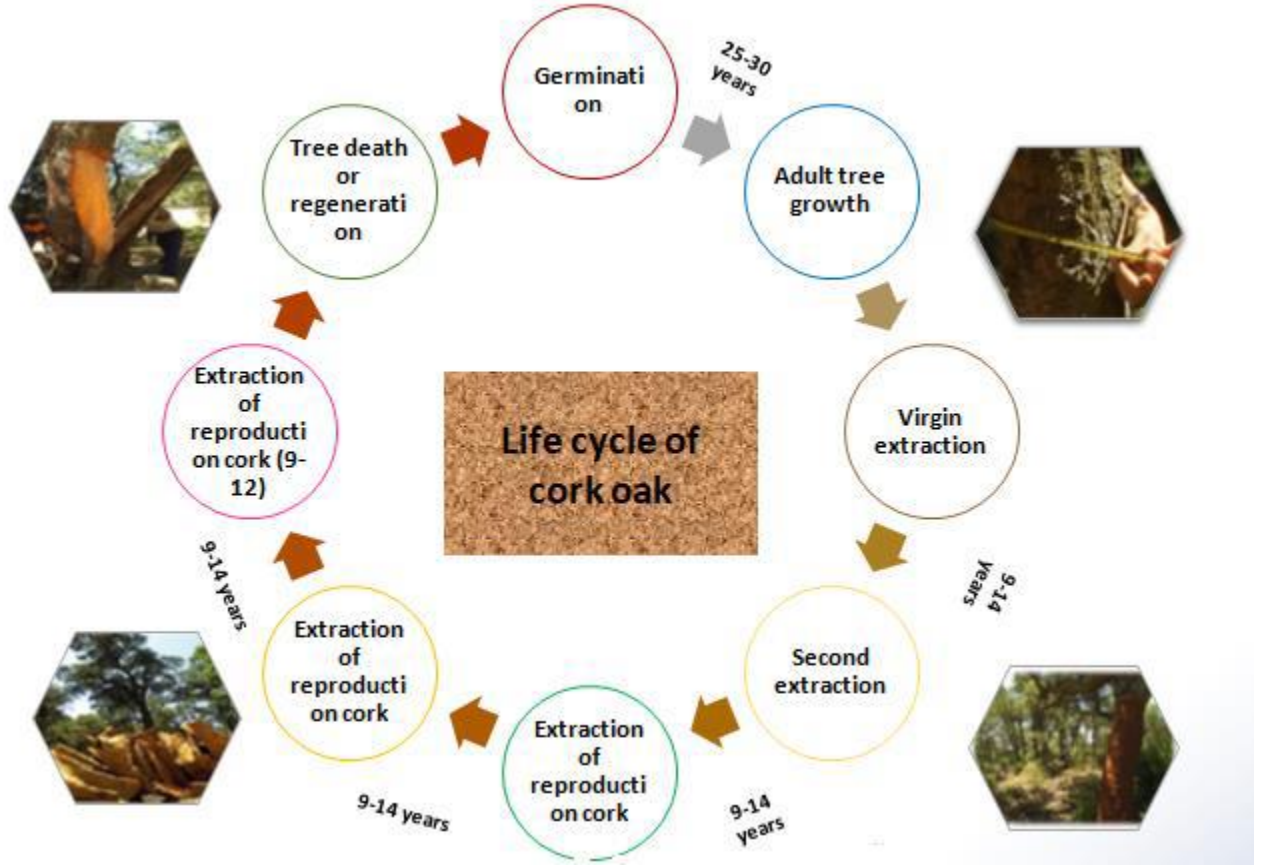
2.1.3 Sürdürülebilir Yönetim

Mantar, meşe ormanlarının ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliğini sağlar [11]. Bu sürdürülebilirlik, orman fonksiyonlarının çeşitlendirilmesi [19] ve mantar uygulamalarına uygun olarak doğal, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç açıdan karakterize edilmelidir.

Mantar üretiminin sürdürülebilir yönetimi, yeni bir mantar tabakası oluşturduğu için mantar kabuklarının ağacın canlılığını tehlikeye atmadan buhardan soyulabileceği gerçeğine dayanmaktadır. Mantar tıpa üretimi için mantarın çıkarılması, ağacın mükemmel fizyolojik durumda korunması ve bu son ürünün üretimi ile uyumlu kabul edilen bir dereceye kadar mantarın kabuktan periyodik olarak çıkarılmasını gerektirir.

Mantar meşesinin döngüsel ömrü nedeniyle mantarın bu sürdürülebilir yönetimi Şekil 2.6'da gösterilmektedir.

Ş



Şekil 2.6 Mantar kabuğunun tohumların çimlenmesinden ağacın ölümüne kadar nasıl elde edildiğini gösteren mantarın çevrim ömrü. Kaynak: ICSuro.

Bu Şekil 2.6'da görebileceğimiz gibi, mantarın ilk soyulması ağaç 30 ila 40 yaşındayken veya ağaç yetişkin olduğunda (bölgeye göre değişir) yapılır. Elde edilen bu ilk kabuk işlenmemiş mantar olarak adlandırılır. Daha sonra, bölgeye bağlı olarak 9 ila 14 yıl sonra ağaç tekrar soyularak ikinci kabuk veya ikinci mantar elde edilir. Bu ilk mantar kalasları, mekanik özellikleri ve görsel özellikleri nedeniyle mantar tıpa üretimi için uygun değildir. Daha sonra mantar meşesi periyodik olarak 9 - 14 yıl aralıklarla sökülerek reproduksiyon mantarı adı verilen başka bir malzeme elde edilir. Bu son kabuklar mantar tıpa üretimi için kullanışlıdır. Bu işlem ağaç 150 ila 250 yaşına gelene kadar devam eder. Bu koşullar ticari sınıf mantar elde edilmesini sağlar.

Mantar sıyırma işlemi elle yapılır ve bu işlem Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Bu nedenle, mantar sıyırma işlemi, ağacı yaralamaktan kaçınmak için bazı uzmanlıklar gerektiren manuel bir işlemdir: fellojen altındaki vasküler kambiyuma ulaşmadan ve zarar vermeden. Mantar sıyırıcıların bu yetkinliği, işlemi doğru bir şekilde yürütmek ve mantar meşesi sıyırma işleminin başlangıcına ilişkin doğru seçimi yapmak için gereklidir.



Şekil 2.7 Mantar sıyırma işlemi. Kaynak: ICSuro.

Kavisli bir kesme bıçağına sahip bir balta ve mantar plakalarını ayırmak için bir kaldıraç olarak nispeten uzun bir ahşap kol kullanılarak sıyırma işlemi gerçekleştirilir. İlk olarak, sıyırıcı mantar üzerinde uzun kesikler yapar: ağacın çevresinde yatay olarak ve bazı dikey kesikler. Ardından, mantar kalasları çıkarılana kadar baltanın kolu kesiklerin içine sokularak kalaslar veya mantar katmanları ayrılır [1]. Mantar ekibi genellikle iki mantar sıyırıcıdan oluşur ve işlem oldukça hızlı ve bir iş gününde ortalama 900 kg mantar verimiyle gerçekleştirilir [20]. Günümüzde, mantar hasadı için alternatif bir mekanize süreç bulunmaktadır.

Şekil 2.8'de hasattan sonra işlenmemiş mantarın, ikinci mantarın ve çoğaltma mantarının görsel görünümü gösterilmektedir. Bakir ve ikinci mantar kalasları, üreme mantarlarına kıyasla görsel açıdan bazı farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar periderm adı verilen dokunun gelişiminden ve düzenliliğinden kaynaklanmaktadır. Her iki ilk mantar kabuğunun yüzeyi düzensizdir ve lignoselüloz yapılar sunar. Bu nedenle her iki kabuk da doğal mantar tıpa üretimi için uygun değildir.



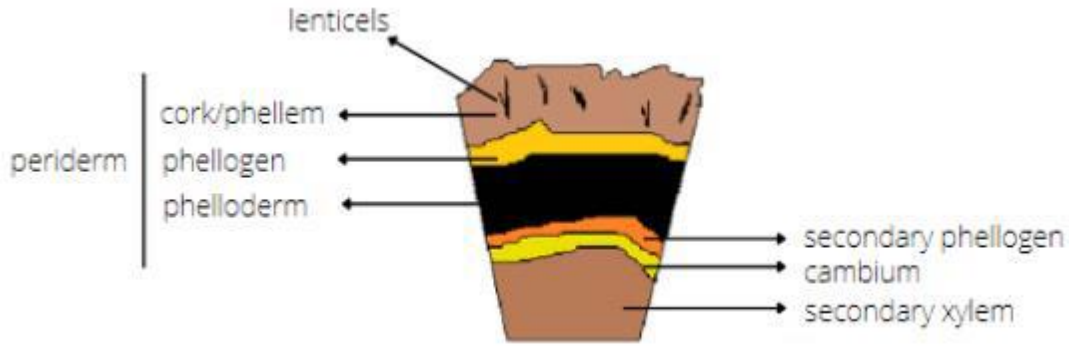
Şekil 2.8 Quercus suber: (A) işlenmemiş mantar; (B) ikinci mantar; ve (C) olgun ağaçlarda üreme mantarı. Kaynak: ICSuro.

Mantar çıkarma işlemi yalnızca mantar meşesi fizyolojik olarak aktif olduğunda veya periderm aktivitesi döneminde yapılır: phellogen ana hücresi ve yeni oluşan phellem hücresi turgid olduğunda ve hücre duvarları ince ve kırılgan olduğunda. Orta derecede bir kuvvet uygulayarak, bu durumda fellojenik aktif bölge seviyesindeki mantar tabakası kolayca ayrılabilir [1]. Bu aşama ilkbahar sonu ve

yaz başına denk gelir. Mantar sıyrıldıktan sonra, phellogen ölür ve yeni bir tane oluşur.

Yukarıda belirtilen bu koşullar ağacın zarar görmemesini garanti altına almak için gereklidir çünkü sıyırma sırasında enfeksiyon noktaları oluşması mümkündür. Bu durumda, biyolojik bir saldırı ağacın ölümüne neden olabilir.

Peki mantar kabuğu rejenerasyonu nasıl mümkün olabilir? Bir ağaç gövdesinin enine kesitine baktığımızda (Şekil 2.9), iki meristemi veya hücre bölünme kapasitesine sahip bir grup farklılaşmamış hücreyi (kambiyum ve fellojen) ayırt edebiliriz. Her iki meristem de her iki tarafta doku üretebilir. Kambiyum durumunda, ksilem veya odun (iç kısımda) ve floem veya vasküler bitkilerdeki ana besin ileten dokunun (dış kısımda) oluşumundan sorumludur. Bu odunsu bitkilerin tipik yapısıdır. Fellogen durumunda ise, sırasıyla iç kısımda ve diğer kısımda felloderm ve felllem (ya da mantar) oluşumundan sorumludur. Periderm, phelloderm, phellem ve phellogen'in toplamıdır. Floem ve periderm kabuğu oluşturur [1].



Şekil 2.9 Mantar meşesi gövdesinin enine kesiti. Kaynak: ICSuro.

Periderm koruyucu bir dokudur ve bazı türlerde sadece belirli bir süre boyunca işlevseldir. *Quercus suber* örneğinde, peridermin birbirini izleyen ölümleri ve ardından yenilenmeleri mantar üretiminden sorumludur. Ayrıca, mantar meşesi periderminin gelişimi, düzenliliği, büyüme yoğunluğu ve uzun ömürlülüğü ile ilgili bazı özel özellikleri vardır ve yukarıda belirtildiği gibi, çıkarıldıktan sonra yenilenme kapasitesi bu türü çok benzersiz kılmıştır.

Mantar, çıkarıldıktan sonra birçok uygulamada kullanılabilir. Günümüzde doğal mantar tıplar, mantar endüstrisinin en değerli ve en çok üretilen ürünüdür. Mantar tıplar, mantar endüstrisi tarafından elde edilen toplam gelirin %70'ini temsil etmektedir. APCOR kayıtlarına göre, doğal mantar tıplar veya duru şarap tıpları pazarın %60'ını oluştururken, köpüklü şarap tıpları gibi diğer mantar türleri %19'u temsil ederek %21'lik bir paya sahiptir.

Mantar tıpa endüstrisi için uygun olmayan mantar: işlenmemiş mantar veya düşük kaliteli mantar, yoğunluklarına ve tane boyutlarına göre sınıflandırılan mantar granülleri üretmek için kullanılır [21]. Aşırı süreksizlikler, yani derin kırıklar gibi kusurların olmaması mantar tıpa üretimi için uygun değildir, bu nedenle bakire ve ikinci mantar bu faaliyet için kullanılmaz. Bu mantar granülleri, hafiflikleri, esneklikleri ve gaz ve sıvılara karşı geçirimsizlikleri ile karakterize edilen özelliklerinden

yararlanılarak çeşitli uygulamalarda nihai ürün olarak kullanılabilir.

Mantar kalas kalitesi, bu hammaddenin nihai kullanımına karar vermede önemli bir faktördür. Bu kalite mantar kalasların görsel kontrolü ile değerlendirilir. Yukarıda belirtildiği gibi, mantar kalaslarının sınıflandırılması, son kullanımlarına göre farklı olan öznel kriterler dikkate alınarak uzman bir operatör tarafından yapılır. Mantar tıpa üretiminde mantar kalitesi söz konusu olduğunda, dikkate alınan başlıca özellikler gözeneklilik, ham mantar kalınlığı ve böcek delikleri veya teğetsel çatlaklar gibi bazı kusurlardır.

2.1.4 İklim Değişikliğinin Mantar Ekosistemi Üzerindeki Etkisi

Mantar meşesi türü ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamaktadır. Ancak 1950'lerden bu yana, bazı mantar meşesi ormanlarındaki azalma olgusu fark edilmiştir. Buna ek olarak, önceki araştırmalar bu düşüşün 1980'lerden bu yana geçen otuz yıl içinde hızlandığını göstermektedir [22]. Akdeniz ormanlarının yoğun insan etkileri veya iklim değişikliği gibi sistematik değişikliklere yanıt verme kapasitesi sınırlıdır. Ancak bu durumun nedenleri henüz net değildir.

İklim değişikliği veya bazı insan yönetimi gibi biyotik ve abiyotik faktörler, özellikle Akdeniz Havzası'nda sürekli bir meşe ormanı kaybına yol açabilir. Örneğin, tarım için temizleme, otlama veya sürme gibi bazı uygulamalar sonucunda mantar meşesi ormanları yavaş yavaş açık ormanlık alanlara dönüşmüştür [15].

Kim ve arkadaşları [5] *Quercus suber*'in azalmasına ilişkin bazı hipotezler öne sürmüştür. Bu çalışmaya göre, yıllık ortalama sıcaklığın artması, kuraklık dönemleri, aşırı yağışlar veya son yirmi yılda yıllık ortalama yağış miktarının 57 mm azalması gibi bazı doğal etkenlerin orman bozulmasının nedenleri olduğu öne sürülmüştür. Bu çevresel değişiklikler, ağaçların böceklere ve patojenlere karşı savunmasızlığının artmasına ve/veya ağaçların fizyolojik olarak gerilemesine yol açabilir [23] çünkü kışın sıcaklık yükseldiğinde patojenlerin hayatta kalması ve gelişmesi artar.

IPCC raporuna göre, sıcaklığın artması durumunda Akdeniz bölgesindeki yıllık ortalama sıcaklığın 2 ila 4,5°C artması beklenmektedir. Sıcak bir yaz döneminde, hava sıcaklığındaki artış, solunum oranlarındaki artış ve artan evapotranspirasyon talebinin getirdiği kuraklık stresi nedeniyle ağaç büyümesini engelleyebilir [5]. Ayrıca, şiddetli kuraklık dönemleri, toprak su seviyelerinin hızlı dalgalanması, su basması ve/veya uzun süreli sel baskınları gibi çevresel olaylar mantar meşesinin azalmasında rol oynayabilir. Bu olaylar, azalma sendromlarının başlatılmasında özellikle önemli olabilir [24].

Bu düşüş olgusu, *Phytophthora cinnamomi* mantarının enfeksiyonuyla ilişkili olan 'ani ölüm' semptomları gösteren ağaçların sayısındaki artışla ilişkilidir [25, 26]. Mantar düşüşüne yol açan diğer nedenler, kabuklarda böceklerin varlığı veya fırsatçı kök tarafından istila edilmesi ve kök hastalığı mantarları diğer nedenlerdir [26].

İnsan etkisi de dikkate alınması gereken bir diğer faktördür. Sanayileşme, kentleşme, aşırı kullanım

veya orman yangınları gibi bazı insan faaliyetleri bazı Akdeniz ülkelerinde çevresel bozulmaya neden olabilir. Bunların bazı sonuçları iklim değişikliği ya da toprak azalması, sedimantasyon, biyolojik çeşitlilik kaybı ya da su ve hava kirliliği gibi önemli çevresel sorunlardır. 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında, kabuk soyma işlemini takiben aşırı tanen çıkarımı, mantar meşesi ormanlarının uzun vadeli düşüşünün başlıca nedenlerinden biriydi [27].

Akdeniz ormanları uzun bir otlatma geçmişine sahiptir. Bazı bilimsel kanıtlar, hayvan otlatmanın doğru kullanıldığı takdirde Akdeniz ormanlarının korunmasına hizmet edebilecek ekolojik bir faktör olduğunu göstermiştir. Masson ve arkadaşları Fransız mantar meşesi ormanında otlatmanın yanıcı çalıların kontrol altına alınmasını sağlayabileceğini bulmuşlardır. Geçmişte yapılan diğer çalışmalar, ormanların tahribatından evcil hayvanları sorumlu tutmuştur. Bunlar, mantar meşesi ormanının aşırı kullanımı ve sömürülmesinin Akdeniz havzasında yenilenme oranını sürdürülebilir seviyenin altına düşürebileceğini öne sürmüştür [28, 29]. Costa ve diğerlerine göre [20], geleneksel arazi yönetimi uygulamalarının terk edilmesi, tarımsal arazi kullanımlarının ve doğal meşe ormanlarının çalılıklar ve hızlı büyüyen Okaliptüs ve çam (*Pinus pinea* L.) plantasyonları ile değiştirilmesi gibi önemli arazi kullanım dönüşümlerine neden olmuştur.

2.2 Mantar Ürünlerinin Karbon Ayak İzi

2.2.1 Karbon Ayak İzine Giriş

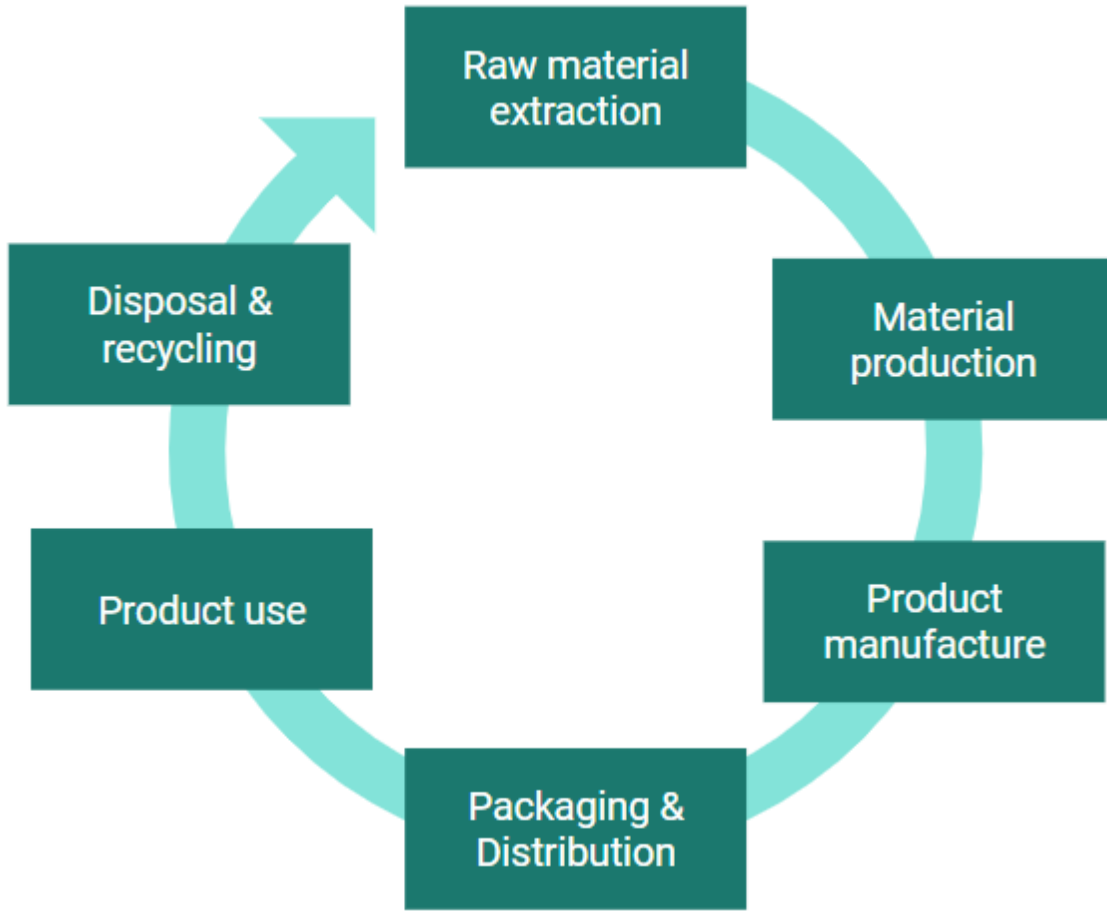
İklim değişikliği, doğanın ve insanlığın geleceği için temel sorundur ve gelecekteki sorunları azaltmak ve dünyayı geleceğe yönelik sürdürülebilir bir yola sokmak için net sera gazı (GHG) emisyonlarında önemli azaltımlara ihtiyacımız var. Toplam net antropojenik sera gazı emisyonları, 1850'den bu yana kümülatif net CO₂ emisyonları gibi son on yılda artmaya devam etmiştir. Ormanlık sektörü gıda, odun ve diğer yenilenebilir kaynakların yanı sıra biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlarken önemli azaltım fırsatları da sunmaktadır.

Doğal kaynaklar, birden fazla kez çıkarılabilmelerine ve doğal olarak kendilerini yenileyebilmelerine bağlı olarak yenilenebilir veya yenilenemez olabilirler ve havacılık endüstrisini daha verimli hale getirme potansiyeline sahiptirler.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) ve Karbon Ayak İzi, ürünlerin tüm yaşam döngülerini dikkate alan çevresel değerlendirmeleri için giderek daha popüler hale gelen araçlardır. LCA ve karbon ayak izi arasındaki fark, incelenen etki kategorileri ile ilgilidir. Karbon Ayak İzi tek bir çevresel etki kategorisine odaklanır: sera gazı emisyonları (CO_{2eq}). Karbon ayak izi analizi, bir ürün, faaliyet veya sürecin tüm yaşam döngüsü değerlendirmesinin bir alt kümesidir. LCA, çalışmanın kapsamına bağlı olarak, bir sürecin, ürünün, hizmetin, kişinin veya kuruluşun faydalı ömrü boyunca madde ve enerji girdilerini ve çıktılarını tanımlar. Bu analiz, Karbon Ayak İzi ile birlikte, verilerin standartlaştırılmasına, analizlerin ve karşılaştırmaların yapılmasına ve araştırma nesnesinin çevresel etkisinin bağlamdan bağımsız olarak aynı birimde (CO_{2eq}) belirlenmesine olanak tanır.

Farklı ürünlerin çevresel performansını değerlendirmek için LCA'yı kullanabilir ve sonuçları karbon

ayak izi olarak CO₂eq (karbondioksit eşdeğeri) cinsinden çevirebiliriz. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi metodolojisini, bir ürün, süreç veya hizmetle ilişkili çevresel etkilerin, hammaddelerin elde edilmesi, ürünün veya hizmetin imalatı, kullanımı ve bertarafı (beşikten mezara yaklaşımı) boyunca malzeme kaynaklarının, enerji girdilerinin ve çevresel konuların envanterini çıkararak ömrü boyunca değerlendirilmesi olarak tanımlayabiliriz (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA). Kaynak: ICSuro.

Mantar malzemesi, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşı olan biyoçeşitliliğin korunmasının yanı sıra sera gazı emisyonlarının azaltılması ve CO₂ tutulmasıyla yakından ilgilidir. Mantar, her sıyrılmadan sonra yeniden oluşur ve mantar ağacının, tipik olarak toplam gövde ve dal yüzeyinin yüzde 50'sinden fazlası gibi önemli miktarda kabuk kaybına dayanmasını sağlar. Mantarların canlı ağaçların kabuklarından elde edilmesi, politika yapıcıların daha az doğal alternatifler yerine bunların kullanımını tercih etmelerine yol açmıştır. Mantar meşesi orman yönetimi ve bunların çevre ile ilişkisine odaklanan bazı yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları bulunmaktadır [30-33].

Mantar sektörü için karbon ayak izi, orman yönetiminden (sadece mantar hasadı değil), üretim süreçleri ve ürün dağıtımına, ürün ömrünün sonuna (yani bertaraf, yakma, geri dönüşüm vb.) kadar tüm farklı aşamalarında dikkate alınmalıdır. Ayrıca, orman bazlı ürünlerde (mantar, ahşap, vb.) tutulan biyojenik karbon genellikle dahil edilmez, çünkü bunlar işleme ve kullanım ömrü sonu aşamalarında ayrışma, yakma veya biyolojik bozunma yoluyla atmosfere salınır. Ormanda geciken biyojenik karbon

yutağı ve emisyonu (odun, mantar kabuğu, kökler ve yapraklar), ürünün kullanımı sırasında kullanım ömrü sonuna kadar mantar ürününün içinde tutulur (enerji kullanılarak veya kullanılmadan yakma, anaerobik mantar bozunması ile düzenli depolama ve kompostlamanın, her bölgenin olanaklarına ve atık ve yan ürünlerin toplanması ve yönetimi için kamu hizmetlerine bağlı olarak kullanım ömrü sonu aşamaları olduğu düşünüldüğünde).

2.2.2 Ormanların Karbon Fiksasyonu

Birleşmiş Milletler'in 2022 tarihli en son IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) raporuna göre, "insan etkisinin atmosferi, okyanusları ve karaları ısıttığı kesin". Önümüzdeki on yıllarda karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazı emisyonları büyük ölçüde azaltılmazsa, 21. yüzyılda küresel ısınma 1,5°C ve 2°C'ye ulaşacaktır. Fiziksel bilimsel açıdan bakıldığında, insan kaynaklı küresel ısınmanın önceden belirlenmiş bir seviyede sınırlandırılması, diğer sera gazı emisyonlarında önemli azaltımlara ek olarak kümülatif CO₂ emisyonlarının sınırlandırılması ve net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşılması anlamına gelmektedir. Fosil yakıtların yakılmasından insanlar sorumlu olsa da, karbonun ormanlarda asimile edilmesi ve orta vadede depolanması, fosil yakıtlardan kaynaklanan karbonik gaz emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Quercus suber ormanları, uzun vadeli, geleneksel insan yönetimi uygulamalarının ve insanlar ile çevre arasındaki simbiyotik ilişkinin bir sonucu olduğu için olağanüstü ekosistemlerdir. Mantar meşesi ormanları, tüm ormanlar gibi, fotosentetik faaliyet yoluyla atmosferden (CO₂) uzaklaştırarak ve doğal büyüme sürecinde çok yıllık dokularında ve organik madde olarak toprakta depolayarak iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur. Mantar meşeleri uzun ömürlü ağaçlardır; karbonu çok uzun süreler boyunca depolayabilirler ve olağanüstü sert kabukları mantar meşesi öldükten sonra da uzun süre dayanabilir. Aynı durum mantar ürünleri için de geçerlidir, çünkü mantar ürünleri son derece dayanıklıdır ve uzun süre kullanılabilirler gibi, mantar meşesi ormanından hasat edilen mantar kabuğunda (biyojenik karbon) bulunan karbonun büyük bir kısmını depolayarak (mantar malzemesi kolaylıkla bozunmaz) düzenli depolama sahasında da kullanılabilir ve böylece CO₂ gazının neden olduğu sera etkisinin azaltılmasına katkıda bulunur.

Orman ekosistemlerinde karbon tutulması, fotosentetik karbon emilimi ve ekosistem solunumu ile salınan karbondioksit (yaşam için gerekli besinleri sağlayan topraktaki organik maddenin ayrışması dahil) arasındaki denge ile değerlendirilir. Bu nedenle ekosistemin dengesini veya net üretimini ölçmenin önemi büyüktür.

Mantar ormanı ekosistemi, farklı çalışmalara göre [34-38] yılda 2 ila 14 ton CO₂ /ha/yıl emer ve bu miktar ekosistemin türüne (otlak veya orman) ve iklim koşullarına bağlıdır.

ICOS (Entegre Karbon Gözlem Sistemi), karbon dengesinin ölçülmesine yönelik küresel çabalara yardımcı olmak amacıyla Avrupa Birliği tarafından geliştirilmiştir. Montado veya Portekiz mantar meşesi ormanlarının yıllık karbon tutma kapasitesi Portekiz'de yapılan araştırmalarla değerlendirilmiştir. Örneğin, orta Portekiz'de (Herdade da Machoqueira), yarı yaprak döken çalı türleri

ve yerli otlaklardan oluşan bir alt örtüye sahip 50 yaşındaki bir mantar meşesi (*Quercus suber*) açık ormanlık alanı $-388 \text{ g C m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ [37] (yani, yılda hektar başına 14,2 ton CO_2) tutabilir. Bununla birlikte, kurak bir yıl gibi olumsuz koşulların ortaya çıkması, karbon tutulumunda önemli düşüşlere (yaklaşık %45) neden olabilir.

Mantar meşesi ormanlarındaki karbon stoku esas olarak mantar meşesi ormanının konumuna bağlıdır, çünkü bu durum hektar başına ağaç yoğunluğunu, mantar çıkarma dönemini ve büyüme oranını etkiler. Karbon birikiminin yıllık değişimi aynı zamanda belirli bir yıldaki iklim koşullarına da bağlıdır.

Aşağıdaki tablo, çeşitli çalışmalara göre mantar meşesi ormanının net karbon tutma (sabitleme eksi emisyon veya net ekosistem değişim oranı) sonuçlarını ve ayrıca iklim koşullarına ve nihai ortalamaya bağlı olarak net CO_2 değişiminin değişimini göstermektedir. Çalışmalardaki karbon fiksasyon sonuçları genellikle $\text{gCm}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ birimlerinde rapor edilmektedir, bunlar $\text{ton CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ standart değerlerine dönüştürülmüştür; Ayrıca, çalışmalar değer aralıklarını rapor ettiğinde, bunlar Tablo 2.2'de ortalama bir değere dönüştürülmüştür.

Tablo 2.2 Net Ekosistem Değişim oranı (ton CO₂/ha-yıl).

	Yazar	Ton CO ₂ /ha-yıl	Ekosistem	Dönem	Konum
1	Pereira [34]	-3,1	Holm meşesi ve mantar meşesi ormanlık alan	2003-2006	Alentejo, Portekiz
2	Garcia [82]	-2,9	Mantar meşesi orman	2005	Katalonya İspanya
3	Costa-e-Silva ve diğerleri [37]	-14,2	Mantar meşesi ormanlık alan	2011	Orta Portekiz
4	Spampinato ve diğerleri [38]	-5,0	Mantar meşesi ormanlık alan	2017	Calabria, İtalya
5	Montero ve diğerleri [35]	-1,9*	Mantar meşesi ormanlık alan ve orman	2004	İspanya

*Yıllık toplam biyokütle artışının (1.031.232 ton CO_{2eq}) İspanya'daki mantar meşesi dağılım alanına (INIA-CSIC verilerine göre 541.179 ha) bölünmesiyle elde edilen sonuç.

Kuru ağırlık olarak raporlanan biyokütle ölçümü, orman ekosistemlerinde sabitlenen karbon miktarının yanı sıra atmosferden uzaklaştırılan karbondioksitin (CO₂) karşılaştırılabilir miktarını da ölçer. Bitki dokularında (odun, yapraklar, vb.) sabitlenen karbon biyokütlenin yaklaşık yarısını oluştururken, karbondioksit eşdeğeri biyokütlenin karbon içeriğinin anhidrit karbonun moleküler ağırlıklarının elementel karbona oranıyla çarpılmasıyla hesaplanır.

Mantar kullanımı CO₂ sekestrasyonu ile yakından ilişkilidir. Mantarın periyodik olarak çıkarılması, mantar meşelerinin mantarın çıkarılmaması durumunda üreteceklerinden %250 ila %400 daha fazla mantar [39] üretmesine neden olur (mantar çıkarıldıktan sonra ağaç kendini korumak için hızla yeni kabuk üretmeye başlar), dolayısıyla CO₂ fiksasyonunu artırır. Mantar meşesi ormanının sürdürülebilir yönetimi ve sömürüsü, bu malzemenin ticari kullanımı nedeniyle, daha fazla mantar oluşumunu teşvik eder ve böylece daha fazla CO₂ tutulur [40]. Ayrıca, bu mantar ürünleri yıllarca (mantar tıpa gibi) veya onlarca yıl (döşeme ve diğer inşaat malzemeleri gibi) kullanım ömrüne sahip olabilir. Aslında, mantar tıpların geri dönüşümünün mantarın faydalı ömrünü artırmadaki etkisi üzerine, örneğin Katalan Mantar Enstitüsü Vakfı tarafından teşvik edilen kentsel uygulamalarda geri dönüştürülmüş ve granüle edilmiş mantar tıpların uygulanmasına yönelik girişimler gibi, hala derinlemesine bir çalışma bulunmamaktadır. Kullanım ömrü sonu aşamasında biyojenik karbon emisyonları da dikkate alınmıştır. Özellikle, yakma durumunda, mantar ürünlerinin biyojenik karbonunun tamamının atmosfere geri salındığı kabul edilmiştir (mantar ürünlerinin kullanım süresinden sonra). Düzenli depolama durumunda, ürünlerin içerdiği biyojenik karbonun sadece %2'sinin salındığı, geri kalanının ise düzenli depolama sahasında kalıcı olarak tutulduğu kabul edilir [41]. Kullanım ömrünün uzaması, karbon nötr olma özelliklerinin ayrışma veya enerjik kullanım anına kadar uzatılmasını sağlar.

Mantar hasat dönemi yaz aylarında (Mayıs-Ağustos) gerçekleşir ve ağaç yerden 1,3 m yükseklikte 0,7 m (Portekiz), 0,65 m (Katalonya ve Endülüs) veya 0,60 m (Extremadura) çevreye ulaştıktan sonra yapılır. Aynı ağaçta, iki ardışık kabuk soyma işlemi en az 9 veya 14 yıllık aralıklarla (bölgeye bağlı olarak) birbirinden ayrılır. İlk mantar hasadı (mantar kabuğu çıkarma) gövde çapı yeterince büyük olduğunda gerçekleştirilebilir. Çıkarılan ilk kabuk işlenmemiş mantar olarak adlandırılır ve dış yüzeyindeki düzensizlikler nedeniyle genellikle parçalanır ve inşaat amaçlı kullanılır. Günümüzde, bu ilk mantar, inşaatta yalıtım olarak kullanılan siyah mantar ürünlerinin üretimi için aglomere edilecek granüllerin üretiminde mantar granülasyon endüstrisine yöneliktir.

İlk mantar sıyırma işleminden sonra, 9 ila 14 yıl arasında, ikinci mantar hasadı gerçekleşir. İkinci hasattan elde edilen bu mantar ikincil mantar (Katalanca'da *matxot*, İspanyolca'da *segundero*, Portekizce'de *secundeira*) olarak adlandırılır ve özellikleri mantar tıpa üretimi (en yüksek katma değerli kullanım) için uygun olmadığından, yalıtım için beyaz granül mantar ve diğer aglomere mantar ürünlerinin üretimi için granülasyon endüstrisine gönderilir.

Üçüncü mantar sıyırma ve sonraki sıyirmalar daha düzgün mantar plakaları üretir. Reprodüksiyon mantar, şarap şişelerinin kapatılması için durgun şarap endüstrisi için doğal mantar tıpların ve

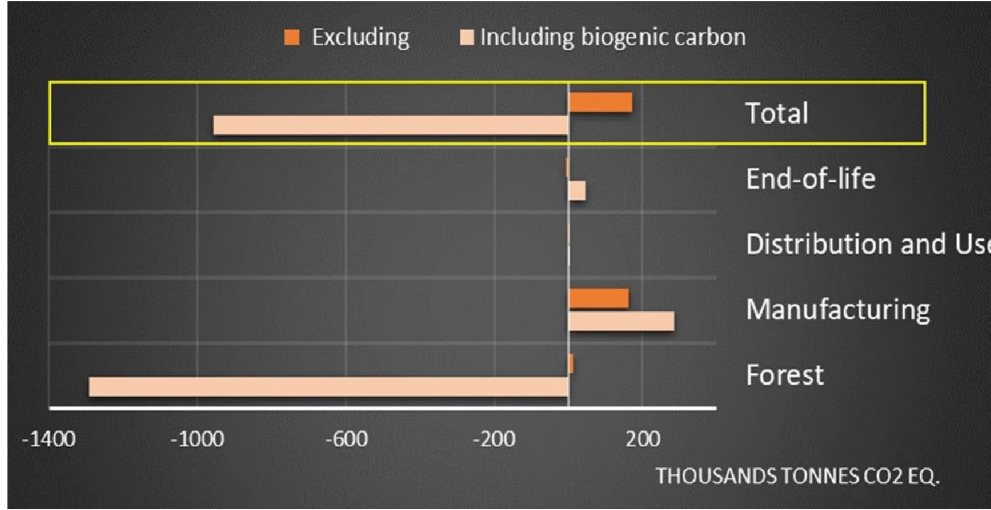
köpüklü şarap için aglomere mantar tıplarının (teknik mantarlar olarak adlandırılır) montajı için doğal mantar disklerin imalatında kullanılır. Köpüklü şarap şişelerinin iç basıncı vardır ve teknik mantarlar şişeleri daha verimli bir şekilde kapatır. Mantar ağacının dallarının ve düzensiz gövdelerinin budanmasıyla elde edilen mantar, ölü odun mantarı (Katalanca'da *suro pelut* veya Portekizce'de *falca*) olarak bilinen ve çeşitli mantar çeşitleri, iç kabuk ve odun karışımı olan bir mantar yan ürünü verir. Mantar odundan ayrıldıktan sonra, düşük kaliteli (işlenmemiş ve ikinci mantar) olarak kabul edilir ve inşaat malzemelerinin yapımında kullanılmak üzere parçalanır ve aglomere edilir.

Bir mantar meşesi ağacı için maksimum kullanım yaşının 150-200 yıl olduğu düşünülmektedir [37]. Bir mantar ormanının ağaç yoğunluğu bölgeye bağlı olarak büyük ölçüde değişir (hektar başına 50-150 ağaç) ve mantar üretim aşaması boyunca LCA analizleri için hektar başına ortalama 100 ağaç yoğunluğu varsayılabilir. Orman mantarı üretimi bölgeye bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir, bu da ağaç yoğunluğunu, mantar ağaçlarının gelişim hızını ve mantar sıyırma yoğunluğunu etkileyen farklı iklimsel ve ekolojik koşulları gösterir. Örneğin, Katalan ormanlarında hektar başına 1,49-3,48 ton toplam ham mantar üretimi hesaplanabilir [42].

Mantar meşesi meşcerelerinin iki ana yönetim modeli veya ekosistemi vardır agrosilvopastoral sistemler (çoğunlukla Portekiz ve Güney İspanya'da) ve orman sistemleri (yani Katalonya ve Güney Fransa). Bunlar, orman sistemlerinde önemli ölçüde daha düşük olma eğiliminde olan farklı etki seviyelerinden kaynaklanmaktadır [41]. İki modeldeki çevresel sıcak noktalar farklıdır. Orman sisteminde bunlar temizlik, yol bakımı, işçi ve mantar taşımacılığı ile ilişkilidir. Agro-silvopastoral sistemlerde ise bunlar gübreleme, budama ve temizliktir. Çevresel etkilerin iki tahsis kriteri, agrosilvopastoral sistemlerde işlenmemiş mantar için ve orman sistemlerinde işlenmemiş ve ikinci mantar için elde edilen sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir. Portekiz ve Katalonya'da işlenmemiş ve ikinci mantar için bulunan etkiler karşılaştırıldığında, yukarıda açıklanan daha az yoğun yönetim prosedürleri nedeniyle Katalonya'daki etkilerin önemli ölçüde daha düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Hem Portekiz (Alentejo bölgesi) hem de Katalonya mantar meşesi ormanlarını farklı şekilde muhafaza etmektedir. Portekiz'de mantar meşesi meşcereleri, düşük ağaç yoğunluğu ile karakterize edilen yoğun bakımlı agrosilvopastoral sistemlerdir. Katalonya'daki orman sistemleri daha yüksek ağaç yoğunluğuna, daha az otomatik operasyona sahiptir ve gübreleme yapılmaz. Bu farklılıklar nedeniyle Portekiz'de üretilen mantar, Katalonya'da üretilen mantara kıyasla daha büyük çevresel etkilere sahip olma eğilimindedir [41].

Portekiz mantar sektörü için geliştirilen Mantar Karbon Ayak İzi Modeli (CCFM) [33], İspanya gibi diğer mantar bölgelerine de uygulanabilir. Bu da mantar sektörünün bir karbon yutağı olduğunu kanıtlamaktadır; bu da mantar sektörünün bir bütün olarak mantar ürünlerinin üretiminde atmosfere saldığında daha fazla CO₂ tuttuğu anlamına gelmektedir. Şekil 2.11, orman tarafından biyolojik amaçlarla alınan karbonun, biyojenik karbon da dahil olmak üzere tüm sektörün sera gazı emisyonlarından (GHG) daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca şekil, en fazla sera gazı salan süreçlerin aglomere mantar üretimi sırasında mantar granülleri ile karıştırılan reçineler nedeniyle

aglomere ürünlerin üretimi olduğunu göstermektedir. Bu şekil ile mantar meşesi ormanlarının ve mantar hasadı ile elde edilen mantar ürünlerinin atmosferdeki karbon salınımını azaltarak sera etkisini hafifletme potansiyeline sahip olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.11 Mantar Karbon Ayak İzi [43] model tarafından hesaplanan sektör aşamasına göre

2.2.3 Mantar Ürünlerinin Yaşam Döngüsü

Ürün Kategori Kurallarının (PCR) geliştirilmesi ve uygulanması, farklı çalışmaların karşılaştırılmasına olanak tanıyacağı ve standart bir metodoloji sağlayarak yanlış hesaplamaların önlenmesine yardımcı olacağı için mantar ürünleri söz konusu olduğunda avantajlı olabilir. Aslında, bu belgenin yazıldığı sırada, mantar ürünlerinin standardizasyonundan sorumlu olan ve Katalan Mantar Enstitüsü Vakfı tarafından yönetilen İspanyol Standardizasyon Teknik Komitesi (CTN 56 SC5), farklı mantar tıpa türlerinin çevresel ayak izinin hesaplanmasına yönelik metodolojiyi standartlaştırmak için bir PCR geliştirmektedir.

Literatürde başlıca mantar ürünlerinin çevresel etkilerini araştıran birkaç LCA çalışması bulabiliriz. Örneğin, doğal mantar tıplar, şampanya mantar tıpları ve mantar yüzer zeminler. Şu anda Katalonya'da bazı mantar ürünlerinin entegre bir çevresel analizi güncellenmektedir [44].

LCA uygulaması sayesinde, mantar ürünleri imalatının toplam çevresel etkisini azaltmak için değiştirilebilecek en etkili aşamaları bulmak amacıyla kullanılan tüm malzemeleri, tüketilen fosil ve yenilenebilir yakıtları ve ortaya çıkan tüm emisyonları değerlendirmek mümkündür. Üretim sürecinin başlıca sıcak noktalarına (kazan ve orman yönetimi) ilişkin veriler, iyileştirme önlemlerinin uygulanması ve nihai çevresel etkilerin yanı sıra kullanım ömrü sonu stratejisinin azaltılması amacıyla sektör tarafından incelenebilir. Çünkü bu iki süreç, değerlendirilen tüm etki kategorileri arasında en etkili olanlardır. Mantar endüstrisi bu iki konuya odaklanarak daha iyi bir çevresel performans elde edebilir. Örneğin, orman yönetimi söz konusu olduğunda, kendiliğinden oluşan bitki örtüsünün temizlenmesi veya gübreleme gibi faaliyetlerin sıklığını değiştirerek alternatif bir yaklaşım uygulanabilir; ancak, karbon ayak izine zarar verecek şekilde orman verimliliğini azaltmamak için bunun ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekir.

Daha önce de belirtildiği gibi, tutulan karbon, yanma veya ayrışma yoluyla atmosfere salınana kadar mantar meşesi ağacının biyokütlesinde ve daha sonra mantar ürünlerinde kalır. Orman aşamasını (mantar meşesi yönetim faaliyetleri dahil), üretim aşamasını (mantar ürünlerinin üretimi için çeşitli süreçler dahil), kullanım aşamasını (kullanılmış mantar ürünlerinin dağıtım yerlerine taşınması dahil) ve yaşam sonu aşamasını (geri dönüşüm, kompostlama, yakma veya enerji üretimi ve düzenli depolama yönetim stratejileri dahil) göz önünde bulundurun. Ayrıca orman aşamasında (mantar meşesi ağaçlarının büyümesi sırasında) CO₂ tutulması da açıklanmaktadır. Biyojenik CO₂ emisyonları ve depolanması (mantar malzemesinin kendisinde depolanan CO₂) göz önünde bulundurulduğunda, kullanım ömrü sonu varış noktasının sonuçları önemli ölçüde değiştirebileceğinden, sonuçlar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu belirtmek hayati önem taşımaktadır. Sistem döngüsü içinde mevcut olan biyojenik karbonun tamamının devam ettiğini varsaymak mümkün değildir. Demertzi [33], geri dönüştürülmüş mantar tıpların diğer aglomere mantar ürünlerinin (örneğin bina) üretiminde kullanılabileceğini göz önünde bulundurarak, hammaddenin %30'unun bitmiş ürüne dahil edildiğini hesaplamaktadır. Geri dönüşüm durumunda, doğal mantar tıplarda bulunan karbonun %30'unun atmosfere salınmadan sistemde kaldığına inanılırken, doğal mantar tıplarda bulunan biyojenik karbonun %70'i atmosfere salınmaktadır (mantar tozunun yanması nedeniyle). Biyojenik karbon hesaplamalara dahil edildiğinde, orman aşamasında CO₂ tutulması atmosferdeki CO₂ miktarını azalttığı için negatif bir emisyon olarak kabul edilir.

ISO 14067:2018 *Sera gazları - Ürünlerin karbon ayak izi - Miktar belirleme için gereklilikler ve kılavuzlar* standardına göre, biyojenik karbon bir üründe 10 yıldan daha uzun süre depolandığında, belgelenmeli ve değerlendirilmeli ancak karbon ayak izine dahil edilmemelidir.

Çeşitli mantar ürünlerinin nihai varış noktaları için kullanılan yüzdeler, belediye katı atıklarının ana nihai varış noktalarına ve geri dönüşüm stratejilerine dayanmalıdır. Geri dönüşüm, bir bütün olarak mantar sektörünün kullanım ömrünü önemli ölçüde artıracaktır. ECOVIDRIO'ya (İspanya'daki tüm cam ambalaj atıklarının geri dönüşümünü yönetmekten sorumlu kar amacı gütmeyen kuruluş) göre, 2020 yılında İspanya'daki cam işleme tesislerinde 440 ton mantar tıpa toplandığı dikkate alınmalıdır. ECOEMBES'e (sarı ve mavi kutulara atılan atıkların geri dönüşümünü denetleyen kar amacı gütmeyen bir kuruluş) göre, İspanya'da Entegre Atık Yönetim Sistemine bağlı olan şarap imalathaneleri 3.700 ton mantar tıpa beyan etmiştir. Dolayısıyla, mantar ve şarap sektörleri mantar tıpların geri dönüşümü ve diğer uygulamalarla kullanım ömürlerinin artırılması ve böylece biyojenik karbonun kesin olarak atmosfere geçmesine kadar geçen sürenin uzatılması için yüksek bir potansiyele sahiptir.

Değerlendirilen etki kategorisine bağlı olarak, düzenli depolama, yakma, enerji üretimi, kompostlama ve geri dönüşüm gibi birçok son kullanım yönetimi çözümü seçilebilir. Bazı alternatifler iklim değişikliği, ozon tabakasının incilmesi ve asitleşme için en iyi çevresel sonuçları verirken, diğerleri fotokimyasal ozon oluşumu ve mineral ve fosil kaynakların tükenmesi için en iyi çevresel sonuçları sağlayabilir. Çoğu çevresel etki kategorisinde, düzenli depolama seçeneği optimum performansı sağlamamaktadır.

Ancak, biyojenik karbondioksit emisyonu iklim değişikliği kategorisi için değerlendirildiğinde, biyojenik karbonun büyük bir kısmı mantar ürünlerinde neredeyse kalıcı olarak tutulacağından ve atmosfere salınmayacağından, geri dönüşüm seçeneğinin en verimli seçenek olduğu görülmektedir. CO₂ farklı uygulamalar için mantar ürünlerinde tutulması, farklı mantar malzemelerinin karbon içeriğinin önceki tespitlerine dayanmaktadır. Farklı malzeme türlerindeki biyojenik karbon miktarının bilinmesi, mühendislerin, mimarların, tasarımcıların ve diğer teknisyenlerin çok farklı uygulamalarda kullanıldığında mantar ürünlerinde tutulan CO₂ miktarını kolay bir şekilde tahmin etmelerini sağlar. Öte yandan, daha geniş bir perspektiften bakıldığında, mantar ürünlerinin fiziksel-mekanik özellikleri göz önüne alındığında, üretimlerinde çok daha enerji yoğun olan ve enerji ve yenilenemeyen madde kaynaklarından gelen plastik malzemelerle ikame edilme eğiliminde olduğunu düşünebiliriz. Bu hesaplamalar güncel bir konudur ve karbon nötrlüğüne ulaşma ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda malzemeleri karşılaştırırken artan bir öneme sahiptir. Bu hesaplamaların bir örneği Gil'in çalışmasında bulunabilir [31] (Tablo 2.3).

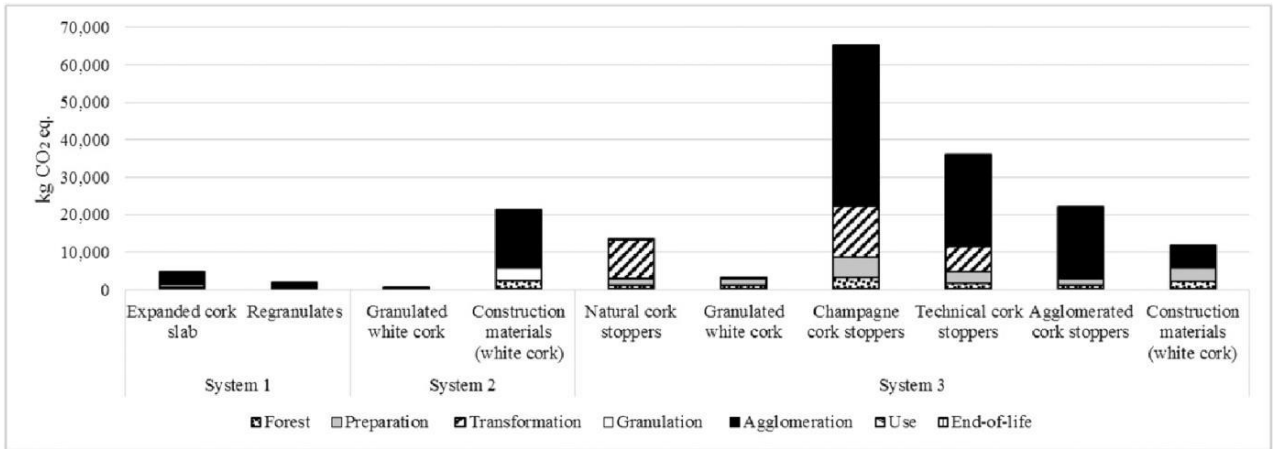
Tablo 2.3 Farklı mantar ürünlerinin CO₂ içeriği [31].

Ürün	g CO ₂ /ürün	g CO ₂ / g ürün
Köpüklü mantar tıpa (2 disk mantar ile aglomere edilmiş)	16,5	1,90
Natürel şarap mantar tıpası (doğal mantar tıpa)	10,6	1,89
Duru şarap için aglomere mantar tıpa	9,3	1,90
Duru şarap için mikro aglomere mantar tıpa	7,9	1,47
Genişletilmiş mantar levha (40 mm genişliğinde)	-	2,27
Genişletilmiş derz (12 mm genişliğinde)	-	1,93

Doğal mantar tıparlar %100 mantara sahiptir; aslında bir tıpanın "mantar tıpa" olarak kabul edilebilmesi için formülasyonunda kütle olarak en az %65 mantar içermesi gerekir [45]. Diğer mantar bazlı malzemeler de yaklaşık %55 ila yaklaşık %65 (w/w) arasında önemli miktarda karbon içeriğine sahiptir ve bu, bu malzemelerdeki yüksek karbon tutulumuna karşılık gelir. Bu yönü ve mantar malzemelerinin ilk kullanımdan sonra geri dönüşüm yoluyla uzatılabilen oldukça uzun kullanım ömürlerine sahip olması nedeniyle, bunlar "yeşil" ve sürdürülebilir uygulamalar için tercih edilen malzemelerdir.

2.2.4 Karbon Ayak İzi Değerleri

Mantar endüstrisi çok çeşitli mantar ürünleriyle öne çıkmaktadır. Şekil 2.12'de çeşitli mantar türlerinden üretilen en temsili mantar ürünleri gösterilmektedir: siyah aglomere mantar yapı ürünleri ve granüller (ölü odun mantarı ve işlenmemiş mantardan), beyaz aglomere mantar yapı ürünleri ve granüller (ölü odun ve ikinci üreme mantardan), doğal mantar tıplar ve diskler ve aglomere mantar tıplar ve yapı malzemeleri (üreme mantardan). Bu ürünler Portekiz'de satılan toplam mantar ürünlerinin %97,6'sını temsil etmektedir [46], İspanya'da üretilen mantar ürünlerinin neredeyse %100'ü mantar tıpadır. Mantar malzemesinin geri kalan kısmı esas olarak hammadde ve dekorasyon ürünlerini, kompozitleri ve moda ürünlerinde kullanılan mantar levhaları içerir ve günümüzde bunların üretimi sırasında sera gazı emisyonlarına ilişkin mevcut veri bulunmamaktadır.



Şekil 2.12 Mantar endüstrisinin en temsili nihai ürünleri için modelin karbon ayak izi çıktısı, biyojenik karbon ve orman tutulması hariç [48].

Mantar sektörünün toplam karbon ayak izi, orman aşamasındaki karbon tutulması dikkate alınırca önemli ölçüde azaltılabilir. Orman aşamasında tutulan karbonun %79'unun mantar ağacının odun, kök ve yapraklarında depolandığı, geri kalan %21'inin ise ham mantarda korunduğu bilinmektedir [48]. Ormanda karbon tutulması için en iyi koşulları (14,2 ton CO₂ ha⁻¹yıl⁻¹) ve hektar başına ortalama 1,5 ton verimliliği göz önüne alırsak, çıkarılan her bir kg mantar için -9,5 kg CO₂ emilir. Orman karbon fiksasyonuna ilişkin bu hesaplama, mantar malzemesi kullanımının olumlu etkisini daha iyi anlamak için karbon ayak izi hesaplamasının sonucuyla birlikte değerlendirilebilir.

Gerçeğe mümkün olduğunca yakın bir karbon tutma değeri elde etmek karbon tarımı açısından önemlidir. Karbon tarımı, biyolojik çeşitlilik ve bir bütün olarak doğal sermaye için faydalı olan ekolojik ilkelere bağlı kalarak, karbon tutmayı artırarak ve/veya karbonun atmosfere salınımını azaltarak canlı biyokütle, ölü organik madde ve topraklarda karbon birikimini artıran gelişmiş arazi yönetimi uygulamalarını benimseyen arazi yöneticilerini ödüllendiren yeşil bir iş modeli olarak tanımlanabilir. Mali teşvikler kamu veya özel kaynaklardan gelebilir ve arazi yöneticilerini atmosferik karbon tutulumunu artıran yönetim teknikleri veya tutulan karbon miktarı için ödüllendirebilir. Karbon

tarımı arazi yöneticileri için yeni bir gelir kaynağı olacaktır ve bu yöneticiler birçok durumda genel olarak daha verimli ve dirençli arazilerin faydalarından da yararlanabilecektir. Dahası, karbon tarımı yaklaşımları sıklıkla biyoçeşitlilik için ortak faydalar üretir, ekosistem hizmetlerini iyileştirir ve arazi yöneticilerinin iklim değişikliğine daha dirençli olmalarına yardımcı olur

2.3 Mantarın Potansiyel Kullanım Alanları

2.3.1 Mantarın Temel Özellikleri

Mantar, mantar meşesinin dış kabuğundan elde edilen doğal bir maddedir. Mantar meşesi (*Quercus suber* L.) Batı Akdeniz bölgesindeki ormanlara özgü bir türdür. Mantar kendine özgü bir maddedir. Hafif ve su itici olması onu şamandıralar için uygun bir malzeme haline getirmektedir. Sıkıştırılabilir ve sıvılara karşı geçirimsiz olduğu için şişeleri durdurmak için kullanılır. [34]. Son derece düşük ısı iletkenliği, onu uzay araçlarını yüksek sıcaklıklardan korumak için kullanılan ablatif izolatörler için mükemmel bir yalıtkan yapar ve enerji emme kapasitesi diğer havacılık uygulamalarında da kullanılır. Peki, mantar malzemesi neden bu özelliklere sahiptir?

17. yüzyılda Robert Hooke küçük bir mantar parçasını dilimledi, mikroskopunun altına yerleştirdi, kalın bir mercekle güneş ışığını üzerine odakladı ve göz merceğinden numuneyi inceledi. Hooke gözlemlediği şeyi bir bal peteğine benzetti. Mantarın yapısı, ince duvarlarla bölünmüş çok sayıda küçük, boş odacıktan oluşuyordu. Bu bölmelere "gözenekler veya hücreler" deniyordu. Mantarın her bir inç küpünde bu hücrelerden yaklaşık on iki yüz milyon tane olduğunu tahmin ediyordu. Hooke mantarın mikroskopik yapısını keşfetmişti. Mantarın mikroskopik yapısının makroskopik özelliklerinden sorumlu olduğuna inanıyordu. Ve tahmin ettiği şey doğrudu, ancak mantarın çoklu özelliklerini açıklayan başka bir faktör olduğunun farkında değildi [49].

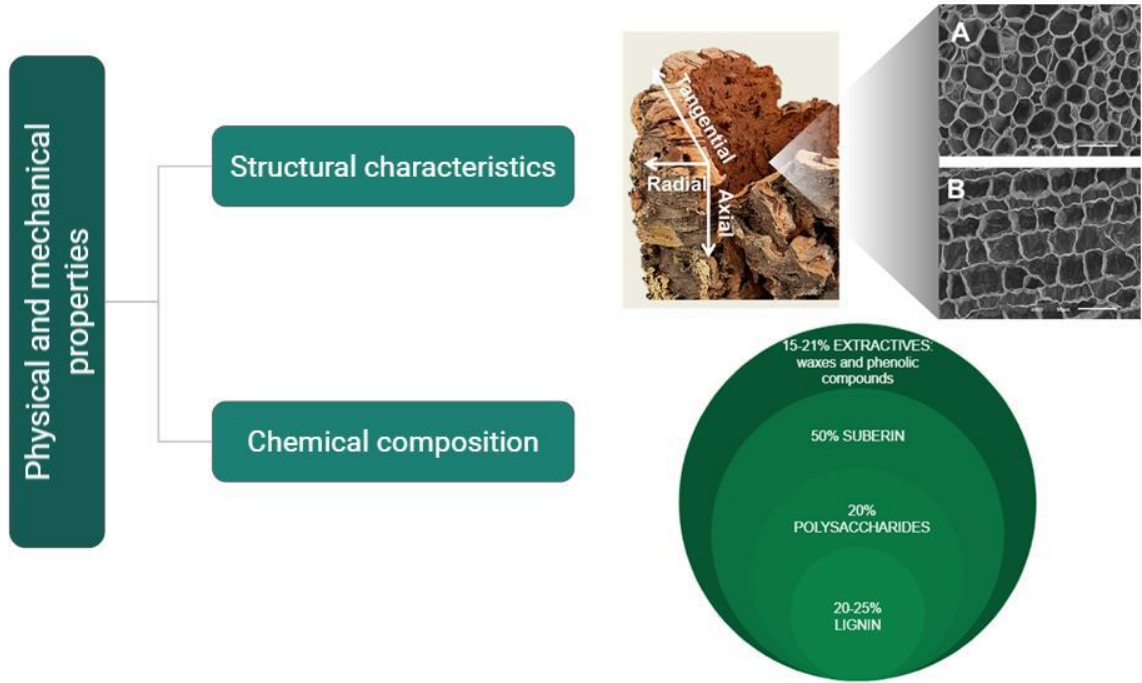
Bir malzemenin nitelikleri, bileşenlerinin kimyasal özelliklerinin yanı sıra göreceli miktarları ve dağılımları tarafından belirlenir (Şekil 2.13). Diğer hücresel malzemelerde olduğu gibi, mantarın kimyasal bileşenleri hücre yüzeylerinde ve hücre kenarlarında yer alır ve hava dolu içi boş hücreleri çevreleyen üç boyutlu bir katı matris ağı oluşturur. Mantarın benzersiz özelliklerinin birçoğu doğrudan kimyasal bileşimiyle ilgiliyken, mekanik davranışı ve sıvılarla etkileşimi gibi diğerleri hem hücre düzeyindeki yapısal özelliklerin hem de hücre duvarının kimyasal yapısının sonucudur. Dolayısıyla, mantarın fiziksel ve mekanik özellikleri, bitki duvarının (suberin, lignin ve polisakkaritler) hücresel yapısı ve kimyasal bileşiminin bir sonucudur.

Bu alt bölüm mantarın temel özellikleri hakkındaki bilgileri özetler ve ayrıca kimyasal bileşimi ve yapısına değinir.

Yapısal özellikler

Mantarın makroskopik hücresel yapısı yaygın olarak bilinmektedir, ancak mikroskopik yapısı tam olarak anlaşılabilir değildir. Mantar hücreleri büyüdüktan sonra sitoplazmadan yoksun ve boş hale gelir. Genel olarak hücre duvarının, esas olarak selülozdan oluşan birincil duvar, suberin ve bir dereceye

kadar ligninin lamelli birikimlerinden oluşan ikincil duvar ve polisakaritlerden oluşan üçüncül duvardan oluşan kıvrımlı bir yapı olduğu kabul edilmektedir. Sonuçta ortaya çıkan yapı, içi boş hücrelerin bir araya gelmesinden oluşur. Mantar anizotropiye sahip bir maddedir. Radyal yöndeki enine kesit (kabuk büyüme yönüne dik yüzey), dört ila dokuz kenarlı poligonal hücreli bir bal peteğini andırır [1]. Teğetsel ve aksel kesitler morfolojik olarak karşılaştırılabilir ve yapı bir tuğla duvarı (prizmatik hücreler) andırır [2].



Şekil 2.13 Mantarın fiziksel ve mekanik özelliklerinin şematik gösterimi: yapısal özellikler ve kimyasal bileşim. Küçük bir mantar küpünden alınan SEM mikrografları (a) teğetsel kesit ve (b) radyal kesit. Kaynak: [50] ve ICSuro.

Mantar, doğal olarak oluşan malzemeler içinde benzersiz olan kayda değer sayıda özellik içerir. Mantarın 1 cm³'ünde 15 ila 40 milyon hücre olduğu tahmin edilmektedir. Her bir hücre ortalama 40µm boyutlarındadır ve bunun 10µm'u hücre duvarına karşılık gelmektedir.

Kimyasal bileşim

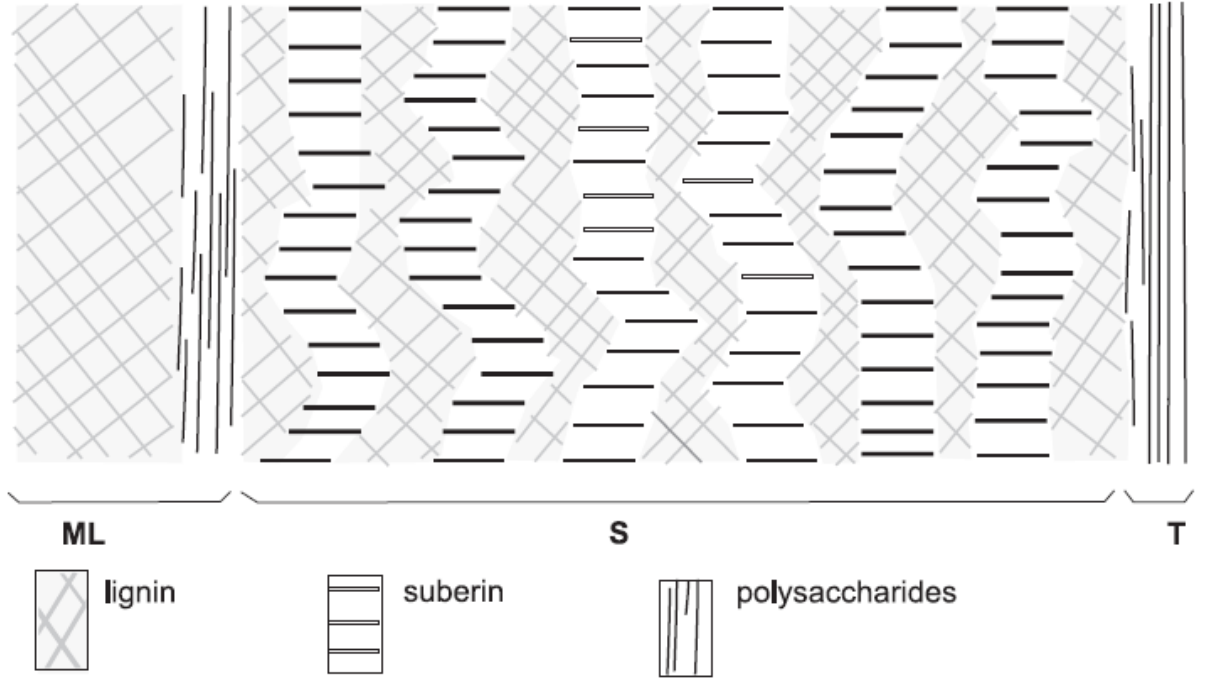
Mantarın bileşimi 1787 yılında Brugnatelli tarafından incelenmeye başlanmıştır. Suberin mantarın ana bileşimidir ve 1807 yılında Cheureul tarafından tanımlanmıştır. O zamandan günümüze kadar, mantarın bileşimi ve makromolar yapısı hala incelenmektedir ve hala net bir model yoktur.

Mantarın kimyasal bileşimine, birincil yapısal hücre duvarı bileşeni olarak suberin varlığı ve başta lignin ve lignin olmayan aromatikler olmak üzere diğer bileşenlerle yakın ilişkisi hakimdir. Mantarın kimyasal bileşimi ağaç dokusunun diğer kısımlarından önemli ölçüde farklıdır. Özgünlüğü, mantarın kimyasal bileşiminin yapısına ilişkin bilgilerde bazı boşluklara yol açmaktadır. Bileşimine ve bileşenlerinin kimyasal özelliklerine ek olarak, mantarın daha kapsamlı bir kimyasal anlayışı, hücre duvarı topokimyası olarak bilinen hücre duvarı içindeki dağılımları ve nihai etkileşimleri hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir.

Kimyasal bileşimin belirlenmesinde kullanılan metodolojinin yanı sıra köken, fizyolojik durum veya numune sayısı gibi diğer hususlar da sonuçları etkileyebilir. Bu nedenle, mantarın kimyasal bileşiminden bahsediliyorsa, her bir bileşik ailesinin sıralaması verilir. Hücre duvarının yapısal bileşenleri göreceli önem sırasına göre suberin (yaklaşık %50), lignin (%20-25) ve polisakkaritler (yaklaşık %20), selüloz ve hemiselülozlar; lipid ve fenolik maddeleri içeren ekstraktif (%14-18) ve inorganik bileşenlerdir (%1-2) [1] (Şekil 2.13).

- Suberin, yağ asitleri, alkoller ve gliserolden oluşan bir polimerdir, yani ester bağları ve çoğunlukla gliseridik bağlantı bölgeleri ile bağlanan uzun zincirli alifatik zincirler. Suberin mantar hücre duvarının birincil yapısal bileşenidir (katı kütlelerinin yüzde ellisinden fazlasını oluşturur) [34,51].
- Lignin, hücrelerin yapısal sertliğine ve sıkıştırma direncine katkıda bulunan çapraz bağlı aromatik bir polimerdir. Lignin üç fenilpropan monomerinden oluşur: p-hidroksifenil (H), guaiakol (G) ve şiringil (S) [34,52].
- Mantar hücre duvarının gelişiminde polisakkaritler küçük bir rol oynar. Bitki hücre duvarlarının yapısal polisakkaritleri selüloz ve hemiselülozlardan oluşur [34].
 - Ekstraktifler, malzemenin hücresel yapısını veya mekanik özelliklerini değiştirmeden hücrelerden ekstrakte edilebilen düşük veya orta moleküler ağırlıklı moleküllerdir [14].
- Lignoselülozik malzemelerin inorganik bileşenleri genellikle toplam yanma sonrası katı kalıntıyı temsil eden kül içeriğidir.

Hücre duvarında, suberin, lignin ve hemiselülozik fraksiyonlar uzamsal olarak kararlı ve kimyasal olarak dirençli bir topluluk oluşturur ve bu da kullanılan teknik ne olursa olsun fraksiyonlanmalarını çok zorlaştırır. Pereira [34] mantar hücre duvarının yapısını şematik olarak tasvir etmiştir (Şekil 2.14). Orta lamelin lignin matrisi hücreleri birbirine bağlar ve yapıyı bir bütün olarak güçlendirir. Suberin lamelleri arasındaki lignin ve aromatik tabakalar da hücre duvarlarına yapısal sağlamlık kazandırır ve esnek alifatik bileşen için bir tür iskele görevi görür. Hücrenin lümen tarafı selülozik tersiyer duvar ile kaplıdır.



Şekil 2.14 *Quercus suber*'deki mantar hücre duvarlarının yapısal bileşenlerin yerini gösteren şematik gösterimi. Kaynak [34].

Mantar özellikleri

Mantar, düşük yoğunluk, sıvı ve gazlara karşı çok düşük geçirgenlik, düşük iletkenlik, kimyasal stabilite, dayanıklılık, iyi geri kazanım ile yüksek sıkıştırılabilirlik ve düşük iletkenlik gibi niteliklerin dikkate değer bir kombinasyonuna sahiptir. Daha önce de belirtildiği gibi, mantarın hücresel yapısının özellikleri (hücre düzeni, hücre boyutu ve hücre duvarı olukları) ve hücre duvarlarının kimyasal bileşimi bu nitelikleri açıklamaktadır. Mantarın birçok özelliği su içeriğinden etkilenir ve ısıtma işlemleri hücre boyutunu ve kimyasal içeriğini değiştirir. Mantar kütesinin kendisi tekdüze ve hücre tipi ayrımından yoksun görünmektedir. Mantarın ayırt edici tek makroskopik özelliği mercceklerin doğal varlığıdır. Lentiküler kanallar mantar katmanlarını dıştan selojen iç dokusuna doğru kat eder ve daha derin bir renk tonuna sahip yumrulaşmamış malzeme ile doludur [34].

Diğer özelliklerinin yanı sıra yüksek gaz miktarı, düşük su adsorpsiyon gücü ve hücresel ölçüm, mantarın çok yönlü olmasını ve birden fazla amaç için kullanılabilmesini sağlar. Mantarın fiziksel, mekanik ve termal özellikleri on maddede veya mantarın dekalogunda özetlenebilir [89].

1. Düşük yoğunluk ve hafiflik [1].

Mantar su üzerinde yüzen hafif bir malzemedir. Bu, hücreler arası iletişim kanalları olmaksızın ince hücre duvarlarında yoğunlaşan küçük bir katı fraksiyona sahip içi boş ve kapalı hücrelerden oluşan hücresel yapısının bir sonucudur. Havada kurutulmuş mantar dokusunun yoğunluğu düşüktür, ortalama 150-160 kg/m³ aralığındadır, ancak 120'nin altından 200 kg/m³'ün üzerine çıkabilen değerler de vardır. Mantarın yoğunluğu aşağıdaki yapısal özelliklere bağlı olarak değişecektir: hücrelerin

boyutu, erken mantar (büyümenin ilk döneminde oluşan hücreler) ve geç mantar (büyüme mevsiminin sonunda oluşan hücreler) oranı, hücrelerin oluklu yapısı, merceksi kanallardan kaynaklanan gözenekliliğin kapsamı ve odunsu kalıntıların varlığı. Bu tek özellik tüm yüzdürme elemanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. Sızdırmazlık ve su yalıtımı [1].

Mantar hücrelerinin yaklaşık %90'ı hava ile dolu olduğundan, bir sıvının bu boş alanı doldurabileceği düşünülebilir. Mantarın su buharı ve sıvı su ile temas halinde hidrofobik davranışı, hücreler arası iletişimi olmayan içi boş hücrelere ve ana kimyasal bileşen olarak suberin içeren bir hücre duvarına sahip yapısından kaynaklanmaktadır. Hücre duvarındaki suberin, lignin ve mumların varlığı mantarı sıvılara karşı geçirimsiz bir malzeme haline getirerek bozulmasını önler. Bununla birlikte, gazların yavaş bir şekilde difüzyonuna izin verdiği için gaz geçirimsizliği mutlak değildir. Mantar tıplar su geçirmezdir ve şişelendikten bir yıl sonra 0,004 ila 0,14 mg/gün arasında oksijen transfer oranına sahiptir [54-56]. Yüksek gaz içeriği düşük iletkenliğe sahiptir, hücrelerin küçük boyutu gaz konveksiyonunu ortadan kaldırır, düşük katı fraksiyonu ve çok sayıda hücre duvarı nedeniyle düşük adsorpsiyon gücü mantarın düşük bir ısı iletimine sahip olmasını sağlar. Isı dalgaları yüzeyinde dağılır ve yayılır ve onu iyi bir ısı yalıtkanı yapar. Aynı zamanda nefes alabilir ve yanıcı değildir, bu da onu benzersiz bir iklim düzenleyici yapar. Yoğunluğu 140-170 kg/m³ olan mantarın ısı iletkenliği (λ) ve termal difüzyvitesi (α) sırasıyla 0,040-0,045 W/m-K, 1×10^{-7} - $1,5 \times 10^{-7}$ m²-s⁻¹'dir. Mantar ısıtıldığında, hücre duvarı kütesini, bileşimini ve hücresel boyutlarını etkileyen kimyasal ve fiziksel değişiklikler olur. Bu değişiklikler özellikleri, yani mekanik özellikleri, sıcaklığa ve işlem süresine bağlı bir ölçüde etkiler. Mantarın kütle kaybı 200°C'ye kadar nispeten azdır (başlangıç kütesinin yaklaşık %6'sı), ancak daha sonra yaklaşık 450°C'de tam karbonlaşmaya kadar artar.

3. Düşük ses iletimi ve akustik yalıtım [57-59].

Mantar, NR/NR [57], düşük yoğunluk ve yüksek gözeneklilik için sıfıra yakın bir Poisson oranı (yaklaşık 0,2) sunar. Mantarın özellikleri, ses dalgalarının çoğunun adsorbe edilmesini ve ısı enerjisine dönüştürülmesini sağlar. Mantar akustik empedansı 120-200 kg/m³ doğal mantar için $1,2 \times 10^5$ kg-m⁻²-s⁻¹'dir [58]. Mantar, düşük ve orta frekanslar için sesi çok emicidir. Akustik perküsyon için iyi bir yalıtım özelliğidir; bu nedenle laminat parkelerde kullanılabilir [59].

4. Harekete karşı yüksek direnç ve yüksek sürtünme katsayısı [34,58].

Hücresel yapı emme etkilerine neden olur. Mantarın bir yüzeye karşı sunduğu hareket direnci özellikle iki durumda ilgi çeken bir özelliktir: mantarın cam bir yüzeye karşı hareket ettiği şişelerden mantar tıpların çıkarılması ve mantar ürünlerinin bazen kayganlığı önleyici amaçlarla yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılması [34]. Bu özellik, şişelerin doğru şekilde kapatılmasını ve zaman içinde bakımlarının yapılmasını sağlamak için mantar tıplarda çok önemlidir. Sürtünme katsayısı 0,35-0,76 mantar-camdır [58].

5. Tamponlama kapasitesi ve şok enerjisi emme kapasitesi (sönümleme).

Hücre sel yapı, önceki durumlarda olduğu gibi hücre duvarlarının bükülmesiyle deformasyona izin verir, mekanik dalgaların yayılması yüzeyde dağılıbilir. Mantar hücrelerinin çökme gerilimi düşüktür, bu nedenle darbe sırasındaki tepe gerilimi sınırlıdır, ancak hücreler aşamalı olarak çökerken büyük miktarda enerji emen büyük basınç gerilmeleri mümkündür. 83'lük bir gerilmeye kadar toplam sıkıştırma enerjisi, radyal ve radyal olmayan yönler için sırasıyla yaklaşık $3,4 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ ve $2,2 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ 'tür. Çökme platosunun sonuna kadar olan deformasyona karşılık gelen kısım yaklaşık $1,5 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ 'tür [34]. Bu özellik, "sismik" bağlantılarda yastıklama kapasitesi, otomobil endüstrisi ayakkabı tabanları veya paspaslar gibi bazı uygulamalar için çok önemlidir.

6. Sıkıştırılabilirlik, elastikiyet ve esneklik [1,60].

Hücrelerin yüksek hava içeriği ve sifıra yakın Poisson oranı, mantarın esnekliğini kaybetmeden neredeyse yarısına kadar sıkıştırılmasına ve artık preslenmediğinde şeklini ve hacmini yeniden kazanmasına olanak tanır. Mantar, sıkıştırma altında ne hücreler boyunca ne de hücre duvarları boyunca kırılmaz. Boşaltmadan sonra boyutsal iyileşme kayda değerdir ve çökme bölgesi ve yoğunlaşma bölgelerindeki ilk gerilmelerden bile kalan gerinim küçüktür. Mantar yalnızca gerilme (eğilmede de gerilme tarafında) ve kesme kuvvetleri altında gerilirse kırılır. Gözenekler mantarın çekme dayanımında baskın bir etkiye sahiptir ve kırılma her zaman bir gözenek civarında başlar. Mantar, ilginç bir dizi mekanik özelliği bir araya getiren yaklaşık elastik bir hücre sel malzemedir. Mantarın mekanik davranışında iki özellik önemli bir işleve sahiptir: hücre duvarlarının kırılmadan bükülme ve güçlü bir şekilde çökme yeteneği ve merceksi kanalların varlığı. Mantarın elastikiyet modülü, mantarın farklı yönlerde sıkıştırılması için yapılan çeşitli çalışmalarda 10 MPa ile 20 MPa arasında bir değer aralığında rapor edilmiştir. Mantarda, deformasyonun viskoz bileşeni nedeniyle boyutsal tersinirlik tam değildir. Mantar sadece elastik bir davranışa benzer ve içinde viskoelastik bir malzemedir [60]. Bu özellikler tamamen mantarın enerji emme kapasitesi ile ilgilidir.

7. Aşınma, stabilite ve inert [34,50,59].

Hücre duvarındaki lignin ve polisakkaritler sertlik sağlar. Ve bu bileşenler mantara zamanın geçmesine karşı direnç kazandırır. Mantar ölü bir dokudur. Ayrıca, mantar ne toksik ne de alerjiktir ve cilt veya diğer dokularla temasında istenmeyen reaksiyonlar oluşturmaz. Mantar, yüzey aşınmasına karşı dirençli bir malzemedir ve nesnelere kendisine tekrar tekrar sürtünmesine önemli bir kırılma veya aşınma olmaksızın dayanır [34]. Mantar, hafif asidik ve bazik çözeltiler de dahil olmak üzere çoğu çözücüye karşı direnç gösterir [50]. Hava veya nem etkisi nedeniyle paslanmaz [59]. Bunlar, mantar bazlı ürünlerin, çoğunlukla mantar aglomeralarının, hastaneler, okullar veya havaalanı salonları gibi yoğun kullanıma maruz kalan alanlarda zemin kaplaması için kullanılmasının nedenleridir.

8. Higroskopik ve biyosorbent [61-69].

Mantar çevresel koşullara bağlı olarak hidratlanır. Mantar su emdiğinde şişer. Yapısal anizotropisi

nedeniyle, boyutsal değişim üç yönde aynı değildir. Mantarın boyutsal değişimini anlamak için yapısal bir özellik olarak hücre duvarının ondülasyonu dikkate alınmalıdır. İçeride, hücre duvarlarının düzleşmesi, hücre duvarlarına su adsorpsiyonu nedeniyle şişmeyi kapsayabilir. Mantar tarafından suyun emilmesi iki mekanizma ile gerçekleşir: su moleküllerinin hücre duvarları boyunca difüzyonu ve hücre lümenine nüfuz etmesi. Bu nedenle mantar tarafından su alımı iki hususa bağlıdır: malzemenin kimyasal bileşimi ve lentiküler kanalların varlığı. Mantarın havayla kurutulduktan ve iç mekan koşullarında dengelendikten sonraki denge nem içeriği ortalama %7'dir ve çok düşük hava RH'si veya nemli koşullarda sırasıyla yaklaşık %5 ila %10 arasında değişir. Örneğin, mantar meşesi ahşabı %80 bağıl nem için yaklaşık %20 denge nem içeriğine sahiptir. Bir malzemede bulunabilecek maksimum nem içeriği yoğunluğuna bağlıdır. Örneğin, 160 kg/m³ yoğunluğa sahip bir mantarın maksimum nem içeriği %545 iken, 190 kg/m³ yoğunluk için bu oran %446'dır [34]. Ayrıca, birçok araştırmacı mantarın polisiklik aromatik hidrokarbonlar [61-63], fenantren [64], metil portakal [65], ofloksasin [66], bifentrin [67] ibuprofen, karbamazepin ve klofibrin asit [68] veya ağır metaller [69] gibi acil kirleticileri giderme potansiyelini göstermiştir.

9. Doğal, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir.

Mantar doğal bir malzemedir çünkü meşe ağacının dış kabuğudur. Mantar meşesi ağacı her hasattan sonra mantar kabuğunu yeniden üretebilir. Tarımsal ormancılık yönetimi ile insan faaliyetleri arasında bir denge kurulmasını sağlar. Döngüsel bir ekonomiye kolayca dahil edilebilir. Doğal bir malzeme olarak kompostlanabilir çöp kutusunda geri dönüştürülebilir. Ayrıca yeniden kullanılabilir, yani kullanılmış mantar tıplar toplanabilir ve/veya ezilebilir. Bu tıpalardaki mantar yeni ürünler oluşturabilir (ancak yeni tıplar değil).

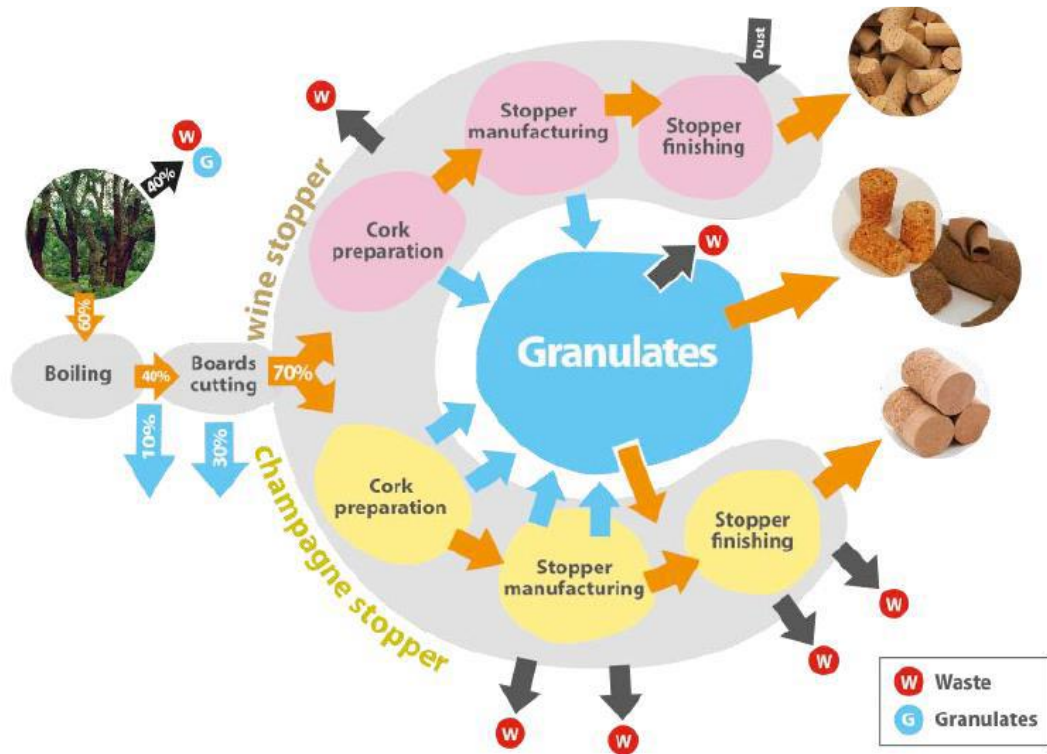
10. Elektrik yalıtkanı [69,70].

Mantarın bir diğer önemli uygulaması da dielektrik bir malzeme olması nedeniyle elektrik yalıtkanı olarak kullanılmasıdır. Mantar, birleşmiş veya kısmen üst üste binmiş olmalarına rağmen üç farklı gevşeme sürecinin ayırt edilebildiği karmaşık bir polarizasyon mekanizması modeli sergiler. Mantarın kayıp faktörü, 10⁻²-10 kHz aralığında frekansa zayıf bir bağımlılıkla yaklaşık 0,1 olarak bildirilmiştir, ancak yüksek gerilme genlikleri için yaklaşık 0,3'e yükselmektedir [69, 70]. Bu yüksek bir kayıptır (kauçuk 0,08 kayıp katsayısına sahiptir) ve mantara iyi sönümleme ve ses emici özellikler ve daha önce tartışıldığı gibi yüksek bir sürtünme katsayısı verir.

2.3.2 Mantar Uygulamaları

Değerli fiziksel özelliklerinin benzersiz kombinasyonu nedeniyle, mantar çok çeşitli geleneksel uygulamalara sahiptir. Mantar tıplar, özellikle duru ve köpüklü şarap için en yüksek katma değere ve en büyük pazar payına sahiptir [59]. 2018-2019 APCOR yılına [46] göre, mantar endüstrisinin ana ürünü şarap endüstrisine yönelik mantar tıpadır (%72). Yıllık mantar üretimi yaklaşık 201 bin tondur. Ancak yıllık mantar üretiminin sadece %25'i doğal mantar tıpa (tek parça mantar ile yapılan mantar tıpa) üretimine uygundur. Bu, hasat edilen mantarın %75'inin bu uygulama için uygun olmadığı ve bu

nedenle aglomere mantar kapaklara veya bu malzemeden yapılmış diğer fazla ürünlere dönüştürüldüğü anlamına gelir. Doğal mantar tıplar doğrudan en kaliteli mantar kabuğundan, yani üreme mantardan delinir. Diskli veya disksiz aglomere, mikro aglomere veya duru ve köpüklü şarap için teknik mantar tıplar gibi diğer mantar tıplar, doğal mantar üretiminden elde edilen yan ürün mantardan yapılır. Aglomere mantar tıpa üretiminde de kusurlu kokular, plakalar veya toz gibi bazı atıklar vardır. İşlenmemiş mantar (ilk hasat mantarı), üzerinde değişiklik yapılmış mantar kalasları veya mantar ormancılığı kalıntıları gibi mantar tıpa üretim sürecine hiç girmemiş bazı mantarlar da vardır. Geri kalan uygulamalar için kullanılan mantar, düşük kaliteli mantar olarak adlandırılır: durdurulamayan mantar, mantar yan ürünü veya mantar atığı (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Duru ve köpüklü şarap tıplarının üretiminde mantar akışlarının diyagramı. Kaynak [59].

2.3.3 İnşaat Sektöründe Mantar

Mantar yapı çözümleri sektörde önem sırasına göre ikinci sırada yer almaktadır. Mantar ürünleri öncelikle inşaatlarda ısı yalıtımı ve enerji emilimi için kullanılmakla birlikte, dekorasyon ve hafif kaplamalarda da önemli bir rol oynamaktadır. Zeminler, genişleme derzleri, hava odaları ve dış kaplamalar mantarın binalardaki yaygın kullanım alanlarıdır. Hatta araba yolları veya dış kaldırımlar için betonla karıştırılarak da kullanılabilir. Böylece mantar titreşim önleme, termal ve akustik özelliklerine dayalı bir dizi uygulamaya olanak sağlar (Tablo 2.4).

Bu alandaki ana ürünlerden biri aglomere mantar veya aglomere mantar panellerdir. Aglomeralar, belirli bir partikül boyutuna ve/veya önceden belirlenmiş bir yoğunluğa sahip mantar granüllerinin belirli bir sıkıştırma, sıcaklık ve bağlayıcı madde etkisiyle aglütinasyon işlemiyle yapılır ve farklı tipte aglomeralar ortaya çıkar.

Bu şekilde, mantar türü (partikül boyutu ve yoğunluğu), tutkal türü ve oranı ve aglütinasyon koşulları (sıcaklık, zaman ve/veya basınç) nihai aglomere ürünün sonucunu etkileyen faktörlerdir. Yukarıdaki koşulların kombinasyonlarının her biri farklı aglomera mantar ürünleri ortaya çıkaracaktır. Böylece her bir aglomere işlem farklı özelliklere sahip bir aglomere ürün sağlar. Her üreticinin farklı teknik föylerde tanımlanan standartlaştırılmış üretim süreçleri vardır.

Tablo 2.4 İnşaat uygulamalarında kullanılan mantar ürünleri ve temel özellikleri [72].

Kullanım Alanları	Ürünler	Örnekler	Gerekli özellikler
Kaplama (zeminler, duvarlar ve tavanlar)	Aglomere mantar kompozitleri	Döşeme için mantar karolar	Aşınma direnci ve esneklik
	Emülsiyon projeksiyonlu mantar	Çatılar, cepheler ve zeminler	Aşınma direnci ve nem emme
	Kauçuk - mantar	Döşeme için altlık	Aşınma direnci ve nem
	Genişletilmiş mantar aglomeraları	Tavanlar ve iç duvar ve çatı panelleri için altlık	Şok emilimi ve nemsiz emilim
Termal ve akustik yalıtım	Aglomere mantar kompozitleri	Mantar-epoksi aglomeraları	Düşük ısı iletkenlik katsayısı
	Emülsiyon	Çatılar, cepheler,	Akustik ve termal
	Genişletilmiş mantar aglomeraları	Çatı panelleri ve iç duvar	Yeterli mekanik direnç ve nem emme
	Granül mantar	Çift duvarlar ve zeminler arasındaki boş alanlar için dolgu	Dayanıklılık, titreşim şoku emilimi ve yangına dayanıklılık
Titreşim yalıtımı	Aglomere mantar	Sandviç tipi yapılar	Şok emilimi
	Genişletilmiş mantar aglomeraları	Yüksek yoğunluklu genişletilmiş mantar panolar	Titreşim emilimi
	<i>Kauçuk mantar</i>	Yapısal bağlantılar	Çarpma emilimi
Genleşme derzleri	Aglomere mantar	Yapısal bağlantılar	Yüksek
	<i>Kauçuk mantar</i>	Genişletilmiş mantar panolar	Yüksek geri kazanım

Aglomere mantar levhalar veya plakalar, kontrüksiyonda kullanılan birçok mantar ürünüdür (Şekil 2.16). Mantar aglomeraları birçok şekilde gruplandırılabilir ve bölünebilir. Aglomera ürünlerin (aglomera tıpa olmayan) imalatıta bağlayıcı ve katkı maddelerinin kullanılıp kullanılmadığına göre ayrılması yaygın olarak kabul görmektedir:

- **Genişletilmiş aglomera veya termo genişletilmiş aglomera mantar.** Genişletilmiş aglomera, herhangi bir katkı maddesi içermeyen bir mantar levhadır. Aglütine edilmiş ham mantar granüllerinden veya çok düşük kaliteli mantardan yapılır. Yüksek basınç ve sıcaklıklarda bağlanma özelliğine sahip olan suberinin bağlayıcı gücü kullanılır. Bu işlem, kullanılan kalıba bağlı olarak farklı kalınlık ve şekillerde levhalar sağlar. Normalde süreç çap ve şekil düzeltmeleriyle sona erer. Hiçbir sentetik madde kullanılmadığı için bu ürün doğal ve bitkisel kökenlidir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5 Genleştirilmiş aglomera mantar levhanın özellikleri [59].

Özellikler	Değerler
Yoğunluk	105 a 130 kg m ⁻³
Termal iletkenlik	0,040 W m ⁻¹ k ⁻¹
Akustik emilim (500, 1000 ve 4000 Hz)	0,33, 0,49, 0,98
Basınç dayanımı (MOR)	0,14 a 0,20 MPa
Kullanım sıcaklıkları	-180 a +140 °C
Yangına dayanıklılık kategorisi	Euroclass E

- **Kompozitler:** Mantar kompoziti, katkı maddeleri içeren bir mantar levhadır. Doğal veya sentetik reçineler ile aglütine edilmiş mantar granüllerinden yapılır. Bu ürün farklı özellik ve şekillerde üretilebilir. Ortaya çıkan malzeme, her iki ürünün özelliklerine ve karakteristiklerine sahip farklı yeni bir bileşik oluşturan mantar ve diğer malzemelerin bir bileşimidir. İşlevlerine bağlı olarak farklı kompozitler ayırt edilebilir: titreşim önleyici, akustik, şok emici vb. (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 Bir tür mantar kompozitinin (kauçuk-mantar) özellikleri [72].

Özellikler	Su Yalıtımı	Akustik
Yoğunluk (kg m ⁻³)	>900	550-650
Termal iletkenlik (W m ⁻¹ k ⁻¹)	0,018	0,075
Termal direnç (m ² K W ⁻¹)	0,019	0,027
Basınç dayanımı (MPa)	>1,3	>0,6



Şekil 2.16 Aglomere mantar levhalar. Üstten başlayan ikinci levha, ısıyla genişletilmiş mantar levhadır. Diğerleri mantar kompozit örnekleridir. Kaynak: ICSuro.

Şu anda mantar şehir planlamasında da kullanılmaya başlanmıştır. Mantar kompozitler, sokak mobilyaları (otayol ses bariyerleri ve bina kaplamaları) ile pistler ve oyun alanları için kaldırımların üretiminde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, sektördeki yenilikler mantar kullanımını tren vagonları veya havacılık gibi ağırlığın belirleyici bir faktör olduğu zemin kaplamalarının üretimine yaklaştırmaktadır.

2.3.4 Tekstil ve Hareketlilik

Mantar yüzyıllardır moda ve tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu alandaki referans ürünlerden biri, hem doğal mantar hem de aglomere veya sandviç tipi mantar tabanlıdır. Şu anda, bir tekstil çözümü olarak mantar, doğal mantar, aglomera veya diğer doğal liflerle kombinasyon halinde bulunabilir. Çok geniş bir pazar alanını doldurmaktadır: ayakkabı, deri ürünleri, mobilya, döşeme, giyim, spor yapmak için paspaslar ve kutu ciltleme (Şekil 2.17-2.18).

Bunlar arasında farklı seçenekler ayırt edilebilir: mantar tekstili (doğal mantar veya aglomere mantardan sinüs tabakaları, ayakkabı, duvar kaplaması, deri ürünler, hediyelik eşya ve yenilikler için pamuk, polyester veya jelleşmiş poliüretan ile mantar ve mantar kağıdı (duvar kaplaması ve lambalar).

Deri veya süet gibi mantar da sofistike bir görünüm ve lüks bir dokunuş sağlar. Mantarın temizlenmesi kolaydır (sadece nemli bir bezle silerek) ve suya ve lekelerle karşı oldukça dayanıklıdır. Kumaşlar için çevre dostu bir çözüm olabilir. Bir ayrıntı olarak, Lady Gaga (şarkıcı) 2014 yılında Lizbon'daki bir konserden sonra mantar bir elbise giymiş ve Cristiano Ronaldo (futbolcu) 2018 yılında mantardan yapılmış Nike spor ayakkabılarıyla basının karşısına çıkmıştır.



Şekil 2.17 Farklı tekstil uygulamalarında kullanılan mantar ürünlerine örnekler. Kaynak:

<http://www.articor.com/es/>.



Şekil 2.18 Tavanında mantar kompozit bulunan Peugeot 208 Natural [81].

Darbe enerjisi emme potansiyeli nedeniyle bu malzeme, yol kaskları [73-75], pasif güvenlik mekanizmaları [76-78] ve dinamik basınç yüklemesine maruz kalan diğer zırh türleri de dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır. Mantar ve aglomere varyantları, yukarıda belirtilen özellikleri nedeniyle polimerik köpüklere [73-75,79,80] etkileyici bir alternatif olarak görülmektedir.

Peugeot "208 Natural" gibi otomotiv pazarında mantarın mobilite alanındaki bazı örnekleri bulunmaktadır. Bu otomobilde tavan için mantar kompozit kullanılmıştır.

Mantar uzay araştırmalarında kullanılmıştır. Ayrıca, mantar NASA tarafından uzay araçlarında kullanılmıştır. Mantarın havacılıktaki rolü, uzay araçlarının kaplanmasıyla ablatif yalıtım olarak olabilir. Bu ısı yalıtım sistemleri, ister insanlı ister insansız olsun, tüm uzay araçlarının fırlatılması ve işletilmesi için gereklidir.

Mantar içeren ablatörlerin kullanımına ilişkin birkaç örnek vardır. Jüpiter C uzay aracı 1957 yılında ablasyonun bir termal koruma yöntemi olarak etkinliğini göstermiştir. İlk katı yakıtlı fırlatma aracı olan Scout, ilk Amerikan uydusu Discover I'i fırlatmak için mantar/fiberglas ısı kalkanları ve mantar yalıtımlı kanatçıklar kullanmıştır. Pathfinder, 1997'de Mars'a girişi için mantar ve silika boncuk dolgululu epoksi ile doldurulmuş fenolik petekli bir ısı kalkanı kullanmıştır. Uzay mekiği, katı roket iticileri ve dış tankın yalıtımı da dahil olmak üzere bir dizi bileşeninde mantar kullanılmaktadır. Uzay mekiğinin karıştığı kazalar, karmaşık ısı yalıtım sistemi de dahil olmak üzere bileşenlerinin yeniden incelenmesini gerektirdi; bileşenlerden biri olan silikon reçineler ve mantardan yapılmış bir ablatör muhafaza edildi. Bir patent açıklamasında, böyle bir ablatörün kütle bileşiminin %7,22-7,98 öğütülmüş mantardan oluştuğu belirtilmektedir. NASA'nın Plüton görevi için New Horizons sondasını fırlatan Atlas V roketi bir mantar kaporta ile kaplanmıştır. Avrupa ARD'sinin (Atmospheric Reentry Demonstrator) konik yüzeyi mantar tozu ve fenolik reçine kompoziti ile kaplanmıştır [34].

Reclusa [83] Norcoat*-liège markası altında satılan mantar/fenolik reçine ablatörünü 2500°C gibi yüksek sıcaklıklarda incelemiştir. Norcoat*-liège HPK F1 Uzay Sınıfı kabaca yüzde elli mantar parçacıkları, yüzde otuz fenolik reçine ve yüzde yirmi mantar ilacı ve mineral yanmazlık maddesi içermektedir. Temel nokta, ısıl işleminden sonra kompozitin orijinal hücreli yapısının korunmasıdır.

2.3.5 Eczacılık ve Kozmetik

Mantar ve yan ürünleri fenolik asit, terpenoidler ve tanenler gibi çoklu biyoaktif bileşiklerin önemli bir kaynağı olabilir [84]. Bu biyoaktiflerin antioksidan, anti-enflamatuar, yaşlanma karşıtı, arındırıcı aktivite veya serbest radikal yakalama gibi çeşitli ilgili özellikleri vardır. Bu şekilde, mantar kozmetik endüstrisinde umut verici bir bileşen olarak kullanılabilir. Aslında, mantarın pürüzsüzleştirici tensör (SUBERLIFT), aktif yağ (DIAM OLÉOACTIF) veya peeling ajanı (ACTISCRUB) olarak kullanımına dair bazı örnekler mevcuttur. Son zamanlarda Biogründel şirketi SUBERCHEM'i geliştirdi ve Quimivita, Katalan Mantar Enstitüsü Vakfı'nın işbirliği ile mantar EXFOBREEZE'den yapılan yeni bir soyma maddesini piyasaya sürdü. SUBERCHEM, polifenoller bakımından zengin bir mantar özütüdür ve yeşil ekstraksiyonlar yoluyla elde edilir. Fenolik bileşikler antioksidan,

antimikrobiyal, antibakteriyel, antialerjik, antikanser ve anti-inflamatuar özellikleri ve hatta bazı antisekretuar ve antiülserojenik özellikleri sayesinde giderek artan bir ilgiye sahip maddelerdir [84]. Bu anlamda bazı çalışmalar, mantarın sunduğu yüksek antibakteriyel aktivitenin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* gibi bakterilerin aktivitesini sırasıyla %96,93 ve %36 oranında azalttığını ortaya koymakta [85], ayrıca mantarın insan promiyelositik lösemi hücrelerinde farklı ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen bir antitümör potansiyeli olduğu belirtilmektedir [86].

Bu bölüm boyunca söylendiği gibi, mantarın birden fazla özelliği vardır ve bu nedenle çok çeşitli uygulamalara sahip olabilir. Mantar uygulamalarının çoğu yüzyıllardır süregelmektedir ve büyük ölçüde yüzyıllar öncesiyle aynıdır, ancak her yıl mantar için yeni uygulama alanları ortaya çıkmaktadır.

2.3.6 Diğerleri

Günümüzde, insanların yeşil bilinci ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri mantarı tekrar ön plana çıkarmıştır. Mantar doğal ve çevre dostu bir malzemedir ve örneğin plastiği azaltmak için yeni bir biyo-bazlı malzemenin parçası olmak için iyi bir aday olabilir.

2017 yılında 3DSpider Print ve Katalan Mantar Enstitüsü Vakfı ikili bir mantar madeni para geliştirdi. Çalışmanın amacı baskı, ekstrüzyon, enjeksiyon ve diğer üretim süreçlerine uygun yeni bir mantar bazlı katkı ürünü geliştirmektir. Bu ürün, mantar granülleri ve plastik biyopolimerin (3D baskıda kullanıldığı gibi) bir karışımıdır. Yeni malzeme, 3DCORK, PLA bazlı olduğu ve %20'den fazla mantar içerdiği için ekolojik olarak sürdürülebilirdir [89].

Mantar aynı zamanda atık suyun arıtılması ve saflaştırılması için de iyi bir adaydır. Açıklandığı gibi, mantar pestisitler, ağır metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve rekalsitran ürünler için iyi bir biyosorbenttir. Mantar atık su arıtımının birkaç örneği vardır: sulak alan (LIFE ECOCORK ve [90]), ıslak duvarlar [87], yeşil duvarlar [88 ve 91] veya fotobiyoreaktörler (LIFE SPOT) ile su arıtma. Mantarla birçok şey yapılabilir ve mantarla sadece birinin onları kaplaması gerekir.

Kaynakça

- [1] Pereira, H. (2011). Cork: Biology, production and uses. Elsevier.
- [2] Campos, P., Daly-Hassen, H., Oviedo, J. L., Ovando, P., & Chebil, A. (2008). Accounting for single and aggregated forest incomes: Application to public cork oak forests in Jerez [Spain] and Itimnia (Tunisia). *Ecological Economics*, 65 (1), 76–86.
- [3] Loisel, R. (1976). Place et rôle des espèces du genre Pinus dans la végétation du Sud-Est Méditerranéen Français. *Ecologia Mediterranea*, 2(1), 131–152.
- [4] WWF, 2006. WWF report. Available online www.panda.org/mediterranean
- [5] Kim, H. N., Jin, H. Y., Kwak, M. J., Khaine, I., You, H. N., Lee, T. Y., Ahn, T. H., & Woo, S. Y. (2017). Why does *Quercus suber* species decline in Mediterranean areas? *Journal of Asia-Pacific*

Biodiversity, 10 (3), 337–341.

[6] Joffre, R., & Rambal, S. (2001). Mediterranean ecosystems. ELS.

[7] Plieninger, T. (2006). Habitat loss, Fragmentation, and Alteration – Quantifying the Impact of Land-use Changes on a Spanish Dehesa Landscape by Use of Aerial Photography and GIS. *Landscape Ecology*, 21 (1), 91–105.

[8] Seixas, J. (2000). Assessing heterogeneity from remote sensing images: The case of desertification in southern Portugal. *International Journal of Remote Sensing*, 21(13–14), 2645–2663.

[9] Urbieto, I. R., Zavala, M. A., & Marañón, T. (2008). Human and non-human determinants of forest composition in southern Spain: Evidence of shifts towards cork oak dominance as a result of management over the past century. *Journal of Biogeography*, 35(9), 1688–1700.

[10] Blondel, J. (2006). The ‘Design’ of Mediterranean landscapes: A millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology*, 34(5), 713–729.

[11] Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011a). Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(5), 278–286.

[12] Pinto-Correia, T., Ribeiro, N., & Sá-Sousa, P. (2011). Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal. *Agroforestry Systems*, 82(2), 99–104. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9388-1>

[13] Oliveira, G., & Costa, A. (2012). How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps. *Forest Ecology and Management*, 270, 257–272.

[14] Silva, J. S., & Catry, F. (2006). Forest fires in cork oak (*Quercus suber*L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*, 63(3), 235–257. <https://doi.org/10.1080/00207230600720829>

[15] Acácio, V., Holmgren, M., Rego, F., Moreira, F., & Mohren, G. M. J. (2008). Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? In *Agroforestry for Commodity Production: Ecological and Social Dimensions*. Springer Netherlands.

[16] Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209–1218

[17] Muradian, R., Arsel, M., Pellegrini, L., Adaman, F., Aguilar, B., Agarwal, B. et al. (2013). Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions. *Conservation letters*, 6(4), 274-279.

[18] Rives, J., Martínez, C., Sánchez, S., Barriocanal, C. (2013). El valor de los servicios ambientales de los alcornoques en Cataluña Evaluación de los servicios ambientales del ecosistema.

- [19] Sánchez-González, M., Tomé, M., & Montero, G. (2005). Modeling height and diameter growth of dominant cork oak trees in Spain. *Annals of Forest Science*, 62(7), 633–643. <https://doi.org/10.1051/forest:2005065>
- [20] Costa, A., Nunes, L. C., Spiecker, H., & Graça, J. (2015). Insights into the Responsiveness of Cork Oak (*Quercus suber* L.) to Bark Harvesting. *Economic Botany*, 69(2), 171–184.
- [21] Gil, L. (2014). Cork. In *Materials for Construction and Civil Engineering*. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-08236-3_13
- [22] Costa, A., Pereira, H., & Madeira, M. (2009). Landscape dynamics in endangered cork oak woodlands in Southwestern Portugal (1958–2005). *Agroforestry Systems*, 77(2), 83–96.
- [23] Rodriguez-Molina, M. C., Blanco-Santos, A., Palo-Nuñez, E. J., Torres-Vila, L. M., Torres-Alvarez, E., & Suarez-de-la-Camara, M. A. (2005). Seasonal and spatial mortality patterns of holm oak seedlings in a reforested soil infected with *Phytophthora cinnamomi*. *Forest Pathology*, 35(6), 411–422. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2005.00423.x>
- [24] Brasier, C. M., & Scott, J. K. (1994). European oak declines and global warming: A theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. *EPPO Bulletin*, 24(1), 221–232.
- [25] Moreira, A. C., & Martins, J. M. S. (2005). Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal. *Forest Pathology*, 35(3), 145–162. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2005.00397.x>
- [26] Brasier, C. (1996). *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annales Des Sciences Forestières*, 53(2–3), 347–358. <https://doi.org/10.1051/forest:19960217>
- [27] Montoya, J. M. (1988). *Los Alcornocales*. Ministerio de Agricultura.
- [28] Elena-Roselló, J. A., & Cabrera, E. (1996). Isozyme variation in natural populations of cork-oak (*Quercus suber* L.). *Silvae Genetica*, 45(4), 229.
- [29] Pulido, F. J., Díaz, M., & Hidalgo de Trucios, S. J. (2001). Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas: Effects of agroforestry use on their long-term sustainability. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 1–13.
- [30] Gil, L. (2015) *Cork as a Building Material*. Technical Manual. APCOR.
- [31] Gil, L. (2016) *Sequestro de CO2 em produtos de cortiça para diferentes aplicações*.
- [32] Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2011). Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe [Catalonia–Spain]. *Journal of cleaner production*, 19(2-3), 259-271.
- [33] Demertzi, M., Dias, A. C., Matos, A., & Arroja, L. M. (2015). Evaluation of different end-of-life

management alternatives for used natural cork stoppers through life cycle assessment. *Waste Management*, 46, 668-680.

[34] Pereira, H. (2007). *Cork* (pp. 55-99). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

[35] Montero, G., Ruiz-Peinado, R., & Muñoz, M. (2005). *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles* (Vol. 13, p. 270). Madrid: INIA-Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

[36] Gracia, C. "Biocombustibles: energia o aliment?." *Omnis Cellula* 25 (2010): 21-27.

[37] Costa-e-Silva, F., Correia, A. C., Piayda, A., Dubbert, M., Rebmann, C., Cuntz, M. et al. (2015). Effects of an extremely dry winter on net ecosystem carbon exchange and tree phenology at a cork oak woodland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 204, 48-57.

[38] Spampinato, G., Sciandrello, S., del Galdo, G., Puglisi, M., Tomaselli, V., Cannavò, S., & Musarella, C. M. (2019). Contribution to the knowledge of Mediterranean wetland biodiversity: Plant communities of the Aquila Lake (Calabria, Southern Italy). *Plant Sociol*, 56, 53-68.

[39] Gil L. (1998). *Cortiça — Produção, Tecnologia e Aplicação*, Ed INETI, Lisboa

[40] Gil, L. (2014). Cork: a strategic material. *Frontiers in chemistry*, 2, 16.

[41] Dias, A. C., Boschmonart-Rives, J., González-García, S., Demertzi, M., Gabarrell, X., & Arroja, L. (2014). Analysis of raw cork production in Portugal and Catalonia using life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(12). 1985-2000.

[42] Mundet, R., Baiges, T., Beltrán, M., & Torrell, A. (2018). Guia de recomanacions i mesures d'adaptació al canvi climàtic en la gestió de *Quercus suber*. Life+ SUBER. CFC, CPF, CTFC, FCSA, AFSA. [43] Giacomoni, J., & Andrighetto, N. Innovation Networks of Cork, Resins and Edibles in the Mediterranean basin-INCREDBLE.

[44] Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2011). Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe (Catalonia–Spain). *Journal of cleaner production*, 19(2-3), 259-271.

[45] ISO 633:2019 Cork – Vocabulary.

[46] APCOR's Cork Yearbook 2020. Available: https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2021/08/Cork_BoletimEstatistico_APCOR_2020.pdf

[47] Demertzi, M., Sierra-Pérez, J., Paulo, J. A., Arroja, L., & Dias, A. C. (2017). Environmental performance of expanded cork slab and granules through life cycle assessment. *Journal of cleaner production*, 145, 294-302.

[48] Demertzi, M., Paulo, J. A., Arroja, L., & Dias, A. C. (2016). A carbon footprint simulation model for the cork oak sector. *Science of the Total Environment*, 566, 499-511.

- [49] Quora (2016) What did Robert Hooke see in the cork cell? <https://www.quora.com/What-did-Robert-Hooke-see-in-the-cork-cell>
- [50] Aroso, I. M., Araujo, A. R., Pires, R. A., & Reis, R. L. (2017). Cork: current technological developments and future perspectives for this natural, renewable, and sustainable material. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(12), 11130-11146.
- [51] Graça, J., & Pereira, H. (2004). The periderm development in *Quercus suber*. *Iawa Journal*, 25(3), 325-335.
- [52] Marques, A. V., & Pereira, H. (2013). Lignin monomeric composition of corks from the barks of *Betula pendula*, *Quercus suber* and *Quercus cerris* determined by Py-GC-MS/FID. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, 88-94.
- [53] Pereira H (2013) Variability of the chemical composition of cork. *BioResources* 8(2):2246–2256
- [54] Chevalier, V., Pons, A., & Loisel, C. (2019). Impacto del cierre en el envejecimiento de los vinos en botella. *La Semana vitivinícola*, (3557), 2038-2043.
- [55] Godden, P., FRANCIS, L., FIELD, J., GISHEN, M., COULTER, A., VALENTE, P., ... & ROBINSON, E. (2001). Wine bottle closures: physical characteristics and effect on composition and sensory properties of a Semillon wine 1. Performance up to 20 months post-bottling. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 7(2), 64-105
- [56] Lopes, P., Saucier, C., & Glories, Y. (2005). Nondestructive colorimetric method to determine the oxygen diffusion rate through closures used in winemaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 6967-6973.
- [57] Vaz, M. F., & Fortes, M. A. (1998). Friction properties of cork. *Journal of materials science*, 33(8), 2087-2093.
- [58] Jové Martín, P. (2016). Caracterització del suro i subproductes de la indústria surera. Valoració d'aquests com a biosorbents d'hidrocarburs aromàtics policíclics en aigües d'escorrentia (Doctoral dissertation, Universitat de Girona).
- [59] Sierra Pérez, J. (2016). The introduction of eco-design for promoting the use of eco-materials: the cork as building material. *Universitat Autònoma de Barcelona*.
- [60] Mano, J. F. (2002). The viscoelastic properties of cork. *Journal of Materials Science*, 37(2), 257-263.
- [61] Olivella, M. À., Jové, P., & Oliveras, A. (2011). The use of cork waste as a biosorbent for persistent organic pollutants—Study of adsorption/desorption of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 46(8), 824-832.
- [62] Olivella, M. À., Jové, P., Şen, A., Pereira, H., Villaescusa, I., & Fiol, N. (2011). Sorption performance of *Quercus cerris* cork with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxicity testing.

BioResources, 6(3), 3363-3375.

[63] Olivella Costa, À., Fernández-Rodríguez, I., Cano, L., Jové Martín, P., & Oliveras Rovira, À. (2013). Role of Chemical Components of cork on Sorption of Aqueous Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. © International Journal of Environmental Research, 7(1), 225-234.

[64] Olivella, M. À., Jové, P., Bianchi, A., Bazzicalupi, C., & Cano, L. (2013). An integrated approach to understanding the sorption mechanism of phenanthrene by cork. Chemosphere, 90(6), 1939-1944.

[65] Krika, F., & Benlahbib, O. E. F. (2015). Removal of methyl orange from aqueous solution via adsorption on cork as a natural and low-cost adsorbent: equilibrium, kinetic and thermodynamic study of removal process. Desalination and Water Treatment, 53(13), 3711-3723.

[66] Crespo-Alonso, M., Nurchi, V. M., Biesuz, R., Alberti, G., Spano, N., Pilo, M. I., & Sanna, G. (2013). Biomass against emerging pollution in wastewater: ability of cork for the removal of ofloxacin from aqueous solutions at different pH. Journal of Environmental Chemical Engineering, 1(4), 1199-1204.

[67] Domingues, V., Alves, A., Cabral, M., & Delerue-Matos, C. (2005). Sorption behaviour of bifenthrin on cork. Journal of Chromatography A, 1069(1), 127-132.

[68] Dordio, A. V., Gonçalves, P., Teixeira, D., Candeias, A. J., Castanheiro, J. E., Pinto, A. P., & Carvalho, A. P. (2011). Pharmaceuticals sorption behaviour in granulated cork for the selection of a support matrix for a constructed wetlands system. International Journal of Environmental and Analytical Chemistry, 91(7-8), 615-631.

[69] Pintor, A. M., Ferreira, C. I., Pereira, J. C., Correia, P., Silva, S. P., Vilar, V. J. et al. (2012). Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants: A review. Water research, 46(10), 3152-3166.

[70] Fernandes, F. A. O., Pascoal, R. J. S., & De Sousa, R. A. (2014). Modelling impact response of agglomerated cork. Materials & Design, 58, 499-507.

[71] Pritz, T. (1996). Analysis of four-parameter fractional derivative models of real solid materials. Journal of Sound and Vibration, 195(1), 103-115.

[72] Knapic, S., Oliveira, V., Machado, J. S., & Pereira, H. (2016). Cork as a building material: a review. European Journal of Wood and Wood Products, 74(6), 775-791.

[73] Fernandes, F. A., Alves de Sousa, R. J., Ptak, M., & Migueis, G. (2019). Helmet design based on the optimization of biocomposite energy-absorbing liners under multi-impact loading. Applied Sciences, 9(4), 735.

[74] Coelho, R. M., de Sousa, R. A., Fernandes, F. A. O., & Teixeira-Dias, F. M. V. H. (2013). New composite liners for energy absorption purposes. Materials & Design, 43, 384-392.

[75] Alves de Sousa, R. J., Gonçalves, D. F. S., Coelho, R. M., & Teixeira-Dias, F. M. V. H. (2012).

Assessing the effectiveness of the use of a natural cellular material as safety padding in motorcycle helmet. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, 88(5), 579-590.

[76] Costas, M., Díaz, J., Romera, L. E., Hernández, S., & Tielas, A. (2013). Static and dynamic axial crushing analysis of car frontal impact hybrid absorbers. *International Journal of Impact Engineering*, 62, 166-181.

[77] Tay, Y. Y., Lim, C. S., & Lankarani, H. M. (2014). A finite element analysis of high-energy absorption cellular materials in enhancing passive safety of road vehicles in side-impact accidents. *International Journal of Crashworthiness*, 19(3), 288-300.

[78] Paulino, M., & Teixeira-Dias, F. (2011). An energy absorption performance index for cellular materials—development of a side-impact cork padding. *International Journal of Crashworthiness*, 16(2), 135-153.

[79] Fernandes, F. A. O., Jardim, R. T., Pereira, A. B., & De Sousa, R. A. (2015). Comparing the mechanical performance of synthetic and natural cellular materials. *Materials & Design*, 82, 335-341.

[80] Sánchez-Sáez, S., García-Castillo, S. K., Barbero, E., & Cirne, J. (2015). Dynamic crushing behaviour of agglomerated cork. *Materials & Design (1980-2015)*, 65, 743-748.

[81] Stone Ideas (2015) Peugeot 208 Natural“: ultra-thin natural stone for the rear spoiler. Available online: <https://www.stone-ideas.com/38728/peugeot-208-natural-ultra-thin-natural-stone-rear-spoiler/>

[82] Gracia, C., 2010. Balanç de carboni: els embornals a Catalunya. Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Capítol 5: Embornals. Generalitat de Catalunya, Barcelona. Available online: https://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/segon-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/1part/05_embornals.pdf

[83] Reculosa, S., Trinquencoste, M., Dariol, L. Delhaès P. (2006) Thermal degradation of a cork-based composite. *Carbon* 44(7):1316-1320. DOI: 10.1016/j.carbon.2005.12.051

[84] Bejarano, I., Godoy-Cancho, B., Franco, L., Martínez-Cañas, M. A., & Tormo, M. A. (2015). Quercus Suber L. Cork Extracts Induce Apoptosis in Human Myeloid Leukaemia HL-60 Cells. *Phytotherapy Research*, 29(8), 1180-1187.

[85] Carriço, C., Ribeiro, H. M., & Marto, J. (2018). Converting cork by-products to ecofriendly cork bioactive ingredients: Novel pharmaceutical and cosmetics applications. *Industrial Crops and Products*, 125, 72-84.

[86] Goncalves, F., Correia, P., Silva, S. P., & Almeida-Aguiar, C. (2016). Evaluation of antimicrobial properties of cork. *FEMS Microbiology Letters*, 363(3), fmv231.

[87] Castellar, J. A. C., Formosa, J., Fernández, A. I., Jové, P., Bosch, M. G., Morató, J. et al. (2019). Cork as a sustainable carbon source for nature-based solutions treating hydroponic wastewaters—

Preliminary batch studies. *Science of the total environment*, 650, 267-276.

[88] Verdum, M., Prades C., González adrados, J. R., Bejarano, M., Lezcano G. and Sánchez M. (2020) *Miniguia de Nuevas Aplicaciones del Corcho*. Grupo Operativo GO SUBER. Fundació Institut Català del Suro.

[89] Verdum M., Sánchez C., Castro J., Lladó J., Jové P. (2017) Revaluation of Catalan Low Quality Cork as Feedstock for the Additive 3D Printing Technology, *CSA2017 Materials Research Proceedings* 3. 11-18.

[90] Jové P., Fiol N., Vilaescusa I., Verdum M., Aguilar L. Bosch C., Morató J. (2017) The use of cork waste as a sorbent for pesticides and heavy metals generated during the wine manufacturing process *CSA2017 Materials Research Proceedings* 3. 75-83

[91] Garcia Moreno A. M., Sánchez Cuesta R., Prades López C. Verdum Virgos M., Jové P., Bejarano M. y Abellanas B. (2020) *El corcho como sustrato de cubiertas verdes (Proyecto GO SUBER)*. *Tecnogarden* 219 38-53

BÖLÜM 3

Mantar Ürünleri Sektörleri, Mantar Özellikleri ve Mantar için Gelecek Trendleri

Mariusz Ptak*, Marek Sawicki, Mateusz Dymek

Wrocław Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Makine Tasarımı ve Araştırma Bölümü, Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, Polonya

*Yazışma: mariusz.ptak@pwr.edu.pl

Özet

Mantar, birçok sektörde geniş bir kullanım alanına sahip çok yönlü ve sürdürülebilir bir malzemedir. Doğal olarak su geçirmez, yangın geciktirici ve çevre dostudur. Yıllar içinde mantar ürünleri ev, ticari ve endüstriyel tüketici pazarlarında giderek daha popüler hale geldikçe kullanımı da katlanarak artmıştır. İnşaat, döşeme, yalıtım ve sızdırmazlık çözümleri dahil olmak üzere bu malzemeyi kullanan çeşitli sektörler vardır. Tüketici tercihleri daha sürdürülebilir ürünlere doğru kaydıkça mantara olan talep hızla artmıştır ve sektörün yakın gelecekte daha da genişlemesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mantar, mantar ürünleri, mantar özellikleri, otomotiv, uzay, havacılık, izolasyon.

3.1 Giriş

Mantar meşesi ağaçlarının dünyadaki eşsiz orman ekosisteminin ana ürünü olan doğal mantar, her formda yeniden kullanılabilen, toksik olmayan, dayanıklı ve aşınmaya dirençli, benzersiz özelliklere sahip bir malzemedir. Mantar, atmosferdeki karbondioksiti etkili bir şekilde bağlar, bu da özellikle küresel ısınma konusunda çok önemlidir. Bilim ve iş dünyası, ekonomi ve endüstrinin sürdürülebilir kalkınması için sinerjik olarak kullanılacak olağanüstü fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle mantara değer vermektedir. Bir başka makalede [1] mantar yetiştiriciliği ve mantarın mikro ve makro yapısı ele alınmaktadır.

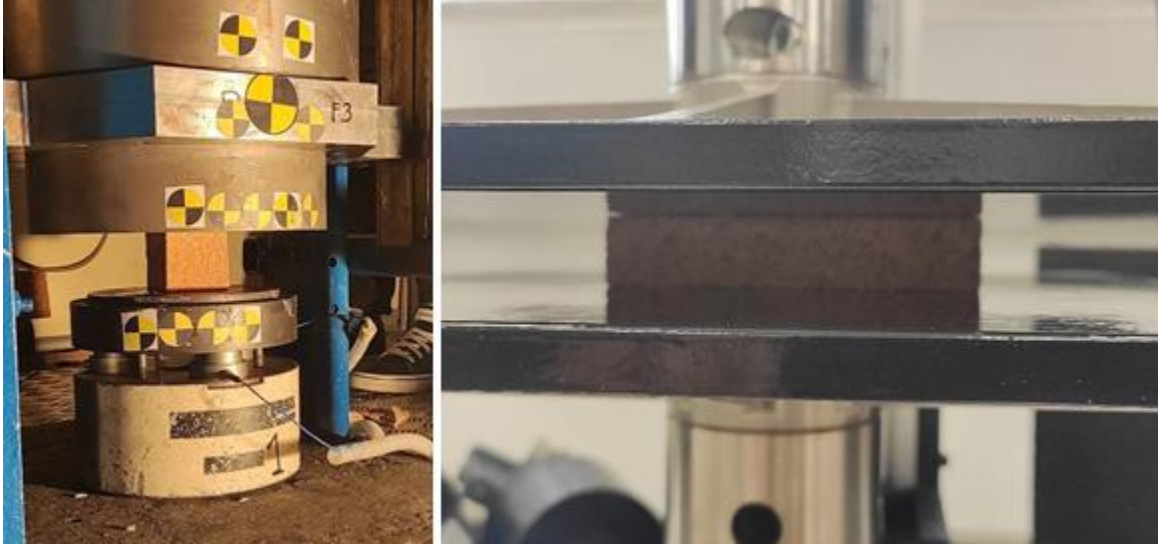
Mantar en çok yönlü doğal malzemelerden biridir. Basit şişe kapaklarından özel havacılık ısı kalkanlarına kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Hafif, sıkıştırılabilir, elastik, dayanıklı, kimyasal ve biyolojik olarak dirençli, toksik olmayan, alev geciktirici, gazlara ve sıvılara karşı pratik olarak geçirimsizdir, iyi termal ve akustik yalıtım gösterir ve aynı zamanda mükemmel bir titreşim ve elektrik yalıtkanıdır. Eşsiz mantar özellikleri, bal peteği benzeri hücresel yapısından kaynaklanmaktadır [1]. Mantarın düşük yoğunluğu, hücre sisteminden ve bunların arasında bulunan merceksi tübüllerden kaynaklanır. Söz konusu hücre boyutları, mantar meşesi kabuğunun yaşına ve toplandığı döneme bağlı olarak küçük farklılıklar gösterir [1]. Bu şekilde belirlenen mantar yoğunluğu değeri 120-240 kg/m³ aralığındadır ve kurutulmuş bir mantarın ortalama yoğunluğunun 150-160 kg/m³ olduğu varsayılır [2]. Düşük yoğunluk nedeniyle, mantar payı, onu içeren yapıların ağırlık azaltımını

önemli ölçüde etkiler. Hücresel yapı, yük altında mantar hücrelerine etki eden streslerin belirli bir dağılımını sağlayarak malzemedeki çatlakları önler. Mantar, ortamın nem ve sıcaklığından bağımsız olarak özelliklerini korur. Her zaman yumuşak ama elastiktir, dokunması hoştur ve aşınmaya karşı dayanıklıdır [3].

Mantar, esneklik, yüksek fiziksel stabilite, sıkıştırılabilirlik, uzun süreli yük döngülerine direnç ve termal, elektriksel ve akustik yalıtım gibi birçok heyecan verici özellik ile ayırt edilir [2]. Yüksek ısı yalıtımı, doğal mantarın $\lambda = 0.040-0.045 \text{ W / (m}^{\circ}\text{C)}$ [2] ısı iletkenlik katsayısının küçük bir değeri ve akustik yalıtım - $1.2 \cdot 10^5 \text{ kg / (m}^2\text{s)}$ [2] akustik direnç ile belirlenir ve malzeme kalınlığına bağlı olarak ses yoğunluğunun 31-36 dB azaltılmasını sağlar [4]. Öte yandan, fişin elektrik yalıtımı hem malzemenin nem içeriğine hem de sıcaklığa güçlü bir şekilde bağlıdır. Bu katsayı 25°C'de %3,5 su içeriğiyle $1,2 \times 10^{-14} \text{ S/m'ye}$ eşitken, aynı sıcaklıkta tamamen kuru bir mantar için $2,9 \times 10^{-10} \text{ S/m'dir}$. Bununla birlikte, bu dielektrik malzemenin yalıtım kapasitesindeki radikal azalma esas olarak sıcaklıktaki artıştan kaynaklanmaktadır - fişin elektrik iletkenliği, örneğin 25-100 ° C aralığında, üç büyüklük sırasına göre artar. Mantar aglomerat malzemesindeki bağlayıcı içeriği iletkenliği dört büyüklük mertebesine kadar artırır [2]. Yakılarak imha edilen genişletilmiş polistiren veya poliüretan gibi yüksek oranda işlenmiş yalıtım malzemelerinin yerine doğal kökenli malzemelerin (örneğin mantar, yün) kullanılmasının çevre üzerindeki olumsuz etkiyi önemli ölçüde (%98 oranında) azalttığı vurgulanmalıdır. Mantar, ani sıcaklık değişiklikleri nedeniyle bile hacim değişikliklerine karşı hassas değildir. Aynı zamanda alev geciktiricidir - alevle değil kömürle yanar. Kaymayı önleyici özellikler ve yüzey aşınmasına karşı yüksek direnç gösterir [2], [5] (0,5'lik nispeten yüksek sürtünme katsayısına rağmen şişenin boynuna tekrar tekrar sürtünmesi nedeniyle bozulmaz) [6], [7]. Doğal mantar kimyasal olarak inerttir, sıvılara ve gazlara karşı bir bariyerdir ve onlarla temas halinde kokuları emmez [2], [3], [8].

Yüksek suberin içeriği nedeniyle, mantar antibakteriyel ve antifungal özellikler gösterir, böylece bu mikroorganizmaların, örneğin mantarla tıkanmış bir şişeye nüfuz etmesini önler [9]-[12]. Mantar, 18 mN/m yüzey enerjisine sahip hidrofobik bir malzemedir ve düşük yapışma kuvveti onu diğer malzemelerden ayırır [2], [4]. Mantarın hidrofobik yapısı, atmosferik basınç (Atmosferik Basınç Plazma Torcu - APPT) veya düşük basınç koşulları (Düşük Basıncılı Plazma Odası - LPPC) altında yüzeyin plazma modifikasyonu nedeniyle değiştirilebilir [13]. Plazma işlemi mantarın özelliklerini değiştirmeden sadece dış yüzeyini etkileyebilir. Bu işlemler sonucunda mantar yüzeyinde oluşan reaktif gruplar, mantarın diğer malzemelerle daha kalıcı bir şekilde bağlanmasını sağlar [14], [15]. Mantar yüzeyinin yapışkanlık özellikleri de silanizasyon işlemi ile artırılmaktadır [16]. Mantarı diğer doğal malzemelerden ayıran ve geniş bir uygulama alanına sahip olmasını sağlayan en önemli özelliklerden biri, nispeten düşük gerilimler altında bile yüksek enerji emme kabiliyetidir. Mantarın radyal veya radyal olmayan yönde başlangıç hacminin %83'ü seviyesine kadar sıkıştırılması sırasında emilen enerjinin ortalama değeri $3,4 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$ ve $2,2 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$ 'tür [2]. Daha önce bahsedilen alev geciktirici özelliği ve yangının yayılmasını yavaşlatma kabiliyeti mantarın önemli özelliklerindedir.

Mantar alev almadan yanar ve çok daha önemlisi zehirli gazlar yaymaz [2]. Mantar, esas olarak yük altında hücre duvarlarının kademeli olarak bükülmesine, deformasyonuna ve kalınlaşmasına yatkınlığı nedeniyle belirli mekanik özelliklere sahip esnek, anizotropik hücresel bir malzemedir [3].



Şekil 3.1 Sıkıştırma testindeki mantar numuneleri.

Mantarın yarı statik sıkıştırma altındaki davranışı, mantarın hücresel yapısı tamamen sıkıştırıldığında ve yoğunlaştığında sona eren geniş bir plato ile gerilme-gerinim doğrusal grafiği ile gösterilir (Şekil 3.1) [2]. Plato bölgesindeki eğrinin eğimi, yük yönüne bağlı olarak 6-20 MPa aralığında mantarın elastisite modülünün (belirli bir şekilde hazırlanmış) değerlerini belirler. Radyal yöndeki yükler söz konusu olduğunda, bu değerler eksenel ve teğetsel yöndeki yüklerden daha yüksektir [2], [17]. Mantarın 24 saat boyunca 100-150°C'de ısıtılması nemden arındırır ve basınç dayanımını önemli ölçüde artırır. Bununla birlikte, 24 saatten daha uzun süreli ısıtma, yapının termal bozulması nedeniyle mukavemetini azaltır [17]. Mantarın olağanüstü esnekliği, sıkıştırma testindeki davranışıyla kanıtlanmaktadır. NL10 tapasını (yoğunluk 135 kg/m³) orijinal kalınlığının %80'ine kadar sıkıştırdıktan sonra, 0,5 dakika içinde, boşaltma işleminden sonra, burkulma belirtileri olmadan, orijinal boyutunun yaklaşık %80'ine geri döner. Mantarın mekanik özellikleri Poisson oranının [18], [19] veya Young modülünün [30] tek bir değeriyle karakterize edilemez çünkü sınıfları özellikle yoğunluk, hücre boyutları ve gözeneklilik açısından farklılık gösterir [2].

3.2 Mantar Üretimi için Sektörler

Son yıllarda mantar endüstrisi yeni endüstri alanları kazanmaktadır. Bir malzeme olarak mantar, mevcut tasarımları önemli ölçüde geliştirebilecek büyüleyici özelliklere sahiptir. Mantar malzemesinin uygulama alanları aşağıdaki kadar geniştir

- Gazsız ve köpüklü şaraplar ve alkollü içkiler için tıplar,
- Otomotiv ve demiryolları,
- Mikro hareketlilik

- Enerji,
- Havacılık ve uzay,
- Spor,
- Zemin ve duvar kaplamaları dâhil olmak üzere mimari ve tasarım uygulamaları,
- İnşaat ve Altyapı,
- Genleşme Derzleri ve İzolasyon Mantar Panoları,
- Moda.

Bu noktada, mantar malzemesinin mevcut ürünlerde başarılı bir şekilde kullanılmasının sadece piyasadaki varlığıyla değerlendirilebileceğini belirtmek gerekir. Seri üretimde olmayan prototip veya özel çözümler, mantar malzemelerinin geçerli uygulamaları olarak kabul edilemez, çünkü bunlar kamu veya özel sektör tarafından kurulmuş araştırma programları veya aşırı ücretli, son derece özelleştirilmiş ürünlerdir. Bu nedenle, hâlihazırda piyasaya sürülen mantar malzemelerine ilişkin tartışma, piyasada sunulan ürünlerle sınırlıdır. Bu paragrafta mantar malzemesi ham mantar ve poliüretan bazlı mantar konglomerası gibi türev mantar malzemeleri olarak ele alınmaktadır.

Çoğu durumda, mantar malzemesinin uygulanması, kendine özgü üstün özellikleriyle güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Dökme malzeme olarak mantar malzemesi nispeten pahalıdır. Tasarımcıların bu malzemeleri yalnızca karşılanması gereken özel gerekliliklere dikkat ederek seçmelerinin ana nedeni budur. Bu nedenle mantar uygulamaları benzersiz ve açık değildir. Mantar malzemesinin mühendislik ekipmanları için birincil malzeme olması yaygın değildir. Mantar kullanımı, belirli uygulamalarda diğer malzemelerin yerine geçemeyeceği ikincil bir malzemedir.

Mantarın yalıtım özellikleri, Poli Stiren Köpük, ABS veya XPS polimer köpükler gibi yaygın olarak kullanılan polimer köpüklerle maliyet açısından karşılaştırılabilir kadar kötü veya iyidir. Ham mantar panellerin yangına dayanıklılık özellikleri herhangi bir yangın koruma standardına dayanmamaktadır. Sadece yangında kendi kendine sönen katkı maddeleri içeren konglomeralar yangına dayanıklı malzeme olarak kabul edilebilir. Gürültü bastırma özellikleri diğer malzemelere göre nispeten yüksektir. Mekanik özellikler gibi bazı özellikler için mantar malzemelerini farklı malzemelerle karşılaştırmak zordur. Ashby diyagramları mantar malzemelerini diğerlerine göre karakterize eder. Bu nedenle mantar malzemelerin alanları hakkında genel bir ipucu yazmak zordur. Bu noktada, mantarın çeşitli tasarımlarda tercih edilmesinde çok önemli olan bazı benzersiz özelliklere sahip olduğunu belirtmek gerekir. Çoğu doğal malzeme kullanıcısı, dokunmatik cihazlar mantarla kaplandığında iyi duygular hisseder. Ayrıca, mantar malzemeler tarafından nem ve ter emilimi, uzun süreli cihaz kullanım amaçları için şiddetle tavsiye edilir. Elektromanyetik dalgaların zayıflatılmasındaki üstün özellikler veya atmosferik yeniden giriş ablasyonunun iyi olması, mantar malzemesinin mühendislikte metal bazlı malzemelerin polimerik kompozitine göre bir avantajı olmadığını kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, çok spesifik birkaç özellik, özel ve zorlu uygulamalarda

kullanılmasına izin verir.

Havacılık ve Uzay endüstrisinde mantar malzemesinin, genellikle polimer bazlı diğer malzemeler tarafından işgal edilen mevcut uygulamalara dâhil edilmesi zordur. Havacılık ve uzay endüstrisindeki değişikliklerin en önemsiz sonuçlarından biri, herhangi bir yeni tasarımın sertifikasyon ve yeniden sertifikasyon maliyetidir. Bu noktada hâlihazırda kullanılan malzemelerin değiştirilmesi uçak üreticileri ve operatörler için bir öncelik değildir. Ayrıca, havacılık üretiminde tedarik zinciri istikrarı, uçan aracın üretimi sırasında en önemli faktörlerden biridir. Doğal bir malzeme olan mantar, mantar ormanlarında hasat edilir. Her yıl mantar üretimi ve fiyatı önemli ölçüde değişebilir.

Daha önce de belirtildiği gibi, mantar malzemeler elektromanyetik dalgaları mükemmel bir şekilde zayıflatır. Bu özellik, düşman hava savunma sistemleri tarafından tespit edilmekten kaçınmak için uçan nesnelere, özellikle de uçakların radyo izlerini azaltmak için kullanılır. Bu özellik mantarın mikro yapısıyla yakından ilişkilidir. Lignin ve suberin, radyo dalgalarını radyasyon kaynağına (radar sistemleri) yansıtmayan manyetik radyo dalgalarını hapseden uzun kanallardır.

Havacılık ve uzayda mantar malzemesinin gelecekteki trendlerinden biri de tahrik sistemlerindeki ses bastırma sistemleriyle ilgilidir. Mevcut tahrik sistemleri, ek ses bastırma sistemleri gerektiren rahatsız edici sesler üretmektedir. Jet motorlarında motor kaportaları gürültüyü azaltmak için şekillendirilir. Jet motoru motor kaportalarının, mantarın dikkate alınabileceği ses bastırma malzemesiyle birlikte yeniden tasarlanması bir sonraki mantar uygulaması olabilir.

Mantar malzemesinin önemsiz olmayan bir özelliği de mantar panel erozyonunun düşük çevresel etkisidir. Malzemeyi aşındırabilecek herhangi bir partikül ile yanıcı olmayan, sıcak veya soğuk gazların herhangi bir egzozu mantar malzeme ile kaplanabilir. Küçük miktarlarda malzeme ile aşınabilen iyi ısı yalıtım özelliklerine sahiptir. Açıkçası, belirli bir süre sonra bu kapaklar değiştirilmelidir.

Mantar, uzay aracının dünya atmosferine yeniden gireceği bir test görevi için ısı koruma kalkanı malzemesi olarak varsayılmıştır. Yeniden giriş sırasında, her uzay aracı, uzay aracı yapısına karşı hava sürtünmesi nedeniyle yüksek termal yükler yaşar. Uzay Mekiği döneminde, uzay mekikleri seramik panellerle kaplanmıştır. Hipotezlerden biri de mantar malzemesinin yeniden giriş kalkanı olarak kullanılabileceğidir. Düşük yanma gerilemesi ve yüksek sıcaklıklarda yüksek ısı yalıtım özellikleri, yeniden giriş için ucuz ve karmaşık olmayan üretim ısı kalkanları için büyük potansiyele sahiptir.

Yeşil ve sürdürülebilir bir malzeme olarak kabul edilen mantar malzemesi, moda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanda trendler önemli rol oynamaktadır, bu nedenle uygulama miktarı önümüzdeki yıllarda değişiklik gösterecektir. Moda endüstrisindeki uygulama alanları dekoratif mantar kumaş, astarlar, ayakkabı yapım malzemesidir. Üretici firmaların ekoloji ve sürdürülebilir malzeme kullanımı konusunda güçlü beyanlarda bulunduğu ekonominin bu sektöründe, mantar malzemesinin diğer doğal bazlı malzemelerle birlikte daha fazla yer alması beklenmektedir.

Mantarın mimaride kullanımı yaygındır. Çekici yapısı ve insan eli için olumlu deneyimi nedeniyle

mantar, ev aksesuarlarından büyük binalarda ve sanatsal enstalasyonlarda önemli dekoratif rollere kadar her türlü mimaride çok yaygındır.

Mimari uygulamalar boyunca, zemin ve duvar panelleri için büyük miktarlarda mantar malzeme kullanılmaktadır. Bu iki ürün mimaride en yüksek kalitede mantar malzemesi tüketir. Bu uygulamada mantar pahalıdır ve yüksek standart özelliklere sahiptir.

Potansiyel mantar uygulamalarından biri de havadan kimyasal emilimdir. Mantar, iç mikro yapısı nedeniyle kimyasal maddeleri emebilir. Birçok organik madde insanlar için çok zehirlidir. Karbon bazlı zararlı maddelerin kaynağı, özel şöminelerde kömür kullanımı, benzin ve dizel motor egzozu, araçlar ve jeneratör, çim biçme makinesi ve yanmalı motorlu diğer ev bahçe aletleri gibi diğer cihaz türleridir. Zararlı organik maddelerin diğer bir kaynağı da yoğun tarım, çöp sahaları ve çürüme süreçleri ile büyük miktarlarda organik atık kompostudur.

Açık ortamlarda filtreleme sistemlerinin kullanılması mümkün değildir, bu nedenle zararlı maddelerin tutulması için mantar yığınları kullanılabilir. Ayrıca, bu durumda mantar geri dönüşümden elde edilebilir, ancak gerçek mantar hücrelerinin herhangi bir bağlayıcı tabaka ile kaplanmamış olması ve çevredeki atmosfere maruz kalması gerekir.

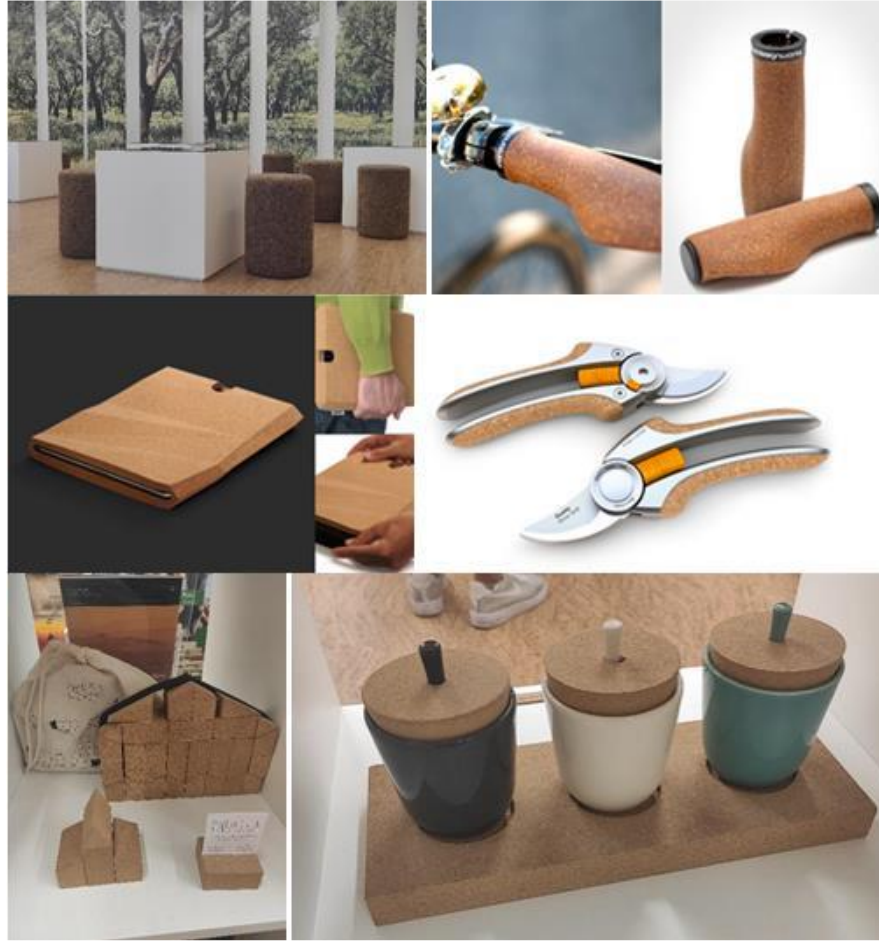
Değerli özelliklere sahip doğal, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir mantar malzemesi çeşitli uygulamalar bulur. Elde edilen mantarın yaklaşık %70'i şişe tıpası olarak kullanılmaktadır. Yine de, özellikle inşaat sektörüne yönelik kompozit malzemelerin üretiminde giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (yaklaşık %22) [3], [4], [20]. Gelecekte ekonominin diğer alanlarında da kullanımının artması beklenmektedir.

3.2.1 Genel Kullanım için Mantar Aglomeraları

Mantar kompozitleri, genellikle 0,5-30 mm tane boyutunda çeşitli granülasyon aglomeralarından hazırlanır. Kullanılan granüller genellikle tıpa üretiminden kaynaklanan atıklardır. Granüller reaktif bir prepolimer ile karıştırılır ve oda sıcaklığında preslenir veya bir polimer bağlayıcı ile karıştırılır ve mantar kompozitleri üretmek için basınç altında yüksek bir sıcaklıkta preslenir [4]. Bitmiş ürünün amaçlanan özellikleri mantar granüllerinin boyutlarına, kompozit içindeki kütle oranına (kütlece %90'a kadar), bağlayıcı türüne (poliüretanlar, fenol-formaldehit reçineleri, vb.) ve üretim sürecinde kullanılan aglomeraların paketleme yoğunluğuna bağlıdır.

Üretilen mantar aglomera blokları lamine edilir, planlanan boyutlara göre şekillendirilir ve düzleştirilir (Şekil 3.2). Paneller, levhalar, ayakkabı ekleri vb. elde etmek için kullanılırlar. [2], [4]. Duvar kaplamaları [4] ve zeminler için aglomeralar benzer şekilde üretilir, ancak presleme işleminde uygun bir bağlayıcı veya değişken basınç kullanılır. Elde edilen malzeme daha dayanıklı ve kokusuzdur. Çok katmanlı ürünlerde bir veya daha fazla kez koruyucu polimer katman uygulanarak aşınma direnci artırılabilir. Mantar kompozitlerinin ayrı ve önemli bir grubu, mantar granülleri ve kauçuk karışımı olan kauçuk tıpadır. Bileşim bileşenleri karıştırılır (bileşik haline getirilir) ve nihai ürün şekillendirilir ve parlatılır. Üretilen kompozitler, sıvılara karşı geçirimsiz oldukları ve tıpanın Poisson oranının

düşük değeri nedeniyle enine genişlemeye maruz kalmadıkları için otomobillerde conta ve yağ tankları için salmastra malzemesi olarak kullanılır [3], [19].



Şekil 3.2 Mantar Tabureler, Bisiklet Mantar Sapları, POMM iPad Kılıfı, Fiskars Bahçe Makası, Bebek blokları, Bardak tutucular ve tıplar [21]-[24].

3.2.2 Isı ve Ses Yalıtımı

İnşaatta ısı ve ses yalıtımı için mantar aglomeraları (Şekil 3.3). Mantar küçük ısı iletkenliği, ses yayılma hızı ve akustik empedansı ile karakterize edilir, bu da onu ısı ve ses yalıtımı için bir malzeme olarak kullanıma uygun hale getirir. Bu şekilde kullanılan mantar kompozitleri, bir poliüretan matris içinde ağırlıkça %90-95 oranında mantar içerir. Karıştırılan bileşenler genellikle belirli bir süre boyunca yaklaşık 100°C'ye kadar ısıtılarak aglomere edilir. Bu tür malzemeler ısı ve ses yalıtımı yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca NASA ve ESA uzay ajansları tarafından roket bileşenleri için termal ve titreşim önleyici kalkanlar olarak kullanılmaktadır [2]. Portekiz Mantar Derneği'ne göre, 2014 yılında Sao Paulo'da tanıtılan Peugeot 208 Natural'in tavanında ve gösterge panelinde mantar kullanılmıştır. Bu malzeme daha iyi termal ve akustik yalıtım sağlamıştır.



Şekil 3.3 Aglomera mantardan oluşturulan ev izolasyonu.

İnşaat sektörü, doğal mantarın ses yalıtımlı duvarlarda, asma tavanlarda, duvar kağıtlarında, süpürgeliklerde, binalardaki zemin kaplamalarında ve endüstriyel soğuk odalarda yalıtımda kullanıldığı ikinci en büyük alandır (Şekil 3.4). Daha önce kullanılan sentetik köpük çekirdekli ve kaplama karbon takviyeli kompozitler nispeten düşük akustik yalıtıma sahiptir. Gürültüyü azaltmaya yönelik artan ihtiyaca yanıt olarak, doğal mantar ve karbon fiber ara parçadan oluşan katmanlı bir yapıya sahip yenilikçi bir kompozit geliştirilmiştir. Böyle bir kompozit, bileşen malzemelerin avantajlarının sinerjisini göstermektedir. Mukavemet özelliklerini ve düşük ağırlığını korur, gürültüyü geleneksel yalıtım malzemelerinden daha etkili bir şekilde bastırır (%250 oranında) ve çok daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür [3], [25]. Siyah aglomeralar, yüksek sıcaklıkta (yaklaşık 300°C) ve yüksek basınçta (yaklaşık 540 kPa) kapalı bir otoklavda bağlayıcı olmadan doğal mantar granüllerinden yapılır [26], [27]. Mantar hücre duvarlarının termokimyasal bozunması sonucunda suberin açığa çıkar (doğal bir bağlayıcı görevi görür). Bozunma atığı aglomere edilir ve mantar panoların üretiminde kullanılan ara ürün oluşur [3], [28], [29]. Yeniden kullanılabilir bir malzemedir ve aynı zamanda kimyasal katkıları olmaksızın tamamen doğaldır. Ulaşım araçları endüstrisi Mantar, çok düşük yoğunluğu (0,24 g/cm³) ve iyi yalıtımı sayesinde, ulaşım araçları endüstrisi tarafından motorlu taşıtların ve çeşitli demiryolu taşıtlarının bileşenleri için bir malzeme olarak sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 3.4 Uygulanan aglomera mantar ile döşeme endüstrisi.

3.2.3 Ses Yalıtım Kutusu

Daha önce de belirtildiği gibi mantar, mantar meşesi ağacının kabuğundan üretilir. Düşük ağırlık, sıvı ve gaz geçirmeme, esneklik, sıkıştırılabilirlik, iyi ısı ve ses yalıtımı gibi benzersiz özelliklere sahip

doğal bir hammaddedir. Mantar tozu oldukça yanıcı olmasına rağmen (hücre yapısı parçalandığı için) doğal haliyle mantar aynı zamanda mükemmel bir yangın geciktiricidir. Dahası, tamamen biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir ve geri dönüşümü kolaydır. Kłusak ve Grygny [30] tarafından yapılan vaka çalışması, mantar kompoziti yapmak için mantar tipi sert bir ara parçanın uygulanmasını ve bunun yangın söndürme araçlarındaki uygulamasını sunmaktadır.

Kompozitlerin üretilmesi ve numunelerin kütle karşılaştırması için aşağıdaki üretim yöntemleri kullanılmıştır:

- HLU (Hand Lay Up) laminasyon, - VB (Vacuum Bagging) vakum torbası, vakum kullanımı ile manuel laminasyon,
- Kesikli elyaf ve SU reçinesinin püskürtülmesi (Spray-Up),
- VI infüzyon (Vakum İnfüzyon),
- Yeniden kullanılabilir bir silikon diyafram altında CCBM (Kapalı Boşluklu Torba Kalıplama) reçine enjeksiyonu,
- LRTM (Light Resin Transfer Molding kapalı bir kalıba reçine enjeksiyonu).

Soric malzeme bugüne kadar 10 mm kalınlığında kompozitlerin üretiminde kullanılmıştır. Çalışma, Soric ara parçalı bir kompozitten daha hafif olacak ve işleme sırasında teknolojik sorunlar yaratmayacak bir kompozit üretmeyi amaçlamaktadır. Testler sırasında karşılaştırma için mantar çekirdekli ve SBC tipi ara parçalı bir kompozit yapılmasına karar verildi. SBC ara parçasından yapılan kompozitin boyutsal olarak çok dengesiz olduğu ortaya çıktı çünkü numunelerin farklı kesitlerinde büyük kalınlık sapmaları elde edildi. Teknolojik olarak işlenmesi zor hale geldi ve sonraki çalışmalarda kullanılmadı [30].

Çeşitli yöntemlerle bir mantar kompoziti üretme girişimlerinin bir parçası olarak, mantar ara parçası ile yapılan malzemenin 1 m²'sinin 6,2 kg ağırlığında olduğu ve Soric tipi dokunmamış polyester ara katmanlı bir kompozitten 1,3 kg daha hafif olduğu ortaya çıkmıştır. Yeni kompozit konstrüksiyon için elemanların üretimi sırasında sentetik Soric ara tabakanın mantar ara tabaka ile değiştirilmesi sonucunda, üretilen yapının ağırlığını azaltmak mümkün olmuştur [30].

DeneySEL testler için numuneler mantar ara parçası, PVC köpük ara parçası ve Soric ara parçasının yanı sıra katı laminat yapılarla üretilmiştir. Test edilen kompozit malzemeler, personel taşıma ve servis için mürettebat bölmeleri de dahil olmak üzere benzersiz araç gövdeleri inşa etmek için kullanılmıştır. Kompozitlerin kapsamlı testleri PN-EN 45545-2: 2013'ün R1 gerekliliklerine uygun olarak gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki özellikleri içermiştir [30]:

- ISO 5658-2'ye göre yangına tepki - yangın yayılımı testi,
- yangın testine yanıt. Isı, duman ve kütle yanma oranının yoğunluğunun ISO 5660-1: 50 kW/m²'ye göre test edilmesi,

- ISO 5659-2: 50 kW/m²'ye göre malzemelerin duman üretiminin ve yanma ürünlerinin toksisitesinin test edilmesi PN-EN-45545-2: 2013 Ek C.

Testler, sandviç tipi sandviç kompozitler de dahil olmak üzere çeşitli teknolojilerde üretilen kompozit malzemeler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşü kapsamında gerçekleştirilen testler yatay yanıcılık (ECE-R 118 Ek 6'ya uygun olarak), malzemelerin eriyebilirliği (ECE-R 118 Ek 7'ye uygun olarak) ve dikey yanıcılık (ECE-R 118 Ek 8'e uygun olarak) konularını kapsamıştır. Testler aşağıdaki beş yapı için gerçekleştirilmiştir [30], [31]:

- yapı no. 1: 600 g/m² ağırlığında dört yönlü kumaşlardan oluşan infüzyonla yapılan kompozit², 6 mm kaba mantar ara parçası ve alev geciktirici vinil ester reçine,
- yapı no. 2: 600 g/m² ağırlığında dört yönlü kumaşlardan oluşan infüzyonla yapılan kompozit², sentetik bir Soric 6mm ara parça ve alev geciktirici vinil ester reçine,
- yapı no. 3: 600 g /m² ağırlığında dört yönlü bir kumaşın 9 katmanından ve alev geciktirici vinil ester reçineden oluşan infüzyonla yapılan kompozit,
- yapı no. 4: 600 g/m² dört yönlü kumaşlar, 6 mm Çekirdek mantar ara parçası ve alev geciktirici polyester reçineden oluşan el laminasyonu ile yapılan kompozit,
- yapı no. 5: 600 g/m² ağırlığında dört yönlü kumaşlardan, sentetik Soric 6 mm ara parçadan ve alev geciktirici polyester reçineden oluşan el laminasyonu ile yapılmış bir kompozit.

Sonuç olarak, tüm numuneler (5 yapı) yönetmeliklerin gerekliliklerini karşılamıştır, bu da gerekli mekanik dayanıma bağlı olarak uygun yapıyı seçmek için mükemmel bir fırsat sunmaktadır [32]-[35]. PN-EN ISO 527-4 normuna göre, 30 mm kalınlığında mantar ara parçası ile yapılan numuneler, maksimum gerilmede PVC köpükten daha düşük bir sapma profili değeri elde etmiştir [34]. Sonuçlar şu malzemelerden elde edilmiştir: maksimum gerilmede mantar sapma profili 17,2 mm; PVC köpük 26,67 mm. Ara parça malzemesi olarak mantar kullanılan yapı, köpük ara parçaya kıyasla %35 oranında bile daha fazla sertlik göstermiştir [30].

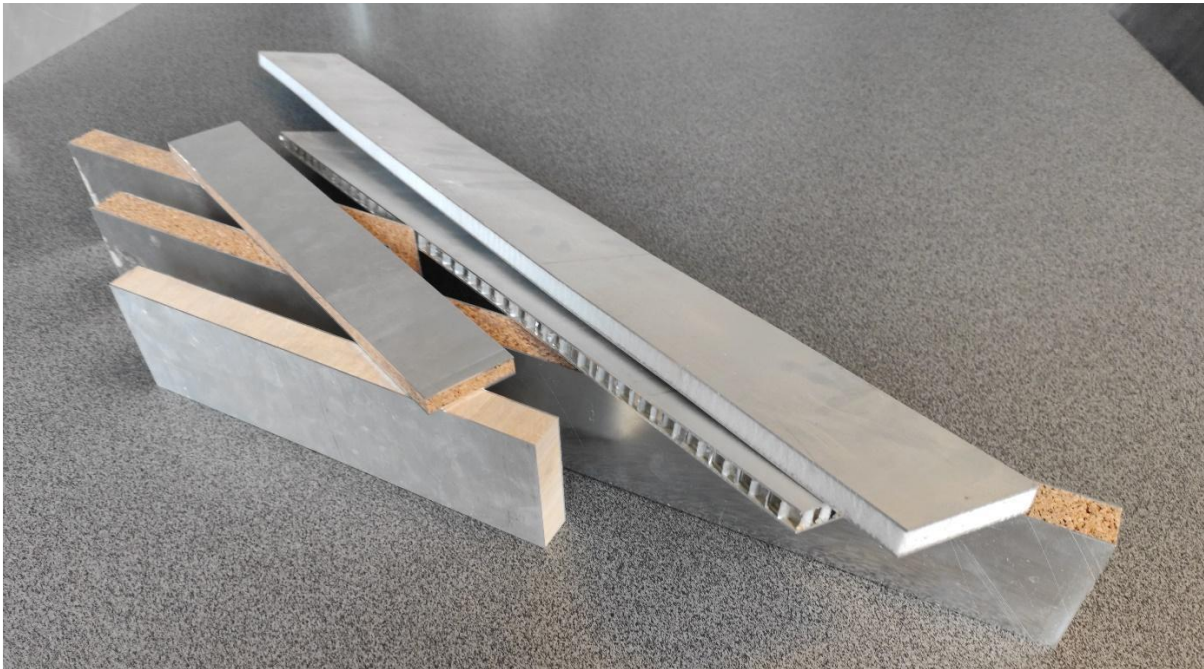
Geçmeli kabinlerin ve yangın söndürme yapılarının kullanımı çeşitli nedenlerden dolayı haklıdır. Mantar, üretilen elemanların ağırlığında önemli bir azalma sağlar ve bu da işletilen itfaiye araçlarında daha düşük yakıt tüketimi anlamına gelir. Ağırlıktaki azalma, aracın izin verilen dingil yüklerini aşma riski olmadan daha özel kurtarma ekipmanlarının taşınmasına da olanak tanır. Araç kabinleri özel olarak yerleştirilmiş paspaslarla ses geçirmez hale getirilmiş ve sertleştirici bir katmanla sabitlenmiştir. Mantar işleme yöntemleri kullanılarak diğer kullanılan ara malzemelerin değiştirilmesine ve tek bir işlemde infüzyon yöntemiyle bir araba kabini yapılmasına karar verildi. Mantar ara parçalı böyle bir kabinin, gerekli mekanik mukavemeti korurken daha hafif olduğu ortaya çıktı. Kabin, herhangi bir ek işlem gerçekleştirilmeden daha fazla akustik yalıtım elde etti ve bu da kabinin ses yalıtımı için gereken adam-saat sayısını azalttı. Kabin ayrıca ECE R 118 yönetmeliklerine göre yangına dayanıklılık gereksinimlerini karşılayan bir düzen ve malzemelerle yapılmıştır [30], [31].

3.2.4 Sandviç Benzeri Yapılar

Hafif panel yapılar, araç yolcu alanının hızlı bir şekilde yeniden düzenlenmesi için iyi bir seçimdir. Geçici duvarlar, zeminler ve tavanlar için kullanılabilir. Bu tür paneller genellikle sandviç yapılardır. Dış paneller, sertlik sağlayan ve çoğu yükü taşıyan yan kaplama malzemesinden yapılırken, iç kısımdaki çekirdek malzeme hafiftir. Dış panellere yapıştırılan çekirdek malzeme burkulmayı önler. Bu noktada, ne kaplama panellerinin ne de çekirdek malzemenin, düzgün bir şekilde yapıştırılmış sandviç malzemenin dayanabileceği yüklerin küçük bir kısmına bile dayanamayacağı, çoğunlukla burkulma olarak adlandırılan stabilite kaybı nedeniyle belirtilmelidir.

Şekil 3.5'te farklı toplam kalınlıklara ve çekirdek malzemelere sahip alüminyum kaplama panelleri gösterilmektedir.

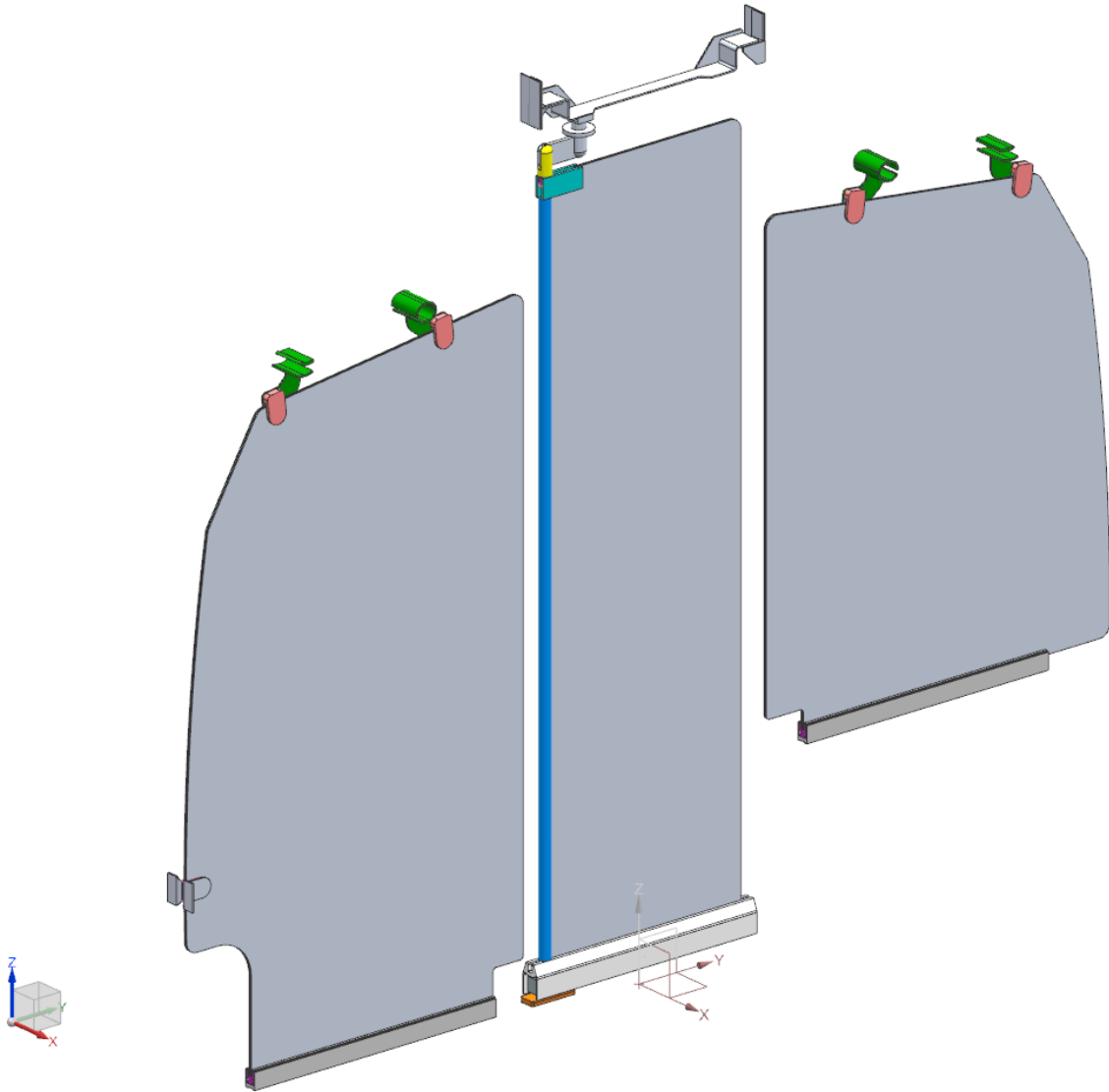
Günümüzde çekirdek malzemeler ahşap, kontrplak, kenevir, saman veya mantar gibi doğal veya sentetik çekirdek malzemeler olarak ikiye ayrılmaktadır. Sol alttaki panel (Şekil 5), panel yüzeyine dik damar yönüne sahip balsa ahşap çekirdek malzeme ile oluşturulmuştur. Diğer iki panel alüminyum petek ve köpük çekirdeklerle oluşturulmuştur. Panellerin geri kalanı mantar çekirdeklerle sahiptir. Sandviç yapılarda çekirdek malzemenin hacminin malzemenin %95'ine kadar çıkabildiğini belirtmek önemlidir. Bu nedenle, çekirdekler için yüksek derecede ekolojik ve sürdürülebilir malzeme kullanımının sağlanması çok önemlidir. Genellikle alüminyumdan yapılan kaplama panelleri, yüksek geri dönüşüm kabiliyetleri nedeniyle düşük ekolojik etkiye sahiptir. Bu amaçla doğal malzemelerin kullanılması, düşük karbon ayak izine sahip yüksek performanslı, hafif yapıların oluşturulmasını mümkün kılmaktadır.



Şekil 3.5 Balsa ahşapı, mantar, alüminyum petek ve sentetik köpük çekirdek malzemeli sandviç paneller.

Mantar kaplı panellerin kullanılabileceği sektörler arasında, belirli bir sektördeki genel gereklilikleri ve iyi uygulamaları tartışmak ve gözden geçirmek gerekir. Güvenlik gereksinimlerinin uzun süreli hizmete kaydırıldığı demiryolu endüstrisinde, iç mekânın yeniden düzenlenmesi için geçici kurulumlar yaygın bir uygulamadır. Geniş gövdeli yolcu uçakları için gereklilikler çok zordur ve yüksek yolcu yoğunluğu ve kısa tahliye süresi nedeniyle hareketli, geçici duvarların kullanılması imkânsızdır. Otomotiv sektörü için, iç mekânın geçici olarak yeniden düzenlenmesi çok nadirdir ve çok özel çözümlerdir. Denizcilik sektöründe, gemiler ve yatlar sadece tek bir amaç için tasarlanır ve sadece küçük değişiklikler yapılır.

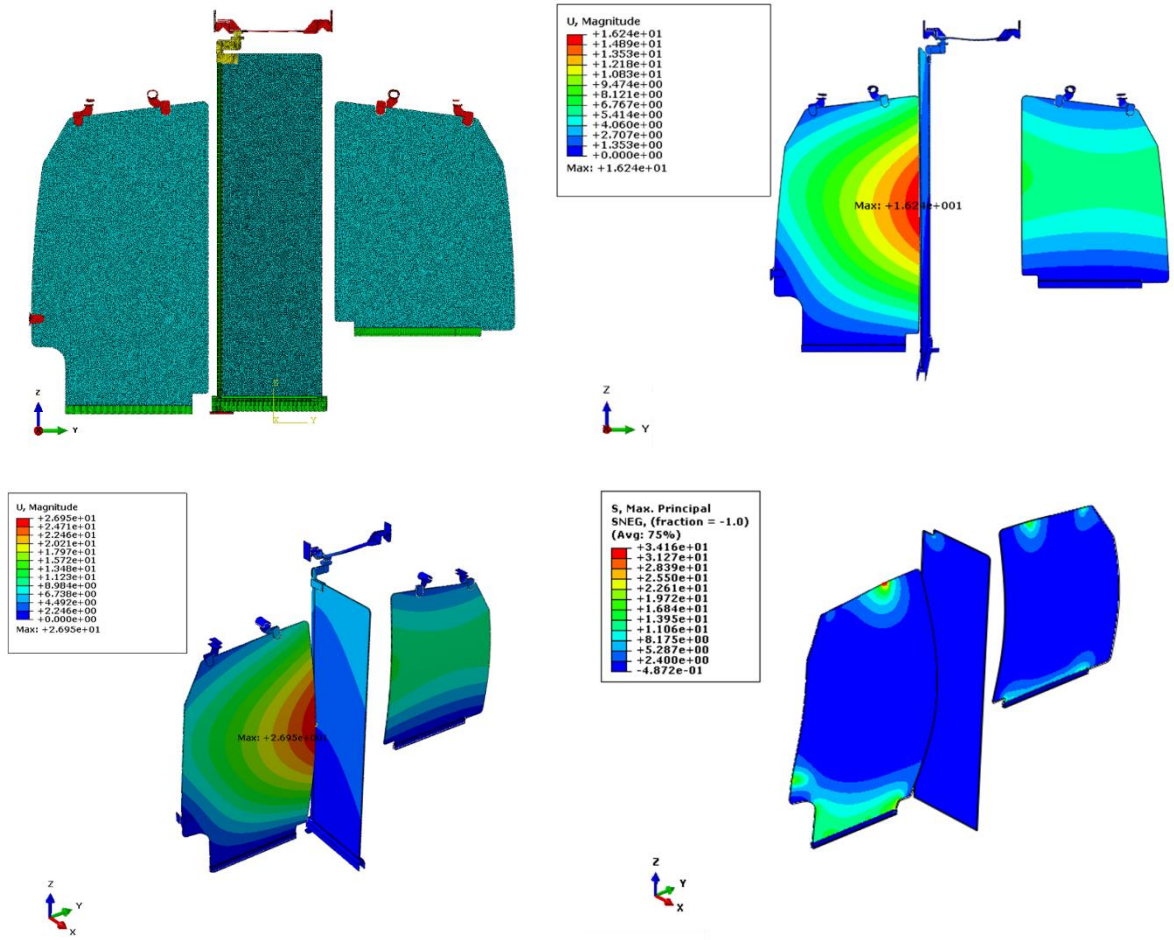
Sunulan vaka senaryosunda iç mekânın yeniden düzenlenmesi için geçici tren duvarı gösterilmektedir (Şekil 3.6). Bu tür bir duvar, yolculuk treni hazırlığı sırasında sökülebilir ve yeni bir konuma yerleştirilebilir, böylece iç mekândaki yolcu dağılımı değiştirilebilir. Orijinal konseptte bu duvarlar için iki malzeme düşünülmüştür: parlak yüzey boyalı yüksek oranda modifiye edilmiş kontrplak ve yapıştırılmış çift katmanlı cam. Yapılan değerlendirmelerin ardından, mantar çekirdekli sandviç malzeme için malzeme değişikliğinin olası bir seçim olduğu varsayılmıştır.



Şekil 3.6 Tren geçici duvar modeli.

Mantar çekirdekli sandviç malzemenin avantajlarından biri de yüksek ses sönümlenme özelliğidir. Yüksek oranda modifiye edilmiş kontrplak veya yapıştırılmış çift katmanlı camdan çok daha iyidir, bunun nedeni çoğunlukla bant geçiren bir filtre olarak çalışan önemli yoğunluk değişikliklerine sahip iki birleşik malzemenin kullanılmasıdır. Benzer bir kütle senaryosuyla, sandviç paneller daha önce bahsedilen daha yüksek kalınlığa sahip malzemelerden önemli ölçüde daha yüksek sertliğe sahiptir. Sandviç panel yapıların dezavantajı, cıvata/vidalı bağlantılardan gelen sıkıştırma kuvvetlerini idare etmek için ek parçaların kullanılmasını gerektiren karmaşık montajdır. Yüksek yangın dayanımı kontrplak ile aynı seviyede değerlendirilmiştir, oysa cam panel olağanüstü yangın dayanımı özelliklerine sahiptir.

Sonlu Elemanlar Analizi (SEA), uygulanan yüklere karşı malzemedeki gerilimin ve incelenen geometrinin deformasyonunun belirlenmesini sağlar. Genellikle, FEA aşağıdaki adımları gerektirir: geometriden gereksiz özellikleri kaldırarak orijinal geometriyi temizlemek, ayırık model hazırlamak (varsayılan olarak sonsuz sürekli geometriyi ayırık elemanlara dönüştürmek), temaslar, bağlar veya yapıştırma bağlantıları gibi etkileşim mekanizmalarını uygulamak, sınır koşullarını ve kuvvetleri kullanmak, simülasyon parametrelerini ayarlamak. Şekil 3.7, sol üstte, gizli sınır koşulları ve kuvvet ile hazırlanmış bir ayırık model gösterilirken, Şekil 3.7'deki diğer örnekler, diğer tren araçlarına karşı sert itme varsayılan statik durum senaryolarının sonuçlarını göstermektedir. Şekil 3.7, sağ üst ve sol alt, varsayılan yükler altında oluşacak deformasyon grafikleridir. Ölçeğin milimetre cinsinden olduğuna ve deformasyon yönlerinin daha iyi görselleştirilmesi için deformasyon ölçeğinin on kat büyütüldüğüne dikkat edilmelidir. Şekil 3.7, sağ altta, yukarıda belirtilen yüklere maruz kalan parçalardaki maksimum asal gerilme (MPa) gösterilmektedir. Bu kitabın kapsamı dışında kalan daha geniş değerlendirmeler ve açıklamalar olmaksızın, sunulan sonuçlar niceliksel değil niteliksel olarak ele alınmalıdır.



Şekil 3.7 Sol üst - Tren geçici duvarları ayırık modeli; sağ üst - Hareket yönünde sert itme yükü senaryosu altında tren geçici duvarlarının deformasyonunun önden görünümü [mm]; sol alt - Hareket yönünde sert itme yükü senaryosu altında tren geçici duvarlarının deformasyonunun izometrik görünümü [mm]; sağ alt - Hareket yönünde sert itme yükü senaryosu altında tren geçici duvarlarının asal gerilmesinin izometrik görünümü [MPa].

Sandviç yapılarda mantar malzemesinin ilginç bir özelliği, çoğu yükü taşıyan cilt panelleri için mükemmel destek rolüdür. Numunenin ortasındaki 4 noktalı eğilme testlerinde saf eğilme gerilimi durumu mevcuttur. Araştırmacılar, yapının genel mukavemetini belirlemeli ve kullanılan kalınlıklar ve yapışma filmi ile ilgili olarak belirli bir panel ve çekirdek malzeme kombinasyonundaki hasar mekanizmasını değerlendirmelidir. Şekil 3.8'de gösterildiği gibi, test sonuçları uygulanan yüklere karşı iyi mantar özellikleri göstermektedir. İlk köpük panel (üstte), çekirdeğin yerel olarak aşırı yüklenmesi nedeniyle yerel hasara uğramış, bu da çökmüş ve aşırı deri deformasyonuna izin vermiştir. Buna karşılık, ikinci köpük panel köpük ve kaplama arasındaki yapışma bölgesinde kesme kuvvetlerine maruz kalmıştır. Sonuçların çok daha derin bir değerlendirme gerektirdiği mantar söz konusu olduğunda, mantarın çeşitli kaplama malzemeleriyle iyi yapışma özelliklerine ve yerel hasarı önleyen kaplamaları desteklemek için iyi yeteneklere sahip olduğu söylenebilir. Çoğu durumda, tüm yapı geniş bir etki alanına sahiptir.

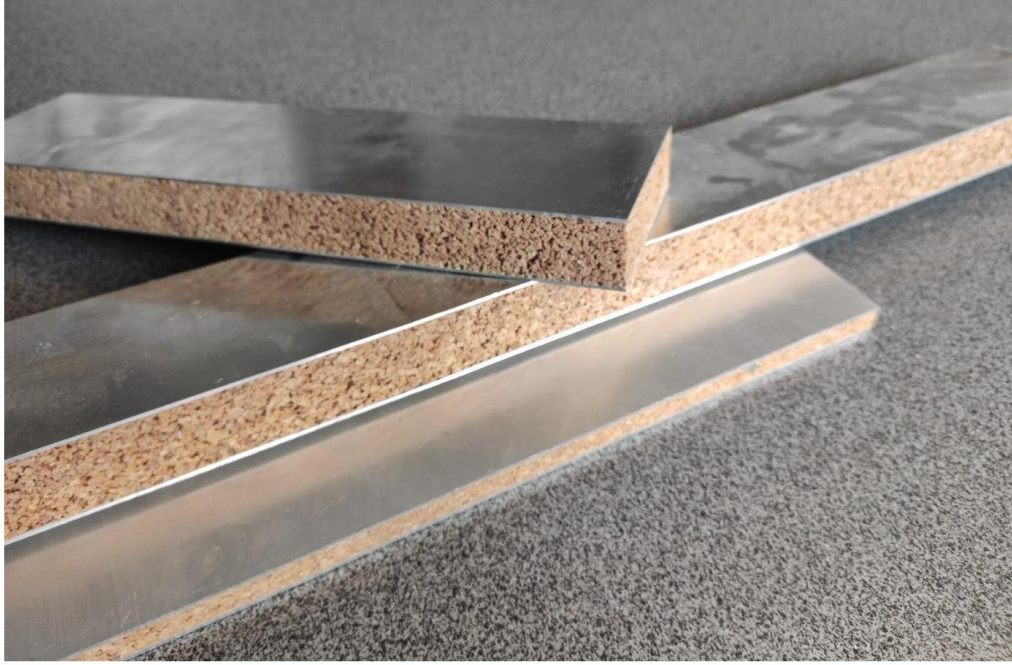


Şekil 3.8 Mantar ve sentetik çekirdek malzemeli sandviç paneller için hasar modu ve mekanizmalarının deney sonrası analizi.

Gösterilen kaplama panelleri örneği, gelişmiş mantar malzemesi kullanımının en ilginç, ekonomik ve yapısal olarak gerekçelendirilmiş durumlarından biridir. Alüminyum veya epoksi/polyester bazlı gibi yüksek mukavemet ve sertliğe sahip kaplama malzemelerinin küçük hacimlerde bir araya getirilmesi ile mantar, sandviç malzeme gibi yüksek hacimli çekirdek malzemelerin bir araya getirilmesi sağlanır. Bu, düşük karbon ayak izine sahip akıllı, hafif ve yüksek mukavemetli yapıların tasarlanmasına olanak tanır ve pazara hazırdır.

3.2.5 Otomotiv

Mantar, özellikle otomobillerde çeşitli contaların yapımında ve araç kabinlerinin iç kaplamasında kullanılır. Esnekliği, ısıya ve darbelere karşı direnci ve hoş dokunuşlu dokusu kullanılmaktadır [5], [36]. Ulaşım endüstrisi, yüksek mukavemet/ağırlık oranına sahip malzemelere yönelik artan bir talebe sahiptir[37]. Düşük yoğunluğu, yüksek mukavemeti, nemden ve sıcaklık değişimlerinden bağımsız olması nedeniyle mantar, sandviç yapılarda çekirdek malzeme olarak kullanılmaktadır. Çekirdek malzemenin mantar aglomerası olduğu ve ince çok katmanlı yüzlerin çelik, alüminyum alaşımları, polimerler veya çeşitli fiber kompozitler gibi oldukça sert malzemelerden yapıldığı sandviç olarak adlandırılır [3], [27], [38], [39]. Demiryolu endüstrisinde duvarlar ve zeminler için potansiyel kullanımı olan, endüstriyel koşullarda üretilen alüminyum-mantar sandviç kompozitler (Carbon Fox) üzerine yapılan araştırma. Şekil 3.9, yukarıda bahsedilen şirkette prepreglerden kompozit üretme teknolojisi kullanılarak yapılan bir ürün örneğini göstermektedir.

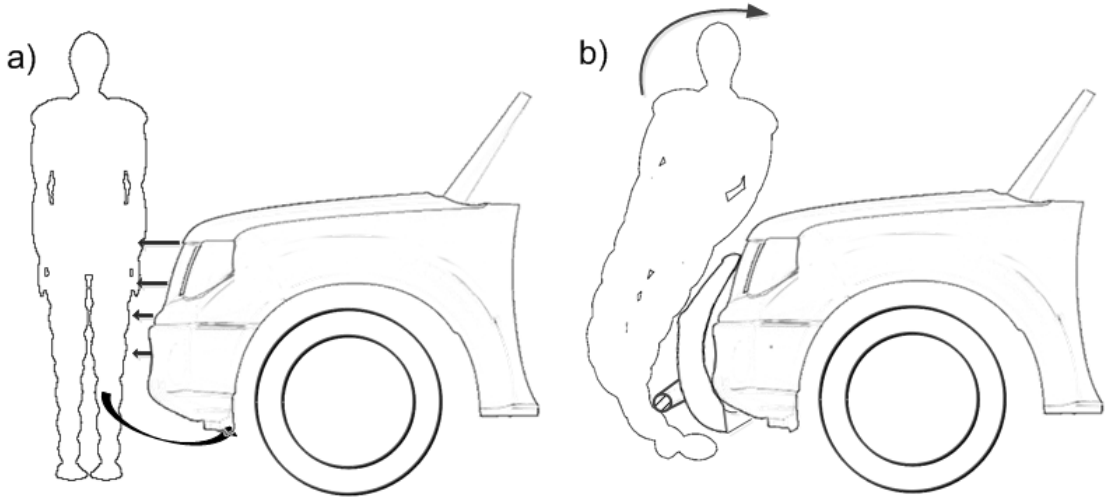


Şekil 3.9 Farklı kalınlıklarda alüminyum kaplama, mantar çekirdekli sandviç malzemenin detay görünümü.

Bir ralli aracının marşpiye paneli olan araç gövdesi elemanı, epoksi reçine matrisi içinde karbon ve aramid elyaflardan ve çekirdek mantar ara parçasından oluşmaktadır (P-413342 patent başvurusuna dayalı çözüm). Mantar ara parçası, gerekli ağırlığı, darbe mukavemetini, enerji emilimini ve hizmet ömrünü korurken ve üretim maliyetlerini düşürürken ürün sertliğini artırmak için kullanılmıştır. Mantarın uzay aracı endüstrisindeki benzersiz kullanımından bahsedilmelidir. Yalıtım malzemelerinin kalitesi roket motorlarında önemli bir rol oynar çünkü bileşenlerinin yapısı yüksek sıcaklıklara maruz kalır ve roketlerin fırlatılması ve Dünya'ya dönüşü sırasında gaz patlaması riski yaratır. Özellikleri nedeniyle mantar genellikle roket güvenliği için kritik olan nozul ve termal kalkanların elde edilmesinde kullanılır.

3.2.5.1 Örnek Olay İncelemesi

Bu bölümde okuyucuya, yazarların otomotiv sektöründe mantar-kompozit kullanımı yaklaşımını sundukları vaka çalışması tanıtılmaktadır. Araştırma, bir araçla kaza sırasında yaralanmaları azaltan bir ön koruma sistemi (FPS) geliştirerek ve uygulayarak savunmasız yol kullanıcılarının (VRU) güvenliğini artırmayı amaçlamıştır.



Şekil 3.10 Bir SUV ile çarpışmadan sonra yaya kinematığının şematik diyagramı: a) güvenli FPS olmadan; b) araca güvenli bir FPS takılı olarak - yazarın patentine dayanmaktadır [40].

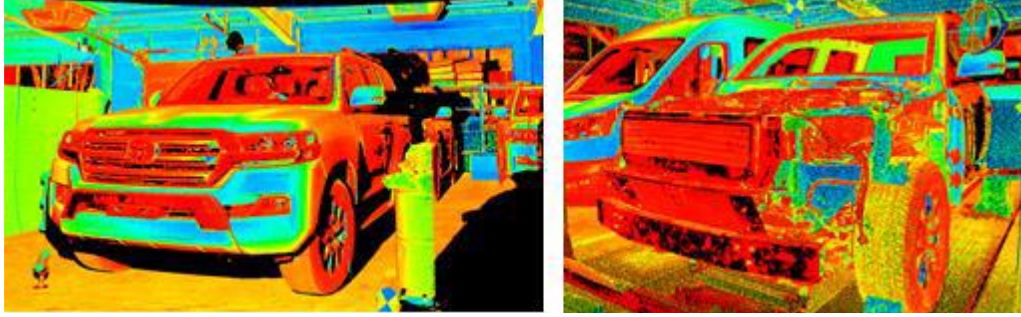
Avrupa'da SUV satın alma eğilimi ve bu araçların yaya ve bisikletlilerin karıştığı kazalara daha sık karışması nedeniyle (SUV'lar şehirlerde yaygın olarak kullanılmaktadır), yazarlar güvenli bir ön koruma sistemine ihtiyaç olduğunu tespit etmişlerdir (Şekil 3.10) [41]-[43]. Tasarlanan FPS, yayalara ve bisikletlilere bir araçla çarpıştıktan sonra sayısal testlerle desteklenen uygun kinematik sağlarken aynı zamanda uygun enerji emici malzemelerin, yani doğal malzemelerin (mantar) ve kompozitlerin (karbon fiber) kullanılmasıyla yaralanmaların azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Araştırmanın bir parçası olarak, çok değişkenli sayısal modeller ve fiziksel bir prototip oluşturulmuş ve test edilmiştir. Mantarın karbon fiberlerle kombinasyonunun bu şekilde uygulanması, yazarların FPS'de çelik ve alüminyum alaşımlarını ikame etmesine olanak sağlamıştır. Yeni FPS'nin geliştirilmesinin sadece VRU güvenliğini arttırmakla kalmayıp aynı zamanda aracın ön uç tasarımını da iyileştirdiği vurgulanmalıdır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Ön koruma sistemi için önerilen tasarım.

Bir sonraki aşama olarak, ön koruma sisteminin montaj elemanlarını tanımak için Leica P20 tarayıcı kullanılarak aracın ön kemeri çıkarılmış halde kapsamlı bir 3D taraması gerçekleştirilmiştir. Ölçümler iki tarayıcı konumundan alınmış ve Leica Cyclon yazılımında birleştirilmiştir [44]. Kayıt - yani tarama birleştirme prosedürü etkisi - Şekil 3.12'de gösterilmektedir (yansıma yoğunluğu işaretli olarak). Optik yöntemler söz konusu olduğunda elde edilen nokta bulutunun kalitesi, diğerlerinin yanı sıra, nesnenin

yüzeyinin yansıtıcılığına bağlıdır. Taranan yapısal elemanlar nispeten siyahtır, bu da gövde geometrisini temsil eden nokta bulutunda eksik noktalara neden olur. Bu özelliğin etkisi özellikle şeffaf pencereler veya farlar ile daha fazla ışık emen ön uç yapısı karşılaştırılırken görülebilir.



Şekil 3.12 Ön kemeri sökülmüş Toyota Land Cruiser aracının nokta bulutu (işaretli gölge yoğunluğu ile).

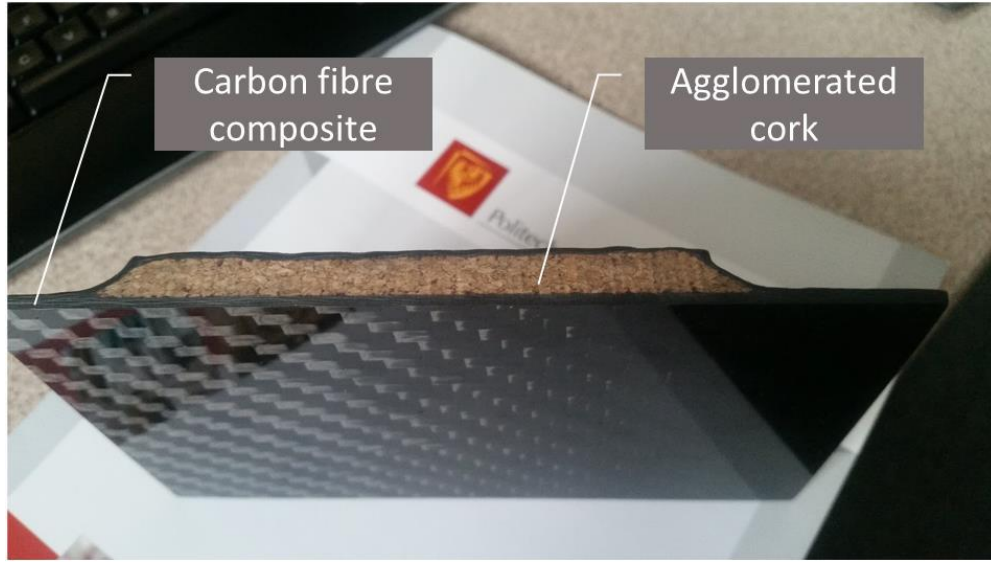
Ölçümlerin nihai sonucu, aracın ön uç geometrisini yeniden oluşturmak için temel teşkil eden tüm taramalardan elde edilen birleşik nokta bulutudur. Nokta bulutu birleştirildikten sonra elde edilen tarama toleransı yaklaşık 1 mm'dir. Taramadan elde edilen nokta bulutunun örnek bir görünümü Şekil 3.13'te gösterilmektedir. Bu, ön koruma sisteminin modellenmesi için tasarım temelidir. Diğer tasarım çalışmaları CATIA v5 yazılımında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.13 Toyota Land Cruiser FPS modelleri (solda) ve FPS render (sağda) ile nokta bulutu.

Doğal mantar, poliüretan ile aglomere mantar kompoziti ve Newtonyen olmayan sıvı ile doldurulmuş mantar gibi çeşitli mantar meşesi türleri test edilmiştir [45]. Çoklu darbeler sırasında (özellikle motosiklet sürücülerinde) kafa yaralanmalarının en aza indirilmesi nedeniyle, tutkalla bağlanmış farklı mantar türlerinin (mantar kompozitleri) düzenlenmesinin farklı konfigürasyonları da araştırılmıştır. Son olarak, deneysel testler sırasında doğrulanacak olan bir malzeme modeli (FEM) de geliştirilmiştir. FPS güvenlik özellikleri açısından, enerji emici FPS dolgusu için mantar malzemesinin kullanılması en makul seçim olmuştur. Bununla birlikte, iki tür takviye (mantar malzemesini kaplayan) düşünülmüştür: karbon ve cam elyaflar. Karbon, neredeyse tamamen kimyasal olarak grafit benzer yapılardan oluşur. Yüksek sıcaklıklara ve kimyasallara karşı yüksek direnç ve iyi termal ve elektrik iletkenliği ile karakterize edilirler. Buna ek olarak, karbon liflerinin avantajları arasında düşük yoğunluk, yüksek mukavemet ve titreşimleri sönümleme yeteneği bulunmaktadır.

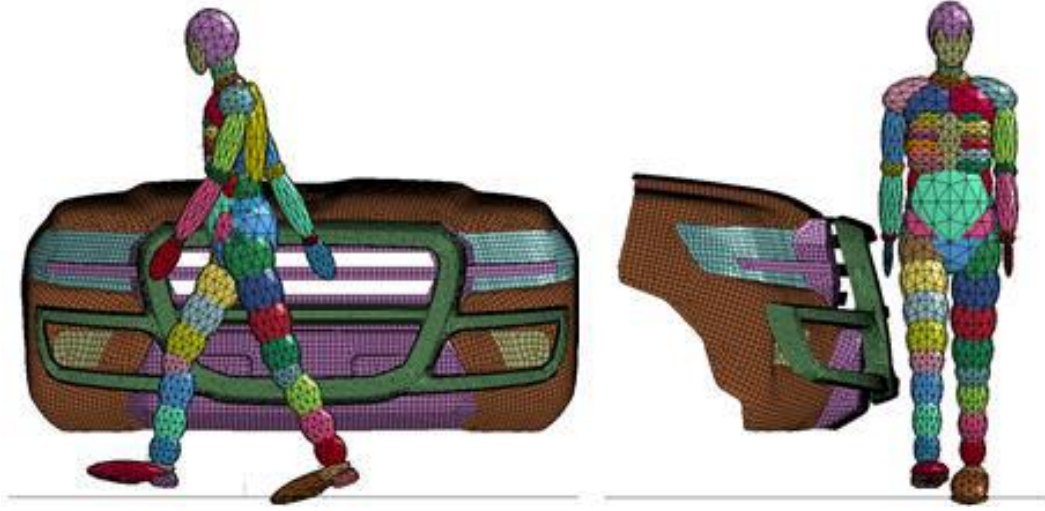
Ayrıca, otomotiv pazarı bağlamında önemli olan, karbon elyafın çekici bir görünüme sahip olmasıdır (Şekil 3.14). S-2 cam / SC-15 cam elyaf teknolojisi de dikkate alınmıştır [46]. Cam elyafların özellikleri saf cam malzemenin özelliklerinden farklıdır, çünkü yüksek gerilme mukavemeti ve esneklik ile karakterize edilirler, bu sayede yüksek bükülme açılarında kırılmazlar. Bununla birlikte, cam elyafli kompozitlerin özellikleri karbon elyafı güçlendirilmiş malzemelerden daha düşüktür. Bu nedenle, sonunda FPS prototipinde karbon elyaf kullanılmasına karar verildi. Karbon elyaf takviyeli polimerlerin (CFRP) dezavantajları arasında yüksek malzeme fiyatı ve cam elyaf takviyesine göre daha karmaşık bir üretim süreci bulunmaktadır [47].



Şekil 3.14 Çekirdek olarak aglomere mantar ve karbon fiber dimi örgüden oluşan ön koruma sisteminin enine kesiti.

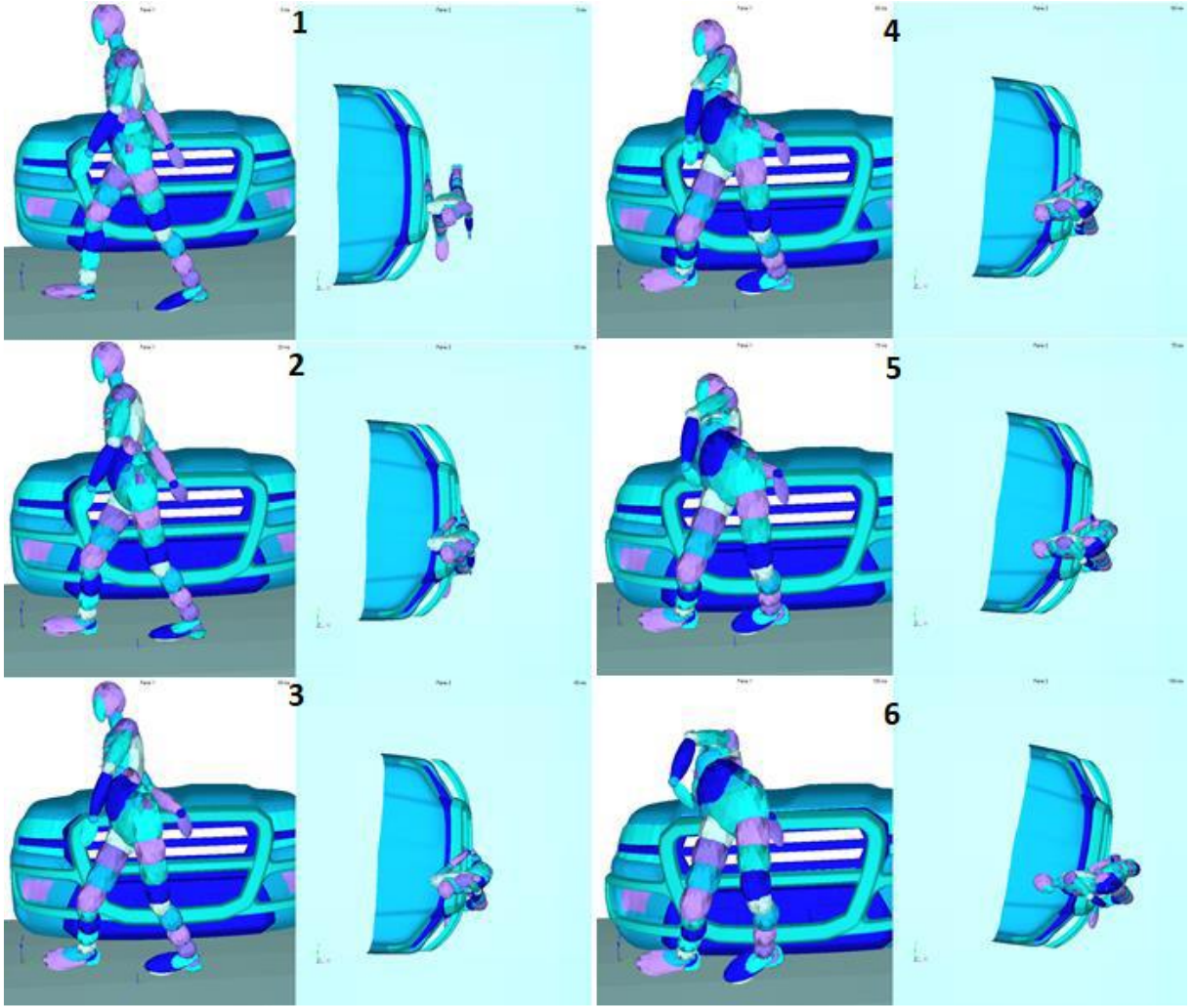
Pazar talebi sadece uygun güvenlik özelliklerine sahip bir ürün değil, aynı zamanda çekici bir tasarım da gerektirmektedir. Bu nedenle, yazarlar karbon fiber parçalar için en yaygın dokuma türü olan ve bazen 2x2 dokuma olarak da adlandırılan dimi dokuma yapısını seçmişlerdir [48]. Desen, diyagonal desenli bir dokuma kumaş oluşturmak için kesişen iki çözgü üzerinden geçer (Şekil 3.5).

FPS için talep edilen tip onayı testleri, yani çarpma tertibatlarına dayalı (EC) 78/2009 [49] Yönetmeliği, bir yaya ile araç çarpışmasının tüm kinematikliğini içermemektedir. Bu nedenle, yaklaşımımız kompozit ön koruma sistemi ile donatılmış bir araç tarafından çarpılan bir yayanın kinematik analizini içermektedir. MADYMO v7.5 kütüphanesinden elipsoidal bir yaya mankeni kullandık. Çok sayıda bağımsız kurum, bu mankenin yaya güvenliği testlerinde yaygın olarak kullanıldığını ve biyo-doğruluğunu onaylamıştır. Testlerin [50], [51] sonuçlarına dayanarak, kukla ile zemin arasındaki temas noktası 0,55 olarak tanımlanmıştır. Tüm simülasyon boyunca, kukla ivmelenme alanındaydı $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ Aracın ilk hızı, frenleme yavaşlaması uygulanmadan 40 km/sa'tir. Aracın ön ucunun kısıtlamasını tanımlayan sınır koşulları en kötü hesaplama durumu olarak kabul edilmiştir [52]. Vida-somun bağlantıları LS-DYNA kodunda mevcut olan giriş elemanları ve Düğüm Kümeleri kullanılarak eşleştirilmiştir. Tüm sayısal kurulum Şekil 3.15'te gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Monte edilmiş FPS ve MADYMO 50. persentil erkek kukla modeli ile aracın ön tarafının ayrı bir modeli.

Aşağıda sunulan simülasyonun seyri analiz edildiğinde, FPS ile donatılmamış araca kıyasla kuklanın kinematik ve biyomekanik parametrelerinde önemli bir iyileşme gözlemlenebilir (Şekil 3.16). Dizdeki en büyük sapmalar önemli ölçüde azaltılmıştır ve bu durum biyomekanik kriterlerin testleriyle doğrulanmıştır. Baş ve üst gövde atalet kuvveti altında belirli bir an için sabit kalır, ancak verilen dönüş başın aracın kaputuna yansıtılmasını mümkün kılar. Mankenin servikal omurlarında daha az sapma gözlemlenebilir, bu da ciddi yaralanma olasılığını azaltır [53]. Kukla kinematiğinin seyri, kafayı korumak için hava yastığı gibi ek bir gaz yastıklı kaldırma maskesi de dahil olmak üzere yaya güvenliğini artıran diğer sistemlerin kullanılmasını mümkün kılar. Yayaya verilen rotasyon da yayanın kısa sürede tüm vücudun maksimum ivmesini yaşamamasına neden olur. Buna ek olarak, baş ivmesi, diğerlerinin yanı sıra HIC (kritik değer 1000 - simülasyonda <100) gibi standart parametreleri aşmamaktadır [54], [55].



Şekil 3.16 40 km/s hızda LS-DYNA ve MADYMO yaya çarpmasının sayısal simülasyonu - 15 ms aralıklarla gösterilen ardışık 0-100 ms atışları.

FPS'nin yayaların korunmasını sağlamadaki etkinliğinin değerlendirilmesi, pozitif bir kinematik doğrulamayı içeriyordu. FPS'nin tasarım aşamasında yayanın çarpma sonrası yörüngesinin değerlendirilmesi yeterliydi. Çalışmanın bir sonraki aşamasında optimizasyon kriteri, FPS'nin [56]'da açıklandığı gibi Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 78/2009 sayılı Yönetmeliğinde (EC) bacak formu çarpma tertibatından ön koruma sistemi testine kadar belirlenen tip onayı gerekliliklerini karşılamasıydı.

Toyota Land Cruiser araç ve Ford Transit üzerine monte edilen FPS'nin nihai tasarımı aşağıda gösterilmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Toyota Land Cruiser (solda) ve Ford Transit (sağda) üzerine monte edilmiş mantar ve CFRP'den yapılmış ön koruma sistemi.

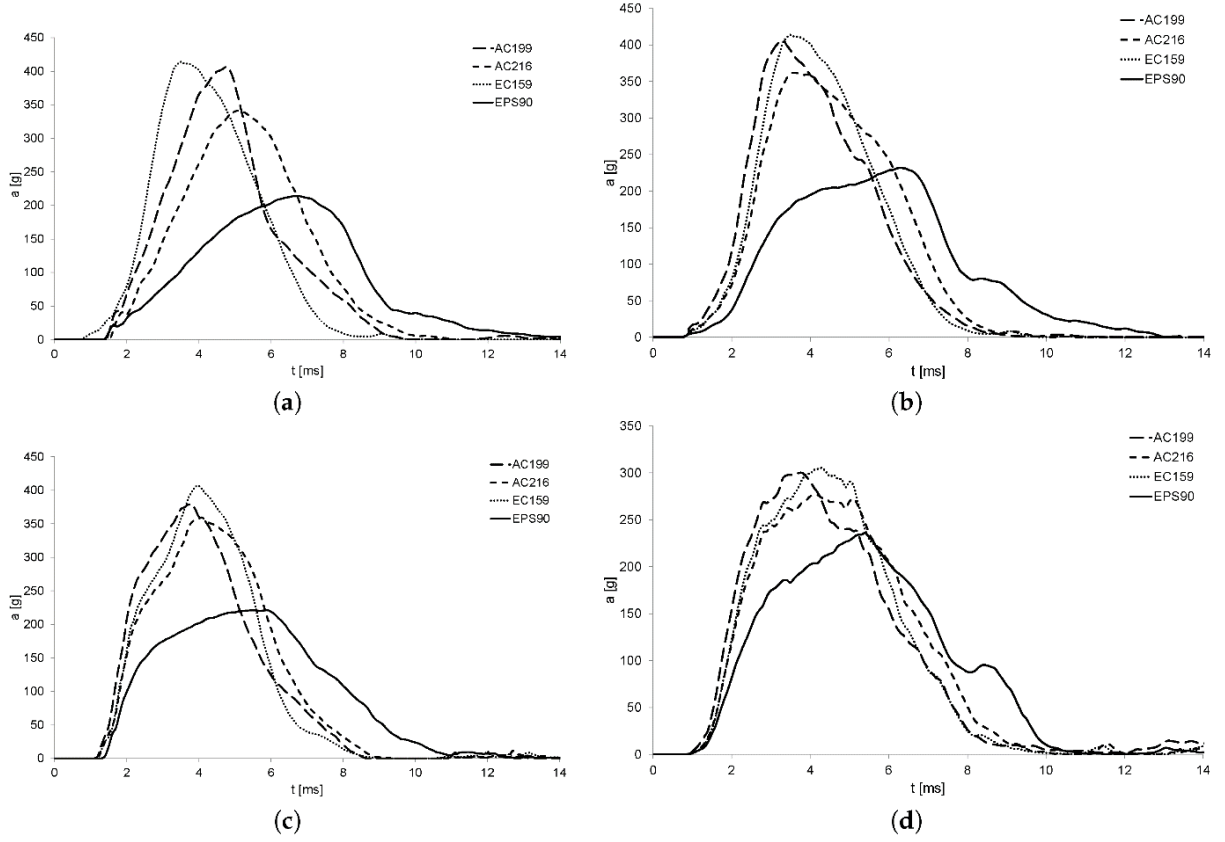
Yorumlar

Çalışma, doğal enerji tüketen malzemelere dayalı sistemler geliştirerek ve uygulayarak yayaların ve bisikletlilerin güvenliğini artırmayı amaçlamıştır. Bu vaka çalışmasında, bir mantar-mantar FPS tasarlanmış ve sayısal olarak test edilmiştir. Karbon fiber kompozit, düşük kütle yoğunluğu ve yüksek mukavemeti nedeniyle otomotiv endüstrisinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu sayede, karbon fiberden yapılmış FPS aracın ön elemanlarını etkili bir şekilde koruyabilir. Ayrıca, mantar çekirdekli enerji emici özellikleri, bir kaza sırasında bir yayanın maruz kaldığı yaralanmaları azaltabilir. Mantar malzemesi ve karbon fiberin birleştirilmesi, aracı ve yayayı koruyacak unsurlar için malzeme seçerken iyi bir çözümdür. Böylece, mantar ve karbon fiber kombinasyonunun hem aracı hem de yayayı koruyacak elemanlar için malzeme seçerken mükemmel bir çözüm olduğu kanıtlanmıştır - mantar mekanik enerjinin emilmesini sağlar, bu sayede insanların maruz kaldığı yaralanmalar nispeten küçüktür. Buna karşılık karbon fiber, mukavemet özellikleri nedeniyle aracın ön kısmını korur.

3.2.6 Enerji Emme Teknolojisi

Çevre dostu ve uygun maliyetli malzeme arayışındaki mevcut eğilimler, çeşitli araştırma grupları tarafından çok sayıda çalışmaya yol açmıştır [3], [57]-[65]. Şu anda, çoğu kişisel güvenlik ekipmanı, farklı pedler içinde farklı yoğunlukların kombinasyonu ile genişletilmiş polistiren (EPS) ve genişletilmiş polipropilen (EPP) gibi sentetik hücresel malzemelerden yapılmış, kalıcı deformasyon yoluyla darbe enerjisini emen enerji emici astarlar kullanılmaktadır. Basınçlı yükleme altında, hücresel malzemeler yoğunlaştırmaya kadar düşük gerilim seviyelerini neredeyse sabit tutarken büyük gerinim deformasyonuna uğrayabilir [66].

Fernandes ve arkadaşlarının [67] çalışmasında, Avrupa standardı R22.05 [68] tarafından onaylanmış, ticari olarak temin edilebilen, EPS tabanlı bir motosiklet kaskı referans olarak kullanılmıştır (Şekil 3.18). Amaç, kask doğrulama sonuçlarını doğrusal olarak EPS ve astar olarak aglomere mantar ile karşılaştırmaktı. Testler AC199, AC216 ve EC159 mantar aglomeraları ile gerçekleştirilmiştir (AC - aglomere mantar, EC - genişletilmiş mantar).



Şekil 3.18 Baş formunun COG'sinde ölçülen ivme - ECE 22.05 test koşulları: (a) Darbe noktası B. (b) Darbe noktası P. (c) Darbe noktası R. (d) Darbe noktası X [67]'den uyarlanmıştır.

Mantar aglomerasyonu AC216'nın önerilen diğer konfigürasyonlardan ayrıldığı dikkat çekmektedir. İncelenen ivme-zaman eğrileri için eğri karakteristiği daha geniştir ve daha düşük tepe ivmelerine sahiptir. Buna ek olarak, AC216 ikinci bir darbeye verilen tepki açısından en iyi malzemedir ve EPS90'dan bile daha iyidir. Dahası, AC216'nın darbe enerjisine dayanma kapasitesi daha yüksektir. Bu nedenle, bu analizde kullanılan kaskın AC216 için gerekenden daha yüksek bir kalınlıkta enerji emdiğine inanılmaktadır. Araştırmanın bir sonraki adımı astarın geometrisini değiştirmek olmuştur. Yazarlara göre en iyi durum, 30°'lik bir açıyla karakterize edilen dairesel bir düzende 15 mm'lik deliklere ve 45 mm'lik bir aralığa sahip 40 mm kalınlığında bir AC216 astar olmuştur. Bu, yapıdan 0,907 kg azaltılmasına yardımcı olmuştur. Araştırma, Portekizli bir kask şirketi olan CMS ile işbirliği yapılarak özetlenmiştir. Ürün, enerji emiliminden sorumlu bir mantar astar ile zenginleştirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Mantar tabanlı motosiklet kaskı konsepti (solda) ve mantar kabuk tasarımı bir kask (sağda) [69].

Portekizli Nexx şirketi, CMS'ye benzer kış disiplinleri için mantar bazlı bir kask geliştirdi. Enerji emici teknoloji, iç yastıklamanın bir parçası olarak kullanılır. Kabuk, darbeye dayanıklı gelişmiş termo-reçine kabuk, pelüş ter önleyici, anti-alerji iç astar (çıkartılabilir) ve PC Lexan vizör ile oluşturulmuştur. Ayrıca üretici bir mantar kabuk tasarımı da sunmaktadır [69].

3.3. Sonuçlar

Mantar, sinerjik olarak güçlendirici özelliklerin benzersiz bir kombinasyonuna sahip olağanüstü bir doğal hammaddedir. Tipik şişe tıplarından motorlar ve roket tankları için sofistike ısı yalıtım kalkanlarına kadar çeşitli uygulamalar için uygundur. Modülün amacı, mantar malzemesinin çeşitli özelliklerinin mantar üretimi sektörünü nasıl oluşturduğunu ve yönlendirdiğini teknik olarak güvenilir bir şekilde sunmaktır. Modülde, mantar malzemesinin belirli uygulamalarına yol açan mantar özelliklerinin karakteristik kombinasyonu hakkında bilgi sunulmuştur. Mantar malzemesinin diğer malzemelere göre karakterizasyonu ve avantaj/dezavantajlarının vurgulanmasıyla başlayan bölümde okuyucu, mantar malzemesinin gerçek dünya gerekliliklerine uygun olarak doğru şekilde uygulanması ve özellikle bir SUV için mantar bazlı orijinal bir ön koruma sistemi olan bir vaka çalışması hakkında bilgi sahibi olacaktır. Mantar çekirdekli enerji emici özellikler, bir kaza sırasında bir yayanın maruz kaldığı yaralanmaları azaltabilir. Bu bölümde okuyucuya mantarı benzersiz ve istisnai bir malzeme yapan bir dizi özelliği tanıttık. Ayrıca, sunulan uygulama için malzeme seçim sürecinde mantarın neden doğru seçim olduğuna dair örneklere dayalı bir açıklamaya dönüştürüldü.

Mantar, sinerjik olarak güçlendirici özelliklerin benzersiz bir kombinasyonuna sahip olağanüstü bir doğal hammaddedir. Tipik şişe tıplarından motorlar ve roket tankları için sofistike ısı yalıtım kalkanlarına kadar çeşitli uygulamalar için uygundur. Modern malzeme mühendisliğindeki bilgi birikimi, mantar ve kompozitlerinin uygulama alanının sürekli genişlemesini sağlamakta ve yenilikçi mantar uygulamaları üzerine araştırmalar da devam etmektedir. Mantar, doğanın değerli bir armağanıdır ve saygıyla ele alınmalı ve mümkün olduğunca yaygın, sürdürülebilir ve ekolojik olarak kullanılmalıdır.

Kaynakça

- [1] Urbaniak, M., Gołuch-Goreczna, R., Bledzki, A.K., Gajdzinski, S.. Natural cork. Part I. Cork oak tree culture, macro-and micromorphology of cork. *Polimery*, 62(05):388-393.
- [2]Pereira, H. (2007). *Cork: Biology, Production and Uses*.
- [3]Urbaniak, M., Goluch-Goreczna, R., Bledzki, A.K., Gajdzinski, S. (2017). Natural cork. Part II. Properties and applications. *Polimery*, 62(06):472-480.
- [4]Silva, S.P., Sabino, M.A., Fernandes, E.M., Correlo, V.M., Boesel, L.F., Reis, R.L. (2005). Cork: properties, capabilities and applications. *International Materials Reviews*, 50(6):345–365.
- [5]Sanchez-Saez, S., García-Castillo, S.K., Barbero, E., Cirne, J. (2015). Dynamic crushing behaviour of agglomerated cork. *Materials & Design (1980-2015)*, 65:743–748.
- [6] Mano, J.F. (2002). The viscoelastic properties of cork. *Journal of Materials Science*, 37(2):257–263.
- [7]Vaz, M. F., Fortes, M. A. (1998). Friction properties of cork. *Journal of Materials Science*, 33: 2087- 2093.
- [8]Gil, L. (2015). New Cork-Based Materials and Applications. *Materials*, 8(2):625–637.
- [9] Biggs, A.R. (1988). Association of Suberin Formation in Uninoculated Wounds with Susceptibility to *Leucostoma cincta* and *L. personii* in Various Peach Cultivars. *Phytopathology*, 78(8):1070-1074.
- [10]Kolattukudy, P.E. (1984). Biochemistry and function of cutin and suberin. *Canadian Journal of Botany*, 62(12):2918–2933.
- [11]Thomas, R., Fang, X., Ranathunge, K., Anderson, T.R., Peterson, C.A., Bernards, M.A. (2007). Soybean Root Suberin: Anatomical Distribution, Chemical Composition, and Relationship to Partial Resistance to *Phytophthora sojae*. *Plant Physiol*, 144(1):299–311.
- [12]Schreiber, L., Werner Breiner, H., Riederer, M., Düggelin, M., Guggenheim, R. (1994). The Casparian Strip of *Clivia miniata* Reg. Roots: Isolation, Fine Structure and Chemical Nature*. *Botanica Acta*, 107(5):353–361.
- [13]Tendero, C., Tixier, C., Tristant, P., Desmaison, J., Leprince, P. (2006). Atmospheric pressure plasmas: A review. *Spectrochim Acta Part B At Spectrosc*, 61(1):2–30.
- [14] Abenojar, J., Torregrosa-Coque, R., Martínez, M.A., Martín-Martínez, J.M. (2009). Surface modifications of polycarbonate (PC) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS) copolymer by treatment with atmospheric plasma. *Surf Coat Technol*, 203(16):2173–2180.
- [15]Encinas, N., Díaz-Benito, B., Abenojar, J., Martínez, M.A. (2010). Extreme durability of wettability changes on polyolefin surfaces by atmospheric pressure plasma torch. *Surf Coat Technol*, 205(2):396–402.

- [16]van Ooij et al., W.J. (2005). Corrosion protection properties of organofunctional silanes — An overview. *Tsinghua Sci Technol*, 10(6):639–664.
- [17]Rosa M.E., Pereira, H. (1994). The Effect of Long Term Treatment at 100°C–150°C on Structure, Chemical Composition and Compression Behaviour of Cork. *hfsg*, 48(3):226–232.
- [18]Gibson, L.J., Easterling, K.E., Ashby, M.F.A. (1981). STRUCTURE AND MECHANICS OF CORK. *Proc R Soc Lond A Math Phys Sci*, 377(1769).
- [19] Fortes, M.A., Teresa Nogueira, M. (1989). The poison effect in cork. *Materials Science and Engineering: A*, 122(2):227–232.
- [20]Gil, L. (2014). Cork: a strategic material. *Front Chem*, 2.
- [21]Fiskars Garden Shears. Available: <http://lumberjac.com/2012/10/fiskars-quantum-garden-shears/>
- [22]Vitra Cork Stool (2014) . Available: <https://www.vitra.com/en-us/about-vitra/sustainability/materials/cork>
- [23]Cork Chop Grips. Available: <https://ridepdw.com/collections/grips-and-bells/products/cork-chop-grips?variant=24672749313>
- [24]Icork case. Available: http://www.pomm.pt/_icorkcase#
- [25]Sargianis, J., Kim, H., Suhr, J. (2012). Natural Cork Agglomerate Employed as an Environmentally Friendly Solution for Quiet Sandwich Composites. *Sci Rep*, 2(1):403
- [26]Pereira, H., Ferreira, E. (1989). Scanning electron microscopy observations of insulation cork agglomerates. *Materials Science and Engineering: A*, 111:217–225.
- [27]Baptista A.P.M., do Carmo Vaz, M. (1993). Comparative wear testing of flooring materials. *Wear*, 162–164:990–995.
- [28]Pereira, H. (1992). The thermochemical degradation of cork. *Wood Sci Technol*, 26(4):259-269.
- [29]Rosa M.E., Fortes, M.A. (1988). Temperature-induced alterations of the structure and mechanical properties of cork. *Materials Science and Engineering*, 100:69–78.
- [30]Kłusak M., Grygny, S. (2017). The Application of Composite With Cork Core For Cabs and Superstructures of Firefighting Vehicles. *Modelowanie Inżynierskie*, G3:9.
- [31]ECE-R 118 Regulations.
- [32]PN-EN ISO 2818-Tworzywa sztuczne Przygotowanie próbek do badań metodą obróbki mechanicznej.
- [33]PN-EN ISO 20753-Tworzywa sztuczne Kształtki do badań.
- [34]PN-EN ISO 527-4-Tworzywa sztuczne Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu Warunki badań kompozytów tworzywowych izotropowych i ortotropowych

wzmocnionych włóknami.

[35]PN-EN ISO 14125- Kompozyty tworzywowe wzmacnione włóknem oznaczanie właściwości przy zginaniu.

[36]Farag, M.M. (2008). Quantitative methods of materials substitution: Application to automotive components. *Mater Des*, 29(2):374–380.

[37]Zenkert, D. (1997). *The Handbook of Sandwich Construction*. Sheffield: EMAS Publishing.

[38]Castro, O., Silva, J.M., Devezas, T., Silva, A., Gil, L. (2010). Cork agglomerates as an ideal core material in lightweight structures. *Mater Des*, 31(1):425–432.

[39]Santos Silva, J., Dias Rodrigues, J., Moreira, R.A.S., Application of Cork Compounds in Sandwich Structures for Vibration Damping. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 12(4):495–515.

[40]Ptak, M., Rusiński, E., Karliński, J. (2012). Frontal Protection System for pedestrian safety. Patent 399762 PL, Wrocław, Poland.

[41]Ptak, M., Fernandes, F.A.O., Dymek, M., Welter, C., Brodziński, K., Chybowski, L. (2022). Analysis of electric scooter user kinematics after a crash against SUV. *PLoS One*, 17(1):e0262682.

[42]Wilhelm J., Ptak, M. (2018). Influences of SUV front-ends on accidents with two-person bicycles. *Interdyscyplinarność badań naukowych [Dokument elektroniczny] : praca zbiorowa / pod red. Jarosława Szreka*. Wrocław : Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1:128–133. Available: http://ko-oper.pwr.wroc.pl/files/Interdyscyplinarnosc_badan_naukowych_2018_JS.pdf

[43] Ptak, M., Rusiński, E., Karliński, J., Dragan, S. (2012). Evaluation of kinematics of SUV to pedestrian impact—Lower leg impactor and dummy approach. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12(1):68–73.

[44]James, D.W., Belblidia, F., Eckermann, J.E., Sienz, J. (2017). An innovative photogrammetry color segmentation based technique as an alternative approach to 3D scanning for reverse engineering design. *Comput Aided Des Appl*, 14(1):1–16.

[45]Gürgen, S., Fernandes, F.A.O., de Sousa, R.J.A., Kuşhan, M.C. (2021). Development of Eco-friendly Shock-absorbing Cork Composites Enhanced by a Non-Newtonian Fluid. *Applied Composite Materials*. 1–15.

[46]Ptak, M., Blicharski, P., Rusiński, E., Karliński, J. (2017). Numerical Simulations of Composite Frontal Protection System According to EC 78/2009. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Part F10:423–429

[47]Iluk, A., Rusiński, E., Ptak, M. (2012). Wstępna analiza przebiecia ceramiczno-kompozytowych osłon balistycznych. *Systems : journal of transdisciplinary systems science*, 16(1):219–226, 2012, Available: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPW8-0024->

- [48] Liu, Q., Ma, J., He, Z., Hu, Z., Hui, D. (2017). Energy absorption of bio-inspired multi-cell CFRP and aluminum square tubes. *Compos B Eng*, 121:134–144
- [49] European Parliament and Council, Regulation (EC) no 78/2009 (2009) of The European Parliament and of the Council.
- [50] Stevenson, T. (2006). Simulation of Vehicle-Pedestrian Interaction. Doctoral thesis, University of Canterbury.
- [51] Fricke, L.B. (1990). Traffic Accident Reconstruction. *Traffic Accident Investigation*, (2).
- [52] Ptak M., Karliński, J. (2012). Pedestrian passive safety during the SUV impact: regulations vs. reality. IRCOBI Conference Dublin, Ireland. 103–113.
- [53] Ptak, M. (2019). Pedestrian safety: a new method to assess pedestrian kinematics. *Transport*, 34(1):41–51.
- [54] Chybowski, L., Przetakiewicz, W. (2020). Estimation of the Probability of Head Injury at a Given Abbreviated Injury Scale Level by Means of a Function of Head Injury Criterion. *System Safety: Human- Technical Facility - Environment*, 2(1):91–99.
- [55] Jamroziak et al., K. (2019). Ballistic Head Protection in the Light of Injury Criteria in the Case of the Wz.93 Combat Helmet. *Applied Sciences*, 9(13):2702.
- [56] Ptak, M. (2019). Method to Assess and Enhance Vulnerable Road User Safety during Impact Loading. *Applied Sciences*, 9(5):1000.
- [57] Blanco, D.H., Cernicchi, A., Galvanetto, U. (2014). Design of an innovative optimized motorcycle helmet. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part P Journal of Sports Engineering and Technology*, 228(2):95-110.
- [58] Caserta, G.D., Iannucci, L., Galvanetto, U. (2011). Shock absorption performance of a motorbike helmet with honeycomb reinforced liner. *Compos Struct*, 93(11).
- [59] Coelho, R.M., Alves de Sousa, R.J., Fernandes, F.A.O., Teixeira-Dias, F. (2013). New composite liners for energy absorption purposes. *Mater Des*, 43:384–392.
- [60] Fernandes, F.A.O., Jardim, R.T., Pereira, A.B., Alves de Sousa, R.J. (2015). Comparing the mechanical performance of synthetic and natural cellular materials. *Mater Des*, 82:335-341.
- [61] Fernandes, F.A.O., Tavares, J.P., Alves de Sousa, R.J., Pereira, A.B., Esteves, J.L. (2017). Manufacturing and testing composites based on natural materials. *Procedia Manufacturing*, 13:227-234.
- [62] Ptak, M., Kaczynski, P., Fernandes, F.A.O., de Sousa, R.J.A. (2017). Assessing impact velocity and temperature effects on crashworthiness properties of cork material. *International Journal of Impact*

Engineering, 106.

[63]Ptak et al., M. (2019). Graphene-enriched agglomerated cork material and its behaviour under quasi-static and dynamic loading. *Materials*, 12(1).

[64]Santos, P.T., Pinto, S., Marques, P.A.A.P., Pereira, A.B., Alves de Sousa, R.J. (2017). Agglomerated cork: A way to tailor its mechanical properties. *Compos Struct*, 178.

[65]Shuaeib, F.M., Hamouda, A.M.S., Wong, S.V., Umar, R.S.R., Ahmed, M.M.H.M. (2007). A new motorcycle helmet liner material: The finite element simulation and design of experiment optimization. *Mater Des*, 28(1):182–195.

[66]Gibson, L.J., Ashby, M.F. (1989). *Cellular Solids: Structure & Properties*. *Advances in Polymer Technology*, 9(2).

[67]Fernandes, F.A.O., de Sousa, R.J.A., Ptak, M., Migueis, G. (2019). Helmet design based on the optimization of biocomposite energy-absorbing liners under multi-impact loading. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(4).

[68]ECE Regulations 22.05 (2002). Uniform Provision Concerning the Approval of Protective Helmets and Their Visors for Driver and Passengers of Motor Cycles and Mopeds. United Nations. Available: www.unece.org

[69]Cork motorcycle helmet (2015). Available: <http://lumberjac.com/2015/02/nexx-x60-cork-motorcycle-helmet/>

BÖLÜM 4

Havacılıkta Mantar Bazlı Kompozitlerin Üretimi ve Uygulanması

Bronius Merkys¹, Dr. Justas Nugaras², Dr. Mykola Karpenko³, Andrius Dubovas¹

¹Antanas Gustaitis Havacılık Enstitüsü, Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi, Vilnius, Litvanya

²Yaratıcı Endüstriler Fakültesi, Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi, Vilnius, Litvanya

³Ulaştırma Mühendisliği Fakültesi, Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi, Vilnius, Litvanya

*Yazışma: justas.nugaras@vilniustech.lt

Özet

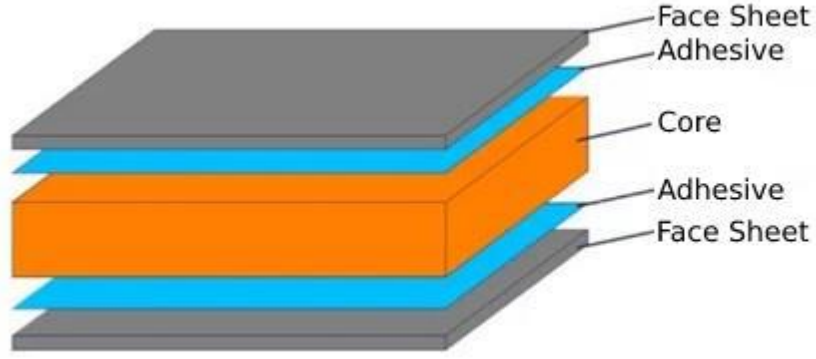
Doğal mantar bazlı kompozitlerin havacılıkta kullanımının belirlenmesi ve yapısal elemanlarda rasyonel bir şekilde uygulanması için mantar bazlı kompozitlerin en önemli olumlu ve olumsuz özelliklerinin incelenmesi hayati önem taşımaktadır. Bu araştırma, mantar malzemesi üretim süreçlerine ve mantar bazlı sandviç yapı kompozitlerinin havacılıktaki uygulama alanlarına daha geniş bir yaklaşım sunmaktadır. Contalar ve diğer sızdırmazlık malzemeleri için mantar kompozit uygulamaları bu bölümde sunulmuştur. Malzemenin özellikleri hakkında daha fazla bilgi edinmek için iki ana test yaklaşımı uygulanmıştır: titreşim ve bükme. Gerçekleştirilen titreşim testinin sonuçları, lamine kompozit yapılarda polimetakrilimid köpüğün yenilenebilir mantar bazlı bir malzeme ile değiştirilmesi olasılığını ortaya koymaktadır. Test, modal analiz kullanılarak gerçekleştirilmiş ve böylece malzemenin titreşim sönümlenme özellikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen eğilme testi sonuçlarından da görülebileceği gibi, en yüksek mukavemet oranına sahip malzeme en büyük mantar bazlı granüllerden oluşmuştur. Dayanma kuvveti, polimetakrilimid köpük dolgulu kompozit malzemedan üç kat daha yüksekti. Mantar gibi yenilenebilir malzemelerin sandviç yapı kompozitlere entegre edilmesi, havacılık endüstrisinde daha yüksek düzeyde sürdürülebilirliğin uygulanmasına ve aranmasına olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: mantar, sandviç yapı kompozitler, sızdırmazlık malzemeleri, titreşim ve eğilme testi.

4.1 Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozitlere Genel Bir Bakış

4.1.1 Sandviç Yapılı Kompozitlerin Tanımı ve Türleri

Farklı malzemelerin birkaç katmanının bir araya getirilmesiyle oluşturulan sandviç yapı kompozitler, hafif ve rijit yapıların gerekli olduğu havacılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. İki yüz tabakasının çekirdeğe tutturulduğu sandviç yapı kompozitler, havacılıkta en yaygın şekilde kullanılmaktadır [2] (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Sandviç yapıları bir kompozit [3].

Böyle bir yapı, düşük bir kütleyi korurken yüksek sertlik özelliklerine izin verir.

Sandviç yapıları kompozitler, aralarında yüz tabakalarının tahsis edildiği iki veya daha fazla çekirdek tabakaya sahip çoklu tabakalardan imal edilebilir [4]. Örneğin, inşaatlarda kullanılan sandviç çok katmanlı paneller iki yüz tabakasından oluşur (Şekil 4.2). Bu tabakalar, ek bir tabaka ile ayrılmış çift çekirdekli bir tabaka ile ayrılır.



Şekil 4.2 Üç metal teneke plakadan imal edilmiş çok katmanlı bir yapı paneli [5]. İki çekirdek katman, teneke katmanlar arasında sandviçlenmiştir.

Mantar bazlı bir çekirdeğe ve kompozit malzemelere, ahşap veya metal katmanlara sahip bu tür çok katmanlı yapılar, ekolojik ve iyi ses yalıtım özelliklerine sahip dekoratif paneller olarak kullanılabilir. Çok katmanlı bir yapı, bir dereceye kadar sandviç yapıdan farklı olsa da, üretim ve uygulama özellikleri aynıdır. Bu nedenle, eğer gerekirse, bu makale çok katmanlı yapıların teknolojik veya yapısal farklılıklarına dikkat çekerek sadece sandviç yapıları kompozitlere odaklanacaktır.

4.1.2 Havacılıkta En Önemli Mantar Bazlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Özellikleri, Avantajları ve Dezavantajları

Havacılıkta kullanılan doğal mantar bazlı kompozitleri ve en rasyonel şekilde kullanılan yapısal elemanları tanımlamak için, bu kompozitlerin en önemli olumlu ve olumsuz özelliklerini incelemek hayati önem taşımaktadır.

Doğal mantar bazlı kompozitlerin avantajları:

- A. Bu kompozitin en önemli avantajı çevre dostu olması ve kolayca geri dönüştürülebilir olmasıdır [6]. Özellikle günümüzde, çevreyi kirletmeden kullanılacak makine malzemelerine daha fazla dikkat çekildiğinden, hatta geri dönüştürülebilmeleri veya yeniden kullanılabilirmeleri daha da iyi olduğundan, bu derin bir niteliktir. Bu, havacılıkla ilgili çok güçlü bir özelliktir çünkü bu alanda kullanılan kompozit malzemelerin çoğunun bertaraf edilmesi veya yeniden kullanım için geri dönüştürülmesi karmaşıktır.
- B. İlgili yumuşaklık ve esneklik nedeniyle, mantar bazlı sandviç yapıları iyi gürültü ve titreşim önümüleme özelliklerine sahiptir [7].
- C. Mantar bazlı sandviç yapıları malzemelerin organik doğasına rağmen, yüksek düzeyde yangın direnci de kayda değer bir başka özelliktir [8]. Bu da onları uçak ve planör kokpitlerinin/kabinlerinin iç kaplaması için uygun hale getirmektedir.
- D. Mantar bazlı kompozitler estetik özelliklere sahiptir - dokunması hoştur. Bu özellik, iç cephe kaplaması olarak uygulanırken göz önünde bulundurulur [9]. Ayrıca, bu malzemeler modern teknolojiler kullanılarak (örneğin lazer kazıma) üzerlerine çeşitli desenler aktararak dekore edilebilir.



Şekil 4.3 Lazerle süslenmiş mantar tabanlı paneller [10].

Lazer kesim tekniği uygulanırken, mantar bazlı kompozit paneller desenlerle kesilebilir. Bu tür kesilmiş elemanlar uçak kokpiti/kabin içi dekorasyonu için kullanılabilir (Şekil 4.3 ve 4.4).



Şekil 4.4 Mantar bazlı kompozit paneller üzerinden lazer kesimi [11], [12].

- E. Bu kompozitler neme dayanıklıdır ve su emmez.
- F. Mantar bazlı kompozitler iyi ısı yalıtım özelliklerine sahiptir [13].
- G. Mantar bazlı kompozitler, genel makine imalat sürecinde geleneksel makine yöntemleriyle iyi bir şekilde işlenir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Parmak freze çakısı ile mantar frezeleme [14].

Mantar bazlı kompozit malzemelerin dezavantajları:

- A. Diğer birçok doğal malzeme gibi mantar bazlı kompozitler de hassas mekanik özelliklere sahiptir. Bu özellikler mantar meşesinin türüne, yetiştirme koşullarına, iklime ve hatta kabuğun hasat edildiği yere bağlıdır. Mantar meşesi kabuğunun dış kısmı kırılgan ve odunsu olup yüksek yoğunluk ile karakterize edilir. Kabuğun yoğunluğu gövdeye yaklaştıkça azalır ve esneklik kazanır. Bu nedenle, kabuk

yoğunluğu 60 kg/m^3 ile 250 kg/m^3 arasında değişir - kabuğun elastikiyeti ve sertliği buna göre değişir [15].

Mekanik mukavemetin kararlılığı, statik mukavemet, yorulma mukavemeti ve istikrarlı teknolojik özellikler sağlamak için temel bir koşul olduğundan, bu malzemelerin havacılık yapılarında uygulanması için zorlu bir engeldir. Bu engel, mantar kabuğunun küçük granüller halinde öğütülmesi ve karıştırılmasıyla aşılabılır.

B. Mantar bazlı kompozit malzemelerin organik yapısı, küf ve diğer mantar hasarlarına karşı düşük dirençlerini belirler [16]. Böceklerin beslenmesi ve çoğalması için bir ortam olma riski vardır.

C. Havacılıkta birçok türde çözücü, temizleyici ve diğer kimyasallar kullanılmaktadır. Bunların mantar bazlı kompozit malzemeler üzerindeki etkileri henüz yeterince incelenmemiştir.

4.1.3 Mantar Bazlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Havacılık Alanındaki Uygulama Alanları

Doğal mantar bazlı kompozit malzemelerin tanımlanan avantaj ve dezavantajlarının ardından, sandviç yapılı veya çok katmanlı kompozitler kullanılarak hangi uçak yapısal elemanlarının üretilebileceğini tahmin etmek mümkündür.

Küçük aerodinamik ve büyük atalet yükleri ultralight, hafif, planör kanat uçlarını, kaplamaları ve alt takım tekerlek yuvalarını etkiler [17]. Bu yapısal elemanlar, bu hava taşıtlarının mukavemeti veya döngüsel yorulma özellikleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip değildir. Genellikle çok katmanlı veya sandviç yapıdadırlar.



Şekil 4.6 Planör kanadının dört kanatçık tipine sahip kısmı [18].

Bu tür yapı elemanlarını tasarlarken, petek veya köpük dolguların mantar bazlı malzemelerle değiştirilip değiştirilemeyeceğini analiz etmek yeterlidir. Muhtemelen, bu malzemelerin uygulanmasının yapının kütlesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmayacaktır. Ancak, bu yapısal unsurlar artık kullanım için yeterli olmadığı ve bertaraf edilmeleri gerektiğinde kirliliği önemli ölçüde azaltacaktır. Örneğin, kolayca çıkarılabilen ve değiştirilebilen planör kanat uçları (wingletler) açık alanlara iniş yaparken planörlere sıklıkla zarar verir. Buna ek olarak, piyasa çeşitli uçuş koşullarına özel olarak uyarlanmış çeşitli kanatçıklar sunmaktadır [19]. Bu nedenle, planörler birkaç tip kanatçık

kullanmakta (Şekil 4.6) veya ihlal durumunda bunları değiştirmek zorunda kalmaktadır. Bu tür unsurların çevre dostu bir şekilde kullanılması karmaşıktır. Mantar bazlı malzemelerin uygulanması bu soruna kısmi bir çözüm önerecektir.

Mantar bazlı dolgu maddesi, model uçak veya küçük İHA'ların üretimi için iyi bir malzemedir. Hafif yüklerden etkilenirler ve iyi esneklik özellikleri, bu tür uçakların yere indiklerinde tipik olarak hasar görmelerini önleyebilir.



Şekil 4.7. Bir motorlu planör [20]. Gövdesinin üst kısmında açık bir motor bölmesi görülürken, gövdenin alt kısmında bir yürüyen aksam tekerlek yuvası gözlemlenebilir. Bu yapısal elemanlar mantar bazlı sandviç yapılı kompozitler kullanılarak üretilebilir.

İki katmanlı alüminyum alaşımlı levhalardan sandviç yapılı alt şasi tekerlek yuvaları veya geri çekilmiş motor bölmesi kapıları üretmek ve aralarındaki boşluğu mantar bazlı malzeme ile doldurmak yeterli olacaktır (Şekil 4.7). Böylece hafif ve güçlü bir yapı elde edilebilir ve tüm bileşenler (alüminyum levhalar ve mantar bazlı malzemeler) geri dönüştürülebilir.

Bölmeler genellikle business sınıfı uçakların gövdelerinin içine monte edilir, yolcu kabinini kokpitten ayırır ve izole edilmiş alanlar için bir ayırım sağlar. Bu tür perdeler genellikle ahşap ile dekore edilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Business sınıfı bir uçağın gövdesi [21]. Uçağın arka kısmında ahşapla süslenmiş bir bölme görülebilir. Sağ tarafta, sandalyelerin arasına katlanır bir masa yerleştirilmiştir.

Bu tür perdeler hafif, yangına dayanıklı, gürültü azaltıcı ve ısı yalıtımı özelliklerine sahip olmalıdır. Bu perdelerin, iç dolgunun mantar bazlı malzemeden imal edildiği ahşap sandviç paneller kullanılarak üretilmesi yeterlidir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Sandviç yapılı bir panel mantar malzeme ile doldurulur ve ahşap katmanlar her iki dış tarafa yapıştırılır [22].

Perdelerin dışı metal veya plastik levhalarla kaplanabilir. Ahşap katman sadece bir tarafa uygulanabilir. Böylece perde, kabin iç tasarımına ve ayrı uçak bölmelerinin özel gereksinimlerine hızlı bir şekilde uyarlanabilir. Örneğin, yolcu kabininin hemen arkasında bir bölme varsa, perdenin bir tarafı ahşaptan yapılabilirken, diğer tarafı metal levhalar veya özel plastikle kaplanabilir (Şekil 4.10). Bölmenin ahşap tarafı lüks katarken, mutfağa bakan metal tarafın temizlenmesi kolaydır ve mekanik hasarlara karşı dayanıklıdır.



Şekil 4.10 Sandviç yapılı bir panel [23]. Bir tarafı kontrplak, diğer tarafı metal bir levha ile kaplanmıştır. İç dolgu granüle mantar malzemedен üretilmiştir.

Bu tür perdeler iyi bir ses yalıtımı sağlar ve düşük kütleye sahip olmaları ile karakterize edilirler. Bu tür levhaları birinci sınıf uçak mobilyaları üretmek için kullanmak yeterlidir. (Örneğin, masanın yüzeyi Şekil 4.8'de gösterilmiştir). Lüks bir izlenim için çabalarırken, büyük ölçüde üretilirler. Mantar bazlı sandviç yapılı panellerin kullanılması, masif görünümlü ve düşük kütleli mobilyaların üretilmesini mümkün kılmaktadır.

Bölmelerin ve mobilyaların yüzeyleri özel olarak dekore edilmiş mantar bazlı malzeme katmanlarıyla kaplanabilir. Mantar bazlı malzemelerin çeşitli yöntemler uygulanarak işlenmesi kolay olduğundan, iç mekânı aydınlatan yüzeyler elde etmek mümkündür.



Şekil 4.11 Gardırop kapağının yüzeyi desenli mantar bazlı malzeme ile kaplanmıştır [24].

Şekil 4.11'de geometrik desenli mantar bazlı bir malzeme tabakasıyla süslenmiş bir gardırop kapağı görülmektedir. Malzemelerin işlenmesinde kullanılan çağdaş yöntemler çok çeşitli yüzey dekorasyon seçenekleri sunmaktadır. Bunlar birinci sınıf uçak iç mekânları için de kullanılabilir.

Ses yalıtım özelliklerini iyileştirmek amacıyla, katmanları çeşitli yoğun mantar bazlı malzemelerden

imal edilebilen çok katmanlı mantar bazlı dolguların uygulanması yeterlidir [25]. Bu tür tabakalar, geniş bir frekans aralığında sesi etkili bir şekilde bastırır. Business sınıfı uçak kabininde gürültü azaltımı, dekoratif kabin yüzeylerinin mantar bazlı malzeme panelleriyle kaplanmasıyla sağlanabilir. Bunlar yeterince ince olabilir ve farklı yoğunluklarda mantar bazlı malzemelerin birkaç farklı katmanından derlenebilir. Bu nedenle, dekoratif panellerin kütlesi artacaktır; ancak, uçağa giren hava ve kabin havalandırma sistemi tarafından üretilen gürültü azalacaktır.

Yumuşak, dokunması hoş ve "sıcak" mantar bazlı malzemeler uçak kontrol paneli el kollarının üretimi için uygundur (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Mantar bazlı malzemeden üretilen el kolları (A - Granüle mantardan imal edilmiş bir el kolu [26] B - Sürekli mantardan yapılmış bir el kolu.)

Bu tür el kolları hafif hava taşıtlarında uzun süredir kullanılmaktadır. Sıcak preslenmiş mantar bazlı granüllerden (Şekil 4.12 A) veya sürekli mantar bazlı malzemenin mekanik olarak işlenmesiyle (Şekil 4.12 B) üretilirler.

Mantar bazlı malzemelerin çeşitli esneklikteki kauçuk katmanlarla birleştirilmesiyle etkili titreşim önleyici tabakalar elde edilir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Her iki tarafı gözenekli kauçukla kaplı mantar bazlı bir çekirdeğe sahip titreşim önleyici levha [27].

Levhalar hem levha tipi hem de çift kavisli ürünler olabilir. Hafif uçaklarda pilot ve yolcu koltuklarını veya kabinin diğer yapısal elemanlarını sabitlerken etkilidirler, böylece motorların ve pervanelerin neden olduğu titreşimleri azaltırlar.

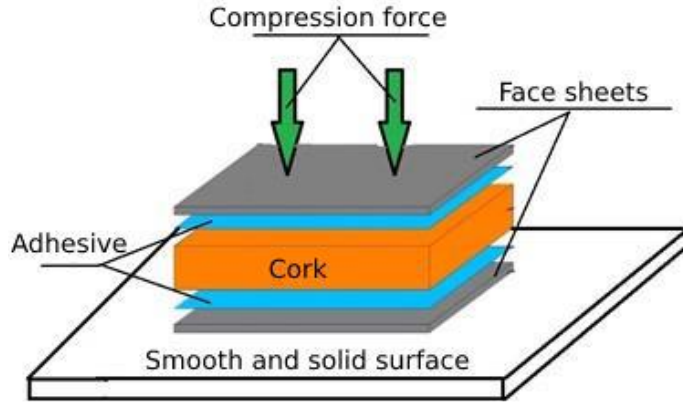
4.2 Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozit Üretim Yöntemleri

Mantar bazlı sandviç yapılı kompozitlerin üretim yöntemlerini incelerken, bu tür yapıların geometrik özelliklerini göz önünde bulundurmak dikkat çekicidir. Düz sandviç paneller ile tek kavisli veya çift kavisli yüzeylere sahip sandviç elemanlar arasında ayırım yapmak hayati önem taşımaktadır.

4.2.1 Düz Sandviç Panellerin Üretim Yöntemleri

4.2.1.1 Mekanik Sıkıştırma Altında Düz Sandviç Panel Üretimi

Sandviç yapıları paneller için mekanik sıkıştırma uygulanırken, önceden hazırlanmış metal, ahşap, plastik veya diğer malzemelerden oluşan yüz tabakalarına sahip düz paneller en iyi seçenektir (Şekil 4.14). Cam, karbon veya diğer elyaflarla takviye edilmiş polimerize plastikten oluşan kompozit levhalar da bu iş için başarıyla kullanılabilir. Üretim süreci için yeterli boyutlarda pürüzsüz ve sağlam bir yüzeye ve paneli sıkıştırma kabiliyetine ihtiyaç vardır.



Şekil 4.14 Düz sandviç yapıları panel üretim sürecinin şematik diyagramı.

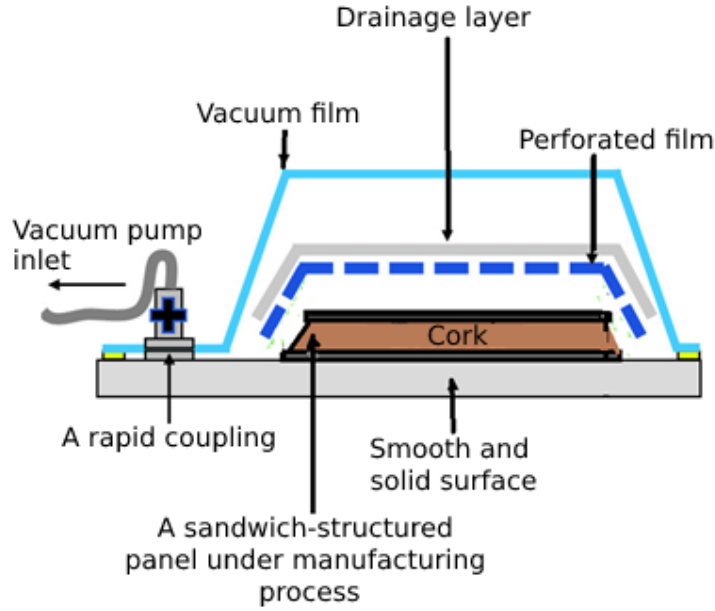
Yüzeye yapışkan kaplamalı bir yüz tabakası yerleştirilir. Ardından mantar bazlı bir çekirdek yerleştirilir, yapıştırıcı uygulanır ve yapı başka bir yüz tabakası ile kaplanır. Panel sıkıştırılır ve yapıştırıcı sertleştikten veya polimerize olduktan sonra, gerekli kontura göre kesilmesi gereken düz sandviç yapıları bir panel elde edilir.

Paneli sıkıştırmak için herhangi bir mekanik sıkıştırma ekipmanı (bir pres, özel kompresör ve diğerleri) kullanılabilir. Küçük paneller ağır nesnelere sıkıştırılabilir. Sıkıştırma kuvvetini eşit olarak dağıtmak için kum dolu torbalar veya diğer gevşek ve nispeten ağır malzemelerle doldurulmuş torbalar kullanılır. Eşit dağılmış panel sıkıştırması için başka bir pürüzsüz ve sağlam kuvvet uygulama plakası ile yukarıdan sıkıştırma kuvveti uygulanması şiddetle tavsiye edilir. Bu tür panelleri üretmek için film yapıştırıcı kullanmak çok uygundur. Sadece üretim sürecini basitleştirmekle kalmaz, aynı zamanda daha kullanışlı ve "temiz" hale getirir.

Sıvı yapıştırıcı uygulanırken yapıştırıcı kaplamada hava boşluklarının oluşmamasını sağlamak çok önemlidir, çünkü panelin dış görünümüne zarar verebilir veya hatta sıcaklık değişiminden kaynaklanan katmanların kısmen ayrılmasına neden olabilir. Ayrıca, panele her iki tarafta kuvvet uygulama plakaları ile bir sıkıştırma kuvveti uygulayarak en iyi şekilde önlenen yerel aşırı sıkıştırma olmadığından emin olmak gerekir. Mantar bazlı dolgu maddesi ne sert ne de katıdır. Bu nedenle, özellikle küçük boyutlu paneller üretirken sıkıştırma kuvvetini kontrol etmek çok önemlidir.

4.2.1.2 Vakum Sıkıştırma Altında Sandviç Yapılı Panellerin Üretimi

Mantar bazlı sandviç yapıları panellerin üretim sürecinde sıkıştırma için vakum kullanılması uygundur. Bu nedenle, eşit olarak dağıtılmış ve aşırı olmayan bir sıkıştırma elde edilebilir ve ayrıca yapışkan katmanlarda hava kabarcıkları oluşmasını önlemek daha kolaydır. Bu tür panellerin üretim süreci Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Vakum sıkıştırması altında mantar tabanlı bir çekirdeğe sahip düz sandviç yapılı panellerin üretim sürecinin şematik diyagramı.

Bu nedenle paneller aşağıdaki şekilde üretilmektedir:

1. Bir yüz tabakası, yeterli boyutlarda, yeterince düzgün, katı bir yüzey üzerine yerleştirilir. Sandviç yapılı bir panelin üretim sürecinde sıvı bir yapıştırıcı kullanıldığını varsayalım. Bu durumda, tutkalın üretim süreci plakasına yapışmasını önlemek için panelin önceden yapışkan önleyici bir tabaka ile (genellikle silikon bazlı bileşikler / macunlar ile) kaplanması zorunludur.
2. Yüz tabakası yapıştırıcı ile kaplanır ve mantar bazlı çekirdek yerleştirilir.
3. Üst yüz tabakası yapıştırıcı ile kaplanmıştır.
4. Yapışkan tabakanın üzerine başka bir yüz tabakası yerleştirilir.
5. Her şey özel bir delikli film ile kaplanmıştır. Delikli film sadece panel katmanları yapıştırıcı ile yapıştırıldığında uygulanır. Film yapıştırıcı kullanılıyorsa, delikli filmin uygulanması zorunlu değildir. Bu nedenle, film yapışkan tabakası kalın değildir ve sıkıştırıldığında panelin kenarlarından çıkıntı yapmaz.
6. Delikli film benzersiz kalınlıkta, hava geçirgen bir malzeme ile kaplanmıştır. Vakum film ile üretilen panelin yüzeyi arasında iç hava kabarcıklarının oluşmasını engelleyen bir drenaj tabakasıdır.
7. Üretim süreci plakası üzerindeki panelin kenarlarından yaklaşık 50÷150 mm mesafede, üretilen tüm panelin etrafına özel bir yapışkan bant yapıştırılır ve her şey bir vakum filmi ile kaplanır. Vakum filmi yapışkan banda iyi yapışmalıdır, çünkü bu, vakum pompası bağlandığında yeterli bir vakum elde edilip edilmeyeceğini belirleyecektir.
8. Vakumlama filminde vakum pompası ek parçası ile hızlı bağlantı için standart yuvalar açılır ve bağlantı yerleştirilir.
9. Doğrulamadan sonra, torba hızlı bir kaplin aracılığıyla vakum hattına (pompa) bağlanır.
10. Vakum açılır. Bu aşamada, üretilen panelin çevresi boyunca sıkılığı ve kıvrım oluşumunu kontrol ederek vakumlama filminin altında yavaşça bir vakum üretmek esastır.

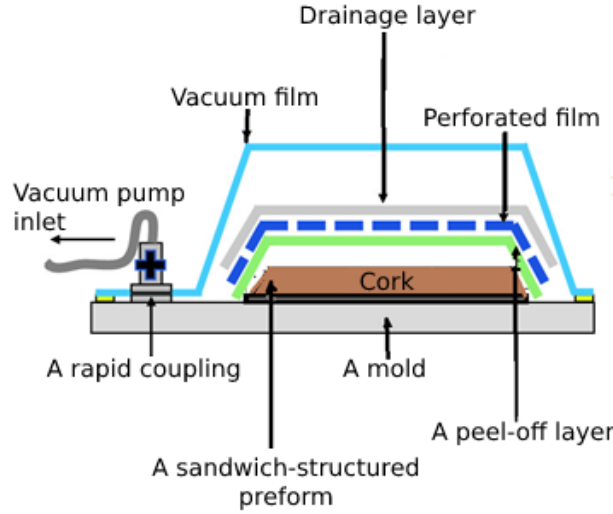
11. Yapıştırıcı kuruyana veya polimerize olana kadar vakum aktif tutulur.

12. Yapıştırıcı sertleştikten sonra vakum kapatılır ve vakum filmi ile drenaj tabakası çıkarılır. Panel, üretim süreci plakasından çıkarılır ve gerekli boyutlara göre kesilir.

Bu şekilde, mekanik sıkıştırma uygulanmadan yüksek kaliteli sandviç yapılı mantar bazlı paneller üretilmektedir. Ancak bu işlem için bir vakum pompası ve çeşitli yardımcı malzemeler gerekmektedir.

4.2.2 Tek veya Çift Kavisli Panellerin Üretim Süreci

Havacılıkta kullanılan sandviç yapılı panellerin çoğu tekli kavisli veya çiftli kavisli yüzeylerden üretilmektedir [28]. Bu tür ürünler düz panellerden biraz daha farklı bir teknoloji kullanılarak üretilir. Bu teknoloji, düz sandviç yapılı ürünlerin üretim sürecinde, sandviç yapılı ürünlerin üretim sürecinde oluşturulan yüz tabakaları fiber takviyeli kompozit malzemelerden yapıldığında da kullanılır [29]. Bu ürünlerin imalatı için, çalışma alanını oluşturan temas yüzeyi olarak kullanılan bir kalıp gereklidir. Genellikle, bu tür paneller iki aşamada üretilir. İlk aşama Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.16 Kompozit malzemeler kullanılarak oluşturulduğunda sandviç yapılı bir panelin üretim sürecinin ilk aşamasının şematik diyagramı.

Bu aşamanın üretim sürecini analiz edelim:

1. İlk aşama imalat sürecinden önce, kaliteli levhanın oluşturulacağı yüzeylere özellikle dikkat çekerek kalıbın görsel bir incelemesinin yapılması hayati önem taşır. Gerekirse kalıbın küçük çizikleri parlatılır. Ciddi hasar durumunda kalıp kaplanır ve ardından parlatılır.
2. Kalıbın çalışma alanı yapışmayı önleyici bir kat ile kaplanır ve ardından cilalanır. Bu işlemler, katman üreticisi tarafından sağlanan teknolojik talimatlar izlenerek gerçekleştirilir.
3. Ürün boyalı ise, kalıbın çalışma alanı özel bir dekoratif tabaka (Gel kaut) ile kaplanır.
4. Vakum filmi kapatmak için modelin tüm çevresine özel bir yapışkan bant uygulanır.
5. Gel kaut hafif yapışkan bir hale gelinceye kadar kuruduktan sonra, kompozitin yüz tabakaları her biri reçine ile ıslatılarak döşenir. Kompozit tabakalar döşenirken, inşaat ve teknolojik dokümantasyonda belirtilen takviye yönünün korunması hayati önem taşımaktadır.

6. Katmanlar oluşturulurken çekirdek malzeme (mantar bazlı malzeme) yerleştirilir. Çekirdek malzemeyi yerleştirirken (bazen çekirdek birkaç tabakadan oluşur, o zaman tabakalardan bahsetmek gerekir) ve ardından vakumlarken, bu malzemenin tabakasının kalıpta doğru pozisyonda olduğunu ve vakumlama işlemi sırasında hareket etmediğini kontrol etmek çok önemlidir. Bu süreç, belirli beceriler ve vakum uygulandıktan ve vakumlama filminden hava emmeye başladıktan sonra yüzeyin nasıl deforme olduğunun anlaşılmasını gerektirir. Kalıpta çift kavisli yüzeyler üretilirken, yüzey değişiminin yarıçapının nispeten küçük olması dikkat çekicidir.

7. Şekillendirilmiş bir yüzeye, özel bir soyma tabakası yerleştirilir. Fazla reçineyi emmeye ve bir sonraki kalıplama aşaması için yüzeylerin hazırlanmasını basitleştirmeye yardımcı olur.

8. Her şey benzersiz bir delikli film ile kaplanmıştır.

9. Delikli bir film üzerine bir drenaj tabakası uygulanır. Vakum filmi ile üretilen panelin yüzeyi arasında iç hava kabarcıklarının oluşmasını önler. Böyle bir üretim teknolojisinde kaçınılmaz olarak ortaya çıkan fazla reçineyi emer.

10. Kalıplanmış bir panel bir vakum filmi ile kaplanmıştır. Vakum filmi yapışkan banda iyi yapışmalıdır, çünkü bu, vakum pompası bağlandığında yeterli bir vakum elde edilip edilmeyeceğini belirleyecektir.

11. Vakumlama filminde vakum pompası ek parçasıyla hızlı bağlantı için standart yuvalar açılır ve bağlantı yerleştirilir.

12. Doğrulamadan sonra, torba hızlı bir kaplin aracılığıyla vakum hattına (pompa) bağlanır.

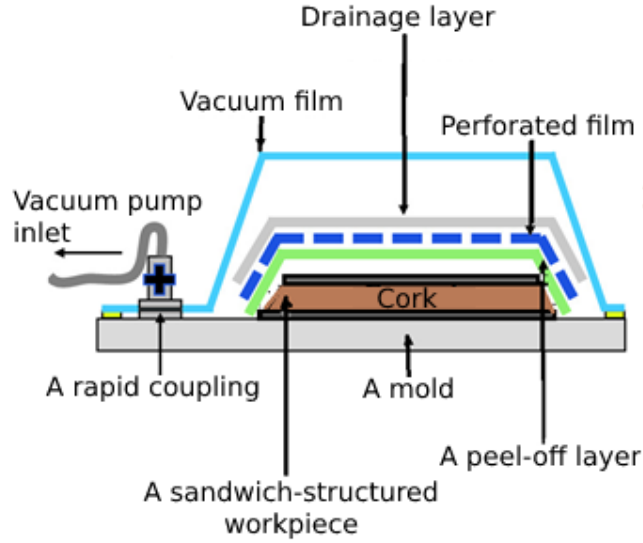
13. Vakum açılır. Bu aşamada, üretilen panelin çevresi boyunca sıklığı ve kıvrım oluşumunu kontrol ederek vakumlama filmi altında yavaşça bir vakum üretmek esastır.

14. Yapıştırıcı polimerize olana kadar vakum aktif tutulur.

15. Yapıştırıcı sertleştiğinde vakum kapatılır ve vakum filmi, drenaj tabakası, delikli film ve soyulabilir tabaka çıkarılır.

Görsel bir incelemeden ve ürünün gereklilikleri karşıladığına dair güvenceden sonra, ikinci üretim aşaması uygulanabilir.

Üretim sürecinin ikinci aşaması, sandviç yapının bir başka yüz tabakasının kalıplanmasını içerir. Bu aşamadaki işlemlerin sırası birinci aşamadakilerden biraz farklıdır. İkinci aşamanın şematik diyagramı Şekil 4.17'de gösterilmektedir. İkinci aşamanın teknolojik süreci aşağıda daha ayrıntılı olarak analiz edilmektedir.



Şekil 4.17. Kompozit malzemeler kullanılarak oluşturulduğunda sandviç yapılı bir panelin üretim sürecinin ikinci aşamasının şematik diyagramı.

Sandviç yapılı kompozit üretim sürecinin ikinci aşamasının uygulanmasından önce, soyma tabakasının çıkarılmasından sonra yüzeyleri en az 100 gr zımpara kâğıdı ile hafifçe taşlanır. Aşağıdaki adımlar atılır:

1. Kompozitin çekirdeğini kaplayan katmanlar döşenir. Her katman reçineye batırılır. İlk aşamada, kompozit katmanları oluştururken, inşaat ve teknolojik dokümantasyonda belirtilen katmanların takviye yönünü korumak önemlidir.
2. Oluşturulan bir yüzeye, özel bir soyma tabakası yerleştirilir. Soyulabilir tabaka ilk aşamadakiyle aynı işleve sahiptir.
3. Aşağıdaki adımlar ilk aşamada atılan 8-12. adımlarla aynıdır.
4. Üretilen yüzey kalıptan çıkarılır. Kalitesi doğrulanır.
5. Yüzey, çizimde verilen ölçülere göre kesilir ve doğrulandıktan sonra kullanıma hazır hale gelir.

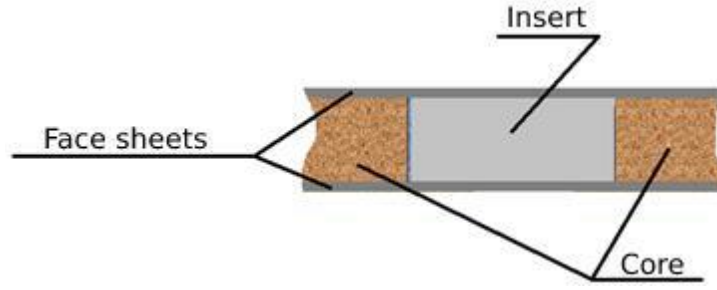
4.2.3 Sandviç Yapılı Panellerin Montaj Noktasının Özellikleri

Mantar bazlı sandviç yapılı paneller çeşitli yapı özelliklerine sahiptir. Bunlardan biri de montaj noktalarının karmaşık yapısıdır. Bu özellik, tüm hafif çekirdek tabanlı sandviç yapılı malzemeler için ortaktır. Çekirdek malzemeler çok hafiftir ve çok düşük temas gerilimine sahiptir. Yüz tabakası malzemeleri genellikle iyi mekanik özelliklere (ve nispeten yüksek temas gerilimine) sahip olarak karakterize edilir. Ancak bu malzemeler çok incedir. Çeşitli tertibatların sandviç yapılı elemanlara tutturulması yaygındır. Bu nedenle, bu tür yapılarda yerel yüklerin alınması genellikle çok karmaşıktır ve benzersiz yapısal çözümler gerektirir.

Birkaç montaj seçeneği olabilir. Her biri belirli bir montaj yöntemi kullanır.

4.2.3.1 Sandviç Yapılı Panellerin Diğer Yapı Elemanlarının Montaj Noktalarında Güçlendirilmesi

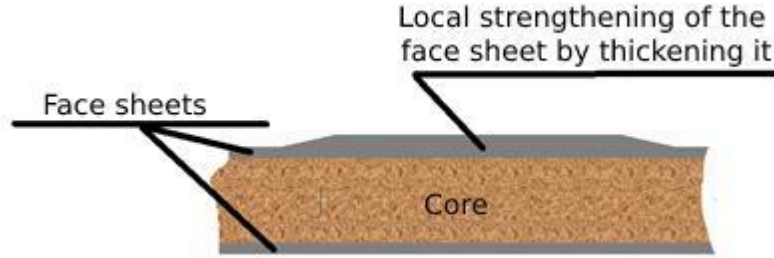
Bir yapısal eleman daha yüksek bir yüke maruz kalıyorsa, sandviç panelin yüzeyi veya başka bir sandviç yapılı yüzey ile bağlanması gerekir. Bu durumda, çekirdek malzemenin yerel montaj noktasında daha iyi mekanik özelliklere sahip daha ağır bir malzeme ile değiştirilmesi gerekir. Böyle bir eke sahip bir sandviç yapının yuvası Şekil 4.18'de gösterilmektedir.



Şekil 4.18 Eko-mantar çekirdekli sandviç yapıli panelde bir ekleme yuvası.

Böyle bir yapı sıradan bir düz veya tek kavisli veya çift kavisli yüzey olarak imal edilir. Yerel montaj noktalarında, çekirdek malzeme çıkarılır ve çekirdeğin yeterli boyutları yerleştirilir. Ek parça daha iyi mekanik özelliklere sahip bir malzemeden üretilir. Üretim sürecini basitleştirmek için, kesici uç, mekanik özellikleri iyileştiren bir dolgu maddesi (doğranmış karbon fiber, diğer özel reçine dolgu maddeleri) ile karıştırılmış reçine doldurularak çekirdekte yapılan gerekli şekildeki bir girintiye oluşturulabilir.

Aşırı düşük yüklere maruz kalan başka bir yapısal eleman sandviç yapıli bir panele yapıştırıldığında, yerel olarak daha fazla takviye malzemesi katmanı uygulayarak veya sadece dışarıdan daha büyük bir takviye yamasıyla yapıştırarak yapıştırıldığı yüz tabakasının kalınlığını artırmak yeterli olabilir.



Şekil 4.19 Sandviç yapıli panelin yerel dış takviyesinin yarık diyagramı.

Bu tür bir takviyeyi temsil eden şematik diyagram Şekil 4.19'da gösterilmektedir.

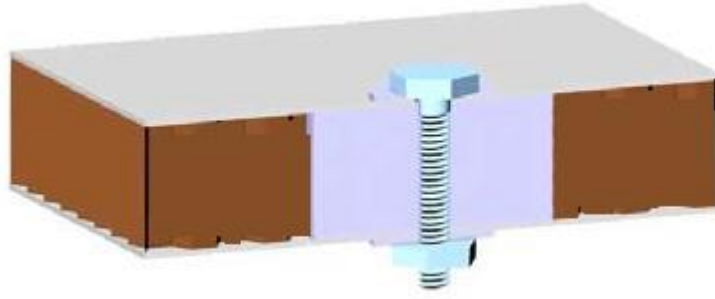
4.2.3.2 Sandviç Yapılı Panellerin Diğer Yapı Elemanlarının Montaj Noktalarında Bu Elemanlar Vidalandığında Takviye Edilmesi

Genellikle, sandviç yapıli paneller veya diğer paneller, zaman zaman çıkarılması gereken diğer tertibatlara sabitlenir. Bunun için en iyi seçenek vidalı bağlantılardır. Ancak bu noktada iki zorlukla karşılaşılabilir:

- Vida bağlantılarında, vida somununu sıkarken çekirdek malzemeye aşırı yük bindirmek nispeten kolaydır. Çekirdek malzeme mantar bazlı olduğunda bu sorun daha belirgin hale gelir. Böyle bir çekirdek yüksek elastikiyet oranına sahiptir ve kolayca deforme olabilir. Bu nedenle, vidayı sıkarken çekirdeği çarpmak ve yüz tabakalarına zarar vermek kolay hale gelir.
- Daha ağır yükler altında, montaj noktalarındaki güçlendirilmemiş çekirdek malzeme vidalar tarafından yırtılabilir.

Bu sorunun çözümü, Şekil 18'de gösterildiği gibi vidaların yerlerine kesici uçların yerleştirilmesi/dökülmesi ve bu boşluklara delikler açılmasıdır.

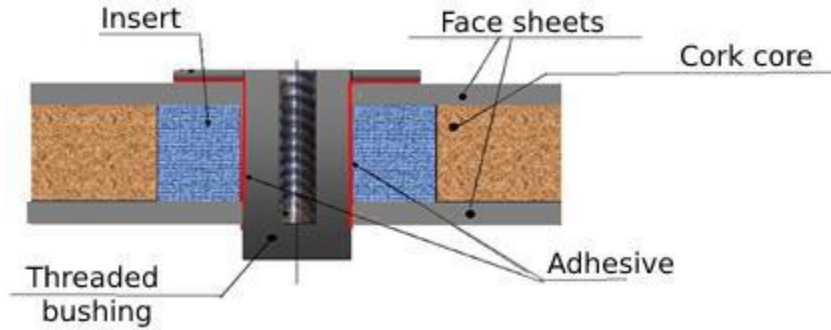
Böyle bir tertibatın şematik diyagramı Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Sandviç yapı panelin ek parçasında vida bağlantısı için bir yuva [30].

Ancak, böyle bir karar sadece bazen yeterlidir. Montaj noktalarının ağır yüklerden etkilenmesi nispeten yaygındır. Vidalı bağlantı, operasyonel ve diğer gereklilikler nedeniyle kolayca sökülmeli ve yeniden monte edilmelidir [31]. Bazen böyle bir bağlantının hermetikliğini sağlamak için gereksinimler de vardır. Kapalı havacılık yapıları için tipik olarak, vida bir somun kullanılmadan bir taraftan sıkılmalıdır.

Bu gibi durumlarda, daha büyük boyutlu bir kesici uç çekirdeğe yapıştırıcı ile yapıştırılır ve bir delik açıldıktan sonra özel bir burç yapıştırıcı ile yapıştırılır. Böyle bir bağlantının şeması Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Sandviç tipi bir yapıya yapıştırıcı ile bağlanmış dişli bir burç [32].

Sertifikalı özel üretim uçak burçları öncelikle havacılıkta kullanılır (Şekil 4.22)



Şekil 4.22 Sandviç yapı panellerin standart burç örnekleri[33].

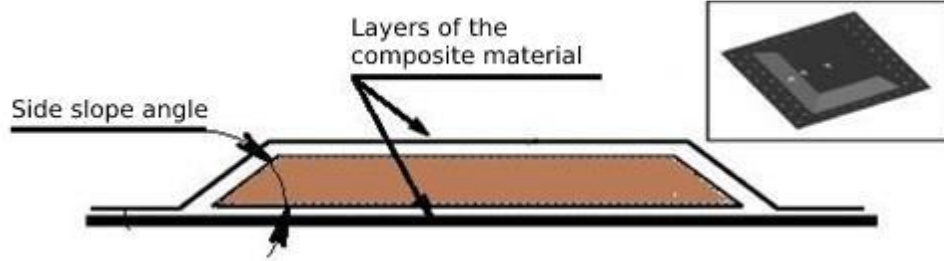
Burçlar, gerekirse belirli bağlantı noktaları için özel olarak tasarlanabilir ve üretilebilir.

4.2.4 Sandviç Yapılı Panel Kenar Kapamalarının Özellikleri

Sandviç yapı veya çok katmanlı panel kenarlarının benzersiz şekillerde yalıtılması gerekir. Çekirdeği kenarlardan yalıtım için bu yapılmalıdır. Ayrıca, panel kenarları genellikle diğer yapısal elemanlara bağlanır. Ancak, yukarıda bahsedilen montaj yöntemleri bu durumda kullanılamaz.

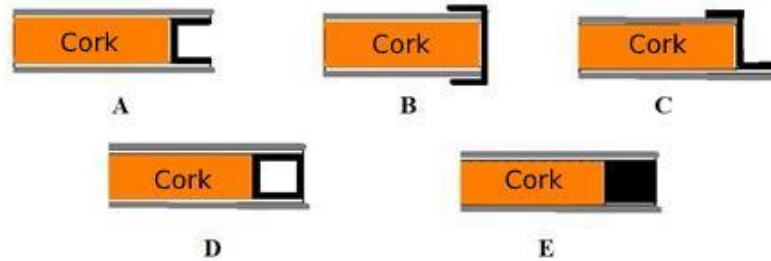
Yapısal elemanlar yükten etkilenen yapılarda kullanılmak üzere üretildiğinde, bağlantı genellikle yüz

tabakalarının birleştirildiği bir kenar gerektirir ve aralarında çekirdek malzeme yoktur. Geçiş, ani sertlik değişiklikleri olmaksızın pürüzsüz olmalıdır. Bu nedenle, çekirdek yan eğimleri oluşturulur. Yan eğimin açısı mümkün olduğunca küçük olmalıdır. Genellikle 30 derece veya daha azdır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Çekirdekten yan eğimler oluşturularak sandviç yapılı panelin kenar kapatmaları [34].

Eğim açısı ne kadar küçük olursa, panelin kenarlarındaki sertlik değişimi o kadar yumuşak olur. Paneller yukarıda bahsedilen vakum yöntemleri kullanılarak üretilirken daha küçük bir eğim açısı istenir. Çekirdek kenarındaki paneli vakumlarken eğim açısının daha büyük (90 dereceye yakın) olması durumunda, vakumun kompozit paneli sıkıştırmadığı bölgelerin oluşması kaçınılmazdır. Sonuç olarak, estetik yüzey kusurları ortaya çıkar ve yük noktalarının mukavemeti önemli ölçüde bozulur. Bazen, mantar tabanlı bir çekirdeğe sahip sandviç yapılı bir panelin dik bir şekilde kesilerek kapatılması gerekir. Böyle bir durumda çekirdek de sağlam tutulabilir. Bu nedenle, paneller uçak kabini için çeşitli perdeler üretilerek mühürlenir. Bu gibi durumlarda, panel çekirdeğinin çeşitli profillerle kapatılması yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlerin şematik diyagramı Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



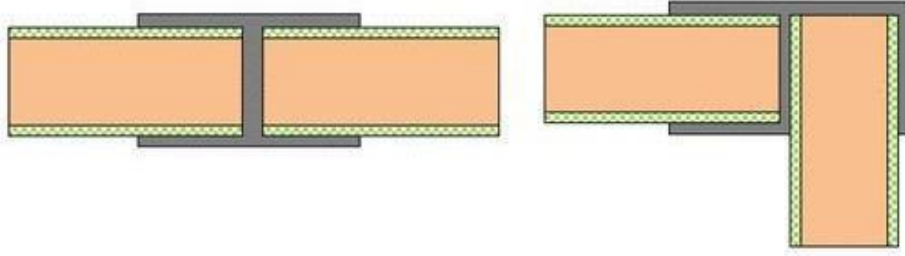
Şekil 4.24 Mantar tabanlı çekirdeklere sahip sandviç yapılı panelin dik kesilmesi gerektiğinde sızdırmazlık yöntemleri. A Yüz levhalarının içinde "U" formulu profil; B Yüz levhalarının dışında "U" formulu profil; C "Z" formulu profil; D kapalı boşluklu profil; E katı kare veya dikdörtgen çubuk.

Sandviç yapılı bir panelin sızdırmazlığının sağlandığı tüm bu durumlarda, sızdırmazlık elemanları (profiller ve çubuklar) yüz tabakalarına ve çekirdeğe yapıştırıcı kullanılarak bağlanır. Vida veya perçin bağlantıları daha az yaygındır. Sızdırmazlık elemanlarının dışarıdan görünmemesi gerekiyorsa, yüz tabakalarının içinde "U" şeklinde bir profille (Şekil 4.24 A) veya kapalı bir içi boş veya katı profille (Şekil 4.24 D ve E'de gösterildiği gibi) sızdırmazlık kullanılır.

Bazen sandviç yapılı bir panelin çevre boyunca belirli bölgelerde "çerçeveselenmesi" gerekir. Bu genellikle estetik nedenlerle, daha az yaygın olarak da bağlantıların yapısal özellikleri nedeniyle yapılır. Bu gibi durumlarda en iyi seçenek Şekil 4.24 B ve C'de gösterilen sızdırmazlık yöntemlerini kullanmaktır.

Şekil 4.24 A'da sunulan sızdırmazlık üretim sürecini analiz edelim. Öncelikle çekirdek malzeme, sızdırmazlık profilinin yapıştırıcı ile yapıştırılması planlanan bölgeden mekanik olarak çıkarılır. Bu adım tamamlanırken, panelin yüz tabakalarına zarar vermekten kaçınmak ve çıkarılan bölgelerde çekirdek kalıntısı bırakmamak dikkat çekicidir. Yüzey saclarının iç yüzeyleri taşlanır ve yapıştırıcı ile kaplanır. Yapıştırılacak profil temizlenir ve profil malzemesi için uygun teknolojiye göre yapıştırıcı ile yapıştırılmaya hazırlanır. Profil yerleştirilir, fazla yapıştırıcı çıkarılır ve sıkıştırma işleminden sonra ürün yapıştırıcı sertleşene kadar bekletilir. Yapıştırıcı sertleşir sertleşmez, sıkıştırma hafifletilir ve yapıştırıcının fazlası çıkarılır.

Uçak kabininin iç kısmında çalışırken, dik kesilmiş sandviç yapılı panellerin bağlanması genellikle hayati önem taşır. Kenarların sızdırmazlığı için, daha karmaşık profilleri basitleştiren bu tür bağlantıların kullanılması mantıklıdır.



Şekil 4.25 Kenarlarını kapatan profiller aracılığıyla düz panellerin bağlantısı.

Şekil 4.25'te iki düz paneli profillerle bağlama araçları ve panel kenarlarının sızdırmazlığı ve bağlantı elemanları için seçenekler gösterilmektedir. Böylece bağlantı kütlesi azaltılır, bağlantı daha ucuza yapılır ve estetik görüntü elde edilir.

4.3 Contalar ve Diğer Sızdırmazlık Malzemeleri için Mantar Kompozit Uygulamaları

Contalar, mantar kauçuk kompoziti için en yaygın ve zaman içinde test edilmiş uygulamalar arasındadır. Mantar kompozitlerinin sızdırmazlık özellikleri için havacılıkta uygulanması yaygındır ve pratikliği kanıtlanmıştır. Mantar kauçuk kompozitten yapılan contalar, farklı uçak sistemlerinde çeşitli sıvılar ve gazlarla kullanılabilir [35].

4.3.1 Havacılık ve Uzay Sanayinde Kullanılan En Yaygın Akışkanlar

1. Benzin (AVGAS 100LL):

AVGAS 100LL, pervaneli uçaklar ve helikopterler için çoğu pistonlu motorda kullanılan standart yakıttır. *Avgas* otomotiv endüstrisinde kullanılan geleneksel bir benzindir, sadece tetraetil kurşun (TEL) eklenerek benzinin oktan sayısı 100'e çıkarılmıştır. Ayrıca, eklenen TEL sayısı AVGAS 100'e kıyasla azaltılmıştır, bu nedenle adı "Avgas 100LL (Düşük Kurşun)" [36].

2. Gazyağı (Jet yakıtı):

JET A-1, öncelikle uçak ve helikopterlerin jet motorlarında kullanılan en yaygın kerosen yakıt türüdür [37]. Gazyağı benzin veya dizel ile karşılaştırıldığında, çoğunlukla parlama noktası, enerji yoğunluğu ve kimyasal bileşim olmak üzere temel farklılıklar vardır. Jet motorları genellikle daha geniş bir yakıt

çeşitliliğinde çalışabilir, bu da daha ucuz gazyağı bazlı yakıtın kullanılmasının en temel nedenlerinden biridir.

3. Motor yağı:

Motor tipine ve özelliklerine bağlı olarak çeşitli motor yağları kullanılır. Pervaneli uçakların dört zamanlı pistonlu motorları için en yaygın kullanılan yağlar Aeroshell 80 (-17°C ile 21°C arasındaki sıcaklıklar için) gibi SAE J-1966'da tanımlanan mineral yağlar ve Aeroshell W15W50 ve eşdeğeri gibi SAE J-1899'da tanımlanan yarı sentetik yağlardır. Jet motorları, daha yüksek motor devri nedeniyle genellikle daha ince yağlar kullanır. En yaygın kullanılan standart - MIL-PRF-23699F, Eastman Turbo Oil 2380 örneklerden biridir.

4. Hidrolik sıvı

Bu tür akışkanların birincil amacı enerjiyi (basınç şeklinde) bir yerden başka bir yere aktarmaktır. Bu nedenle, akışkan genellikle çalışma sürecinde tüketilmez. Bununla birlikte, hidrolik sıvının özelliklerine yönelik gereksinimler inanılmaz derecede yüksektir. Örneğin, hidrolik sistemler için standart çalışma basıncı 3000 Psi'dir (206,8 Bar) [38]. Bir diğer önemli özellik de, bazı uçak sistemlerinde saniyede 3 litreye kadar ulaşabilen akış hızıdır. Bu, hidrolik sıvının SAE AS1241 standardında belirtildiği gibi sıvı kalırken yüksek basınçlarda ve yüksek akış hızlarında performans göstermesini, tercihen laminar akışı korumasını, buharlaşmamasını ve yoğun stres altında özelliklerini değiştirmemesini gerektirir.

Tüm bu özellikler, genellikle ticari nedenlerle açıklanmayan mineral yağ ve farklı kimyasal elementlerin harmanlanmasıyla elde edilir. Bununla birlikte, standart bir uçak bakım ve onarım organizasyonunda, hidrolik sıvısı havacılıkta kullanılan en aşındırıcı ve kimyasal olarak en agresif sıvı olarak kabul edilir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Standart havacılık sıvıları basınçları ve çalışma sıcaklıkları.

Sıvı türü	Standart çalışma sıcaklığı	Standart çalışma basıncı
Benzin (AVGAS 100 LL)	-58°C ila 60°C	≤ 1000 Psi
Kerosin (JET-A1)	-47°C ila 80°C	≤ 1500 Psi
Motor yağı (pistonlu motor)	-17°C ila 82°C	≤ 65 Psi
Motor yağı (Jet motoru)	-40°C ila 350°C	≤ 45 Psi
Hidrolik sıvı	-40°C ila 100°C	≤ 3000 Psi

4.3.2 Akışkan Sızdırmazlık Teknolojileri

Havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılan sızdırmazlık malzemeleri için gerekli olan farklı kimyasal ve mekanik özellikler nedeniyle, oldukça az sayıda çözüm geliştirilmiştir. En yaygın çözümler levha contalar, katı malzeme contalar, zarf contalar, kammprofile contalar ve o-ringlerdir (Şekil 4.26). Bununla birlikte, mantar-kauçuk kompozit sızdırmazlık teknolojilerinin sadece tabaka contalar şeklinde etkili olduğu kanıtlanmıştır [39].



Şekil 4.26 Mantar-kauçuk levha contalar [40].

Mantar-kauçuk contaların özellikleri mantar tane boyutu, yoğunluk, kimyasal bileşim ve kauçuk mantar oranı gibi birkaç faktöre bağlıdır (Tablo 4.2). Bu özelliklerin ayarlanması, belirli bir uygulama için gerekli parametrelere sahip bir kompozitin oluşturulmasını mümkün kılar. Bununla birlikte, havacılık ve uzay endüstrisinde bulunan tüm ortamlarda iyi performans gösterecek "mükemmel" bir kompozit yapma olasılığını beklemek mantıksızdır. Farklı akışkanlar, sıcaklıklar ve basınçlar kompoziti çeşitli şekillerde etkileyecektir; bu nedenle her sistem için benzersiz bir mantar-kauçuk conta tasarımı gereklidir.

Tablo 4.2 Mantar/kauçuk kompozitleri ve özellikleri [41].

Malzeme	Malzeme açıklaması	Yoğunluk (kg/m ³)	Sertlik (pts) Kıyı A	Sıkıştırılabilirlik % (400 psi)	Çekiş direnci (Mpa)	Sıcaklık direnci (°C)
TS2050 (D205)	Mantar/SBR Karışımı. Tüm motor ve dişli yağları ve soğutma sıvıları için uygundur.	830*	60-80	15-35	2*	-30°C ila 90°C
TS4600 (GT46)	Mantar/SBR Karışımı. Tüm motor ve dişli yağları için uygundur.	>640	70*	25-45	>1.03*	-30°C ila 110°C
TS1521	Mantar/SBR Karışımı. Çoğu Yağlayıcı sıvı için uygundur.	550-750	50-70	35-50	>0.8	-30°C ila 110°C
TS1400	Mantar/NBR Karışımı. Yakıtlar, biyoyakıtlar, yağlar ve soğutucular için uygundur.	1100*	75-90	10-22	>3.5	-30°C ila 125°C
TS7100	Mantar/NBR Karışımı. Yakıtlar, biyoyakıtlar ve yağlar için uygundur.	900*	60-75	20-45	2.5*	-30°C ila 110°C

Mantar-kauçuk kompozitleri, yüksek kaliteli havacılık ürünleri üretmek için mantar talaşı ve kesilmiş parçalar gibi mantar endüstrisi yan ürünlerinin kullanılması gibi birçok avantaja sahiptir. Mantar olağanüstü sıcaklık direncine, titreşim sönümlenme ve sızdırmazlık özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte, bir malzeme olarak mantar, yüksek basınçlı bir ortamda daha iyi çalışabilir. Bu nedenle, genellikle çalışma basınçlarının 3000 Psi'nin üzerinde olduğu hidrolik sistemlerde kullanılmaz [42]. Hidrolik sistem sızdırmazlığı için en yaygın malzemeler hala peroksitle sertleştirilmiş Etilen Propilen Dien Kauçuk (EPDM), florokarbon veya silikon gibi tamamen sentetiktir [43].

4.3.3 Zamanla Test Edilmiş Havacılık ve Uzay Uygulamaları

Havacılık endüstrisinin ilk dönemlerinde, ilk uçaklar öncelikle pervaneli pistonlu motorlara sahipti ve motor ve yakıt sistemi contaları için standart malzeme mantardı (Şekil 4.27). Diğer sentetik malzemelerin teknolojisi bunun yerini alacak kadar gelişmiş değildi. Zaman geçtikçe conta üretiminde mantarın yerini yeni malzemeler almaya başladı. Ancak, modern çağ endüstrisi sürdürülebilirlik ve çevre dostu olma yönünde ilerledikçe, havacılık ve uzay mühendisleri yönlerini tekrar mantar contalara çevirdi. Bu kez, istenen özelliklere sahip conta üretmek için kauçuk veya silikon gibi farklı malzemelerle mantar kompozitleri yapma ileri teknolojisini uyguluyor.



Şekil 4.27 Mantar conta (solda) ve silikon conta (sağda) [44], [45].

Havacılık endüstrisinin çeşitli sistemler için bu kadar çok mantar kullanmasının bir diğer nedeni de havacılıkta yeni teknolojilerin değişiminin ve uygulanmasının otomotiv endüstrisine kıyasla çok daha yavaş ve tutucu olmasıdır. Otomobiller ve uçaklar için kullanılan ilk motorlarda conta olarak çoğunlukla mantar kullanılmış olsa da, yeni malzemeler ortaya çıktığında otomotiv mühendisleri değişiklikleri uygulamakta çok daha hızlıydı. Havacılık sektöründe ise yeni teknolojik tasarımların uygun şekilde test edilmesi ve onaylanması çok daha fazla zaman almaktadır. Bu nedenle, iyi çalışan bir şeyi değiştirmek için acele edilmiyordu. Sentetik sızdırmazlık malzemeleri geliştiğinde ve yeterince test edildiğinde, endüstri sürdürülebilir çözümlere geçiş yaptı. Bu nedenle, uçaklar yağ ve yakıt sistemleri için zaman içinde test edilmiş bu contaları kullanmaya devam etmektedir.

4.4 Mantar Dolgulu Sandviç Yapılı Kompozit Malzemelerin Testleri

4.4.1 Mantar Dolgulu Sandviç Yapılı Kompozit Malzemelerin Spektrum Analizi

Analizin Amacı: Rezonans noktalarını bulmak ve farklı lamine mantar malzemelerin dinamik (sönümlenme) özelliklerini değerlendirmek/karşılaştırmak (ek olarak lamine polimetakrilimid köpük malzeme ile karşılaştırmak).

Analiz için Nesnelere: Mevcut analizlerde dört farklı nesne (3 tip mantar ve 1 tip polimetakrilimid köpük malzeme) incelenmiştir (Şekil 4.28):



Şekil 4.28 Araştırma nesnelere (1-3 lamine mantar malzeme; 4 lamine polimetakrilimid köpük malzeme). Nesnelere boyutları 1-3 nesne için ~ 30x30x3 mm. ve 4 numaralı nesne için ~ 25x30x3 mm.

Analiz Türü: mevcut analiz modal analize dayanmaktadır. Modal analiz, nesnelere frekans alanındaki dinamik özelliklerini inceler. Modal analiz, elektrostatik aktüatörler tarafından üretilen yanal kuvvetten kaynaklananlar gibi dinamik yükleme koşulları altında yapının farklı parçalarının hareketini gösteren mekanik bir yapının veya bileşenin titreşim özelliklerini (doğal frekanslar ve mod şekilleri) belirlemeye yardımcı olur [43]. Doğal frekanslar ve mod şekilleri, dinamik yükleme koşulları için bir yapının tasarlanmasında temel parametrelerdir [46].

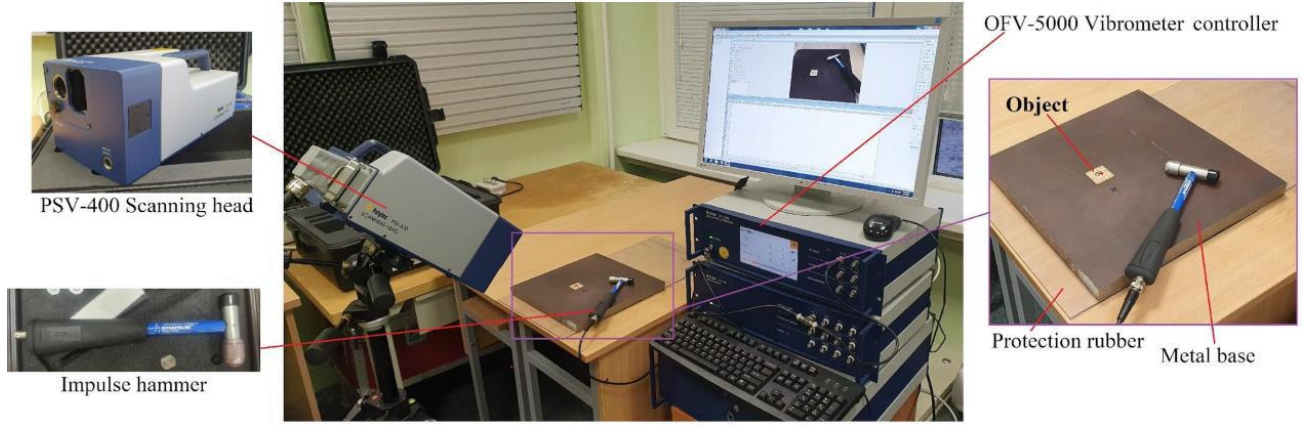
Modal analiz, bir titreşim FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) spektrum analizi ile gerçekleştirilir. Bu araştırmanın temel odak noktası rezonansı bulmak ve incelenen bir nesnenin sönümlenme özelliğini karşılaştırmaktır. Başarılı bir akım analizi elde etmeye yardımcı olmak için kılavuz olarak izlenecek birkaç adım vardır. Aşağıda bu adımların genel bir listesi verilmiştir:

1. Ölçümden veri toplayın: impulsun etkisi altında nesne titreşiminin hızı (düşük ortam titreşimi hariç). Daha fazla veri gerekiyorsa ek testler yapın.
2. Karşılaştırma için her nesne için bir FFT spektrum analizi yapın.
3. Spektral verileri analiz eder - nesne malzemesine karşılık gelen genel değerleri ve belirli frekansları değerlendirir
4. Elde edilen sonuçların raporlanması ve nesnelere sönümlenme özelliklerinin karşılaştırması.

4.4.2 Test Tezgâhı ve Ölçüm Koşulları

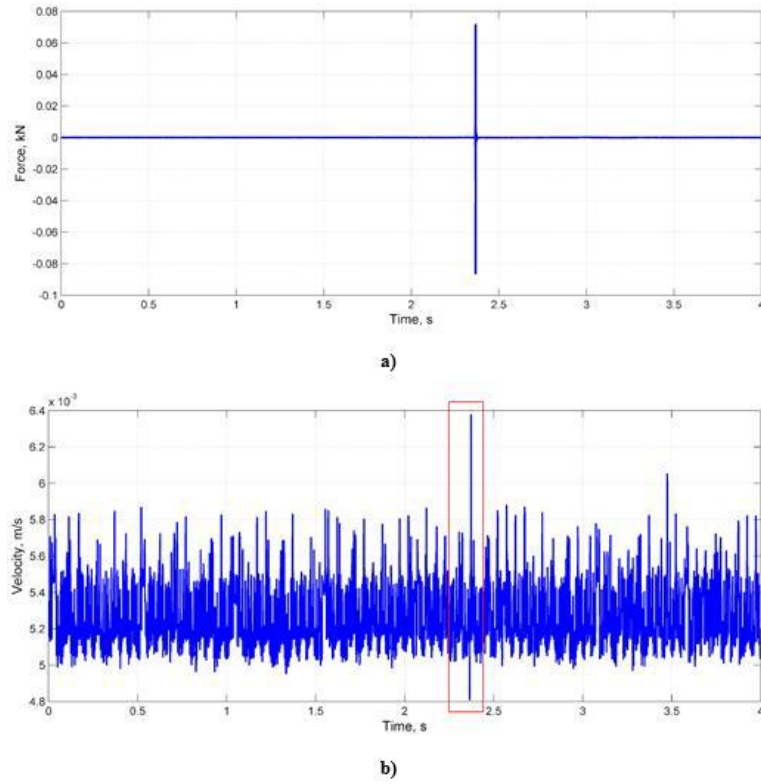
Mevcut deneysel ölçümler, sönümlenme özelliklerini karşılaştırmak amacıyla araştırma nesnelere rezonans noktalarını belirlemek için yapılmıştır. Ölçümler İki Örneklemeli Ölçüm Tasarımı ile gerçekleştirilmiş ve veri işlemede Tekrarlanan Ölçümlerde Belirsizliği Tahmin Eden Tek Örneklemeli İstatistiksel Yöntem esas alınmıştır.

Deneysel araştırma için test tezgâhı Şekil 4.29'da gösterilmektedir. Çevrenin düşük frekanslı etkilerine karşı kauçuk korumalı metal bir taban, araştırma nesnelere ve Entegre Elektronik Piezo-Elektrik (IEPE) darbeli çekiç darbe sinyali altında nesne yüzeyinin titreşimini ölçmek için bir lazer tarama sistemi içerir.



Şekil 4.29 Ölçüm için test tezgâhı [47].

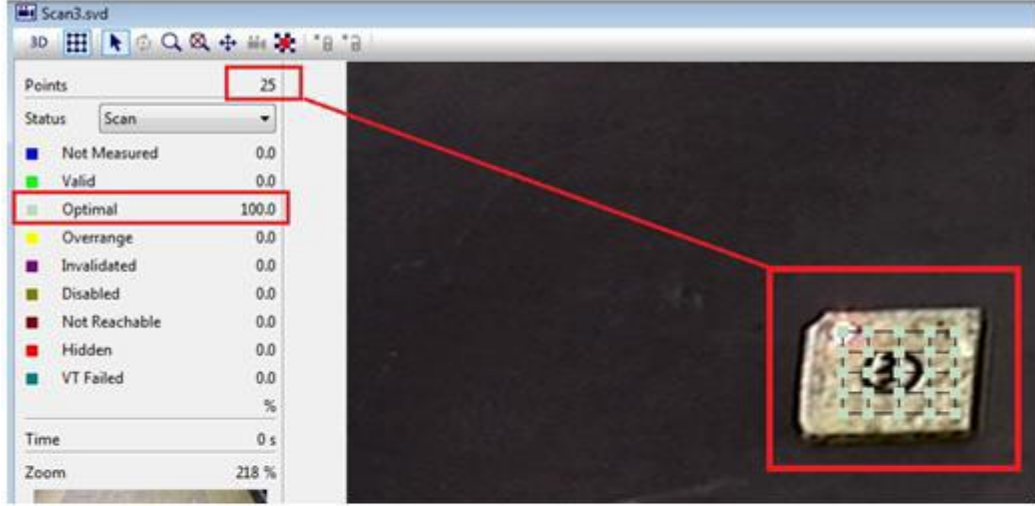
Ölçüm testleri, nesnelerin titreşiminin ve bir darbeli çekiçle çarpma sonucu nesnelerin dış yüzey deformasyonunun (hız / yer değiştirme) ölçülmesini içerir. PSV Sensör Kafası tarafından ölçülen bir tanesinin süresi kesin olarak 4 saniyedir. Bu süre zarfında IEPE darbe çekici, Şekil 4.30'a da gösterilen bir kuvvetle metal bir taban üzerinde bir darbe oluşturur ve testler sırasında Şekil 4.30b'de gösterilen metal bir taban üzerinde PSV Sensör Kafası tarafından hız ölçülür.



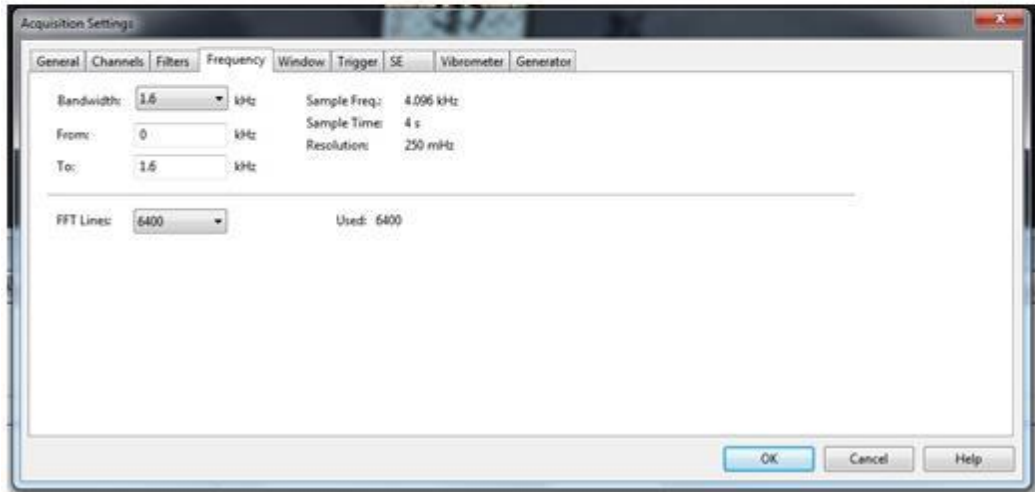
Şekil 4.30 Ölçüm örneği: a) IEPE darbe çekicinden gelen sinyal b) PSV sensör kafasından hız ölçümü
 Ölçümler sırasında azalma kabul edilmiş ve birkaç ölçümün ortalamaları sunulmuştur. Testlerden elde edilen ana sonuç, rezonans noktalarını daha iyi belirlemek ve bir malzeme sönümlenme özelliğini karşılaştırmak için Doppler Etkisi kullanılarak spektrum analizlerine dayanan malzemelerin frekans tepkisidir.

Belirlenen nesnelere üzerinde 25 noktadan oluşan bir ızgara oluşturularak ölçüm için yakın bir yüzey oluşturulmuştur (Şekil 4.31a). Noktalar bir lazer tarafından tarandı ve tüm zaman boyunca ölçüm

yapılırken tarama durumu Optimal koşullardaydı, bu da nokta ızgarasının ve lazer odağının bu tür yansıtıcı malzeme için en uygun olduğu anlamına gelir. Ek olarak, frekans alanı 0,25Hz adım çözünürlüğü ile 1,6 kHz bant genişliği içermektedir (Şekil 4.31b).



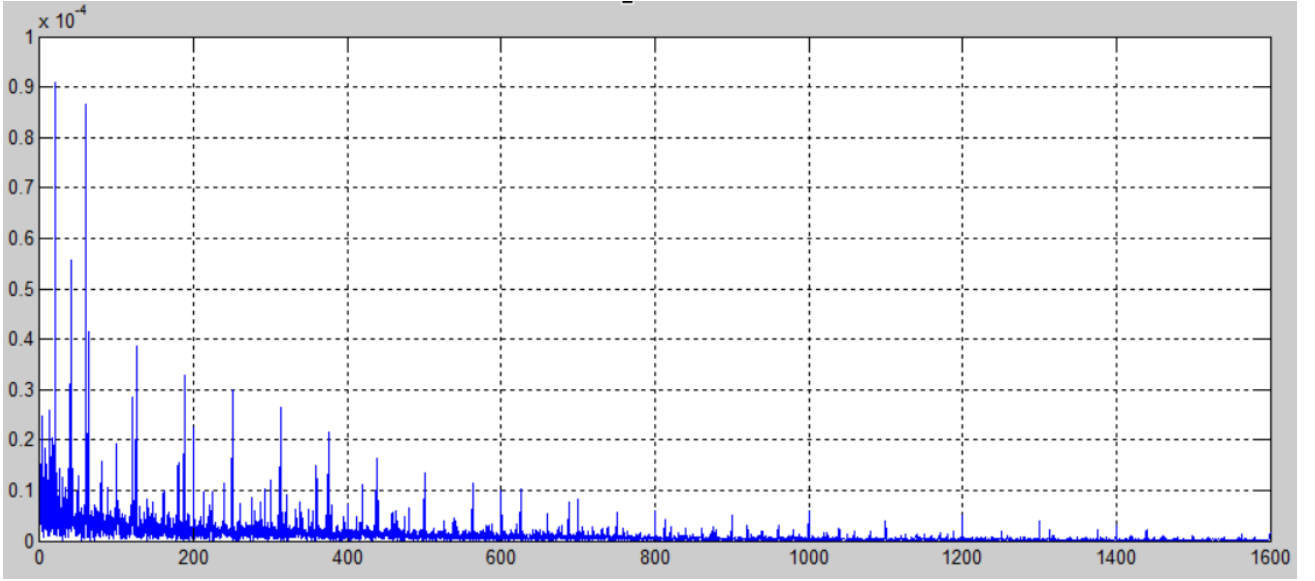
a)



b)

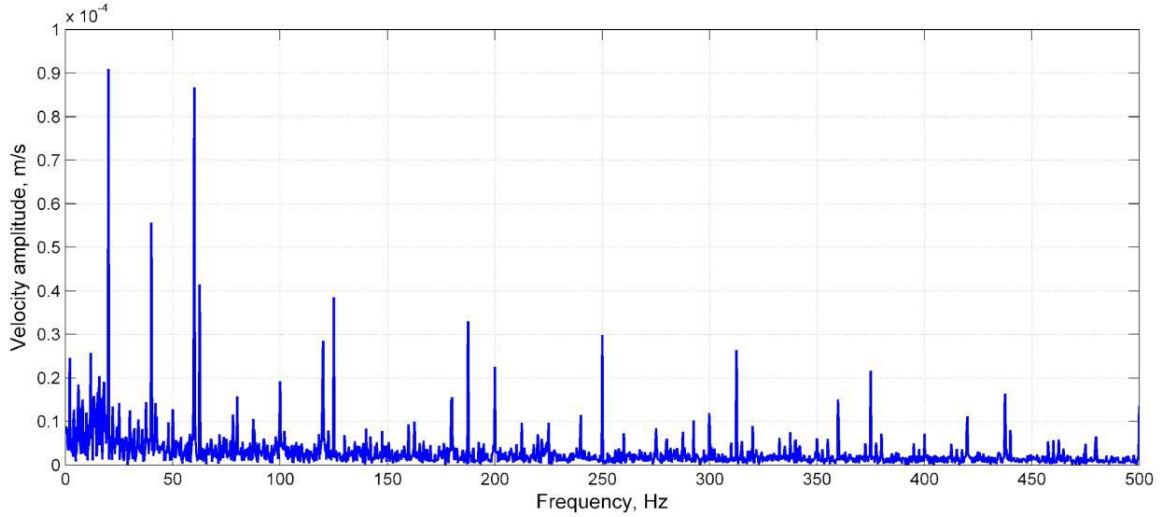
Şekil 4.31 Ölçüm kurulumu: a) ölçüm noktası; b) frekans durumu.

Bu, spektrum analizinden elde edilen sonuçların 1600 Hz'e kadar olacağı ve her 0,25Hz'de görüntüleneceği anlamına gelir (Şekil 4.32).



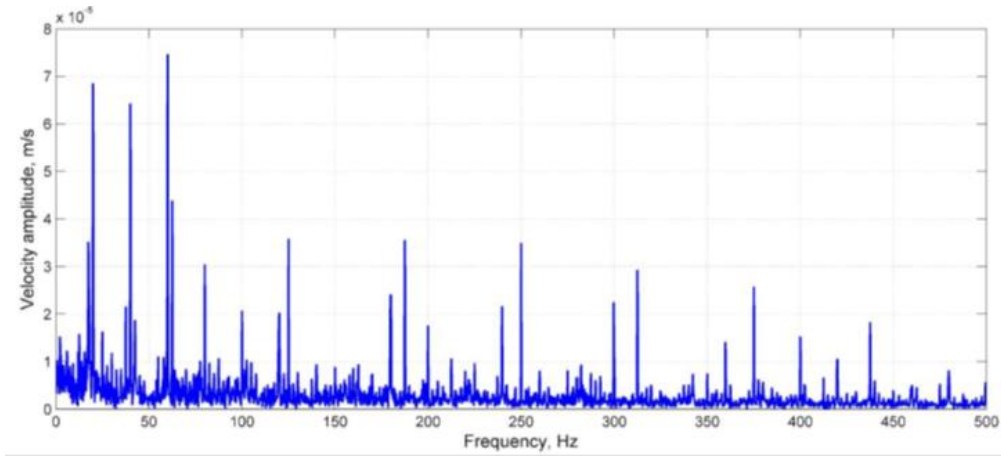
Şekil 4.32 Spektrum analizinden elde edilen sonuçlar.

Modal analiz ile ölçüm sonuçları daha sonra sunulmuştur (Şekil 4.33-4.37). Bununla birlikte, ana rezonans modları bu frekans aralığında gözlemlendiğinden, analiz için önde gelen ilgi alanı 500 Hz'e kadar olan frekans aralığıdır. *Not: *Frekans tepki grafikleri hız alanında sunulmuştur çünkü bu spektrum analizinde rezonans noktaları ivme ve yer değiştirme grafiklerine göre daha görünürdür.*



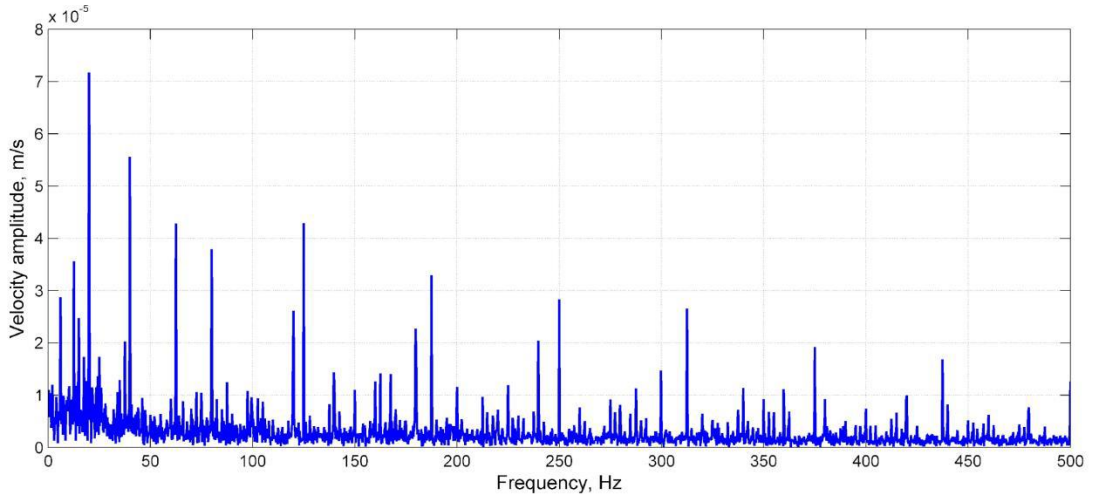
Şekil 4.33 Spektrum analizlerinin grafikleri - ilk nesnenin frekans tepkisi.

* Ayrıca, ilk rezonans noktasındaki şekil modunun bir videosu - 20Hz (+.gif) ayrı bir dosyada sunulmuştur



Şekil 4.34 Spektrum analizlerinin grafikleri - ikinci nesnenin frekans tepkisi.

*Ek olarak, ilk rezonans noktası - 20Hz (+.gif) üzerindeki şekil modunun bir videosu ayrı bir dosyada sunulmuştur.

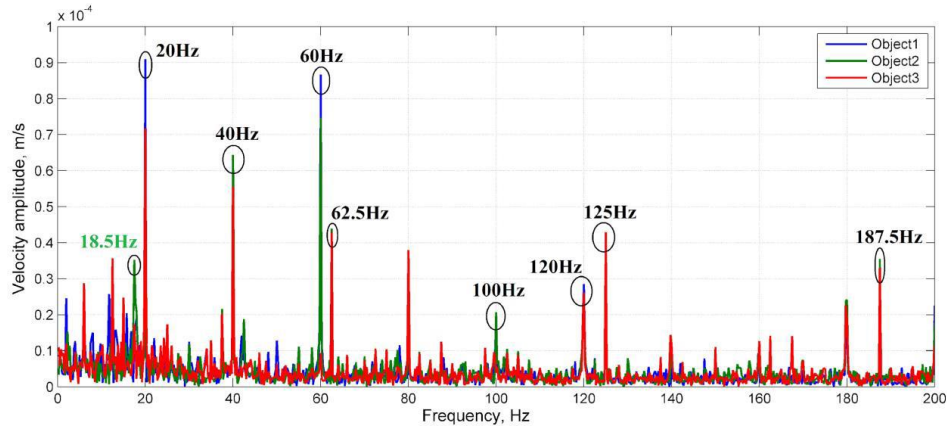


Şekil 4.35. Spektrum analizlerinin grafikleri - üçüncü nesnenin frekans tepkisi.

*Ek olarak, ilk rezonans noktası - 20Hz (+.gif) üzerindeki şekil modunun bir videosu ayrı bir dosyada sunulmuştur.

4.4.3 İlk Analiz Sonuçları

İlk analiz mantar malzemelerinin frekans tepkilerinin karşılaştırılmasını içerir (Şekil 4.36):



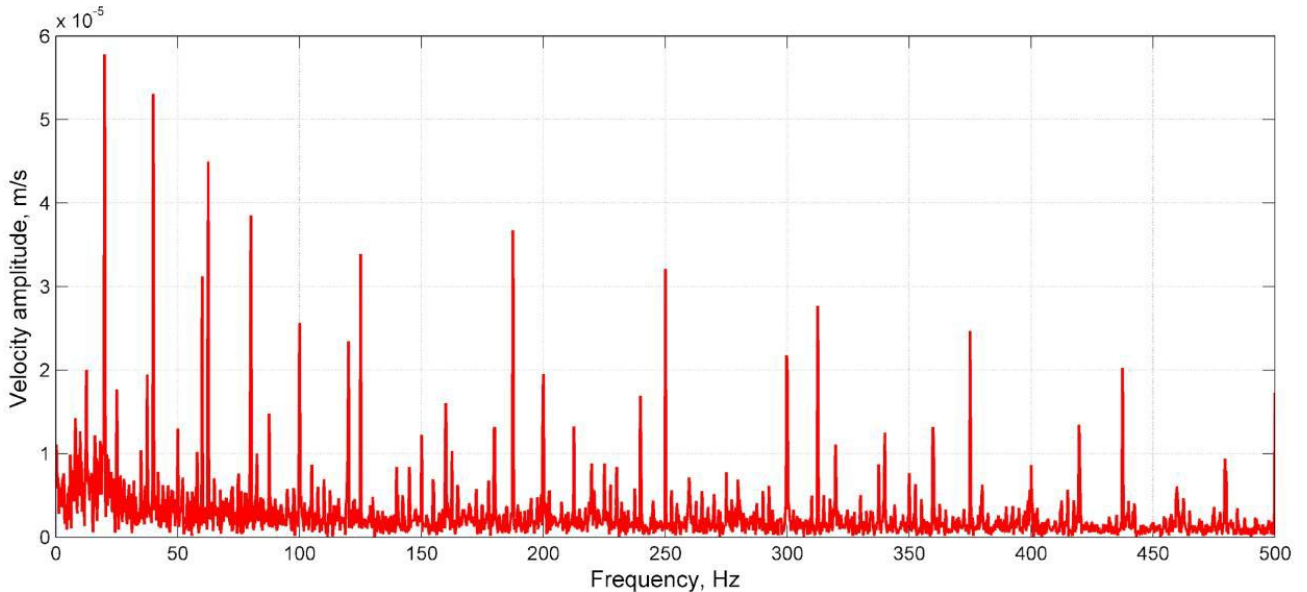
Şekil 4.36 Karşılaştırma analizi: spektrum analizlerinin grafikleri - Cork malzeme nesnelerinin frekans tepkisi.

Karşılaştırmalı frekans analizinden (Şekil 4.36), lamine mantar malzemelerin merkezi rezonans frekansının düşük frekans (0 - 200 Hz) aralığında ve orta frekans (200 Hz - 500 Hz) aralığının başında olduğu görülmektedir. Bu frekans aralığında ana rezonans modlarının gözlemlenebileceğine dikkat edilmelidir. Elde edilen sonuçların daha iyi gösterilebilmesi için karşılaştırma 200 Hz'e kadar sunulmuştur.

Frekans analizi ile, incelenen kompozit malzemenin ana ve ilk rezonans frekansı, her 20 Hz'de bir harmonik ile 20 Hz'e eşittir (20/40...80/100...vb. Hz). Ayrıca, orta frekans aralığında (125Hz...187Hz, vb.) devam eden harmonik adım ile 62,5 Hz'lik düşük frekans aralığında sivri frekans olmalıdır. Lamine mantarın kompozit yapısı ikinci bir rezonans frekansını açıklar.

Nesnelerin sönümlenme özelliklerinin karşılaştırılması, ilk rezonans noktası 20 Hz örneğinde sağlanmıştır:

Mevcut noktada, 1. nesne 0,9-10-4 m/s; 2. nesne 0,68-10-5 m/s; 3. nesne 0,72-10-5 m/s hız genliği ile titreşmiştir. Bu, №2 nesnesinin diğer iki lamine mantar nesnesine göre daha iyi bir sönümlenme özelliğine sahip olduğu ilk sonucuna yol açabilir.

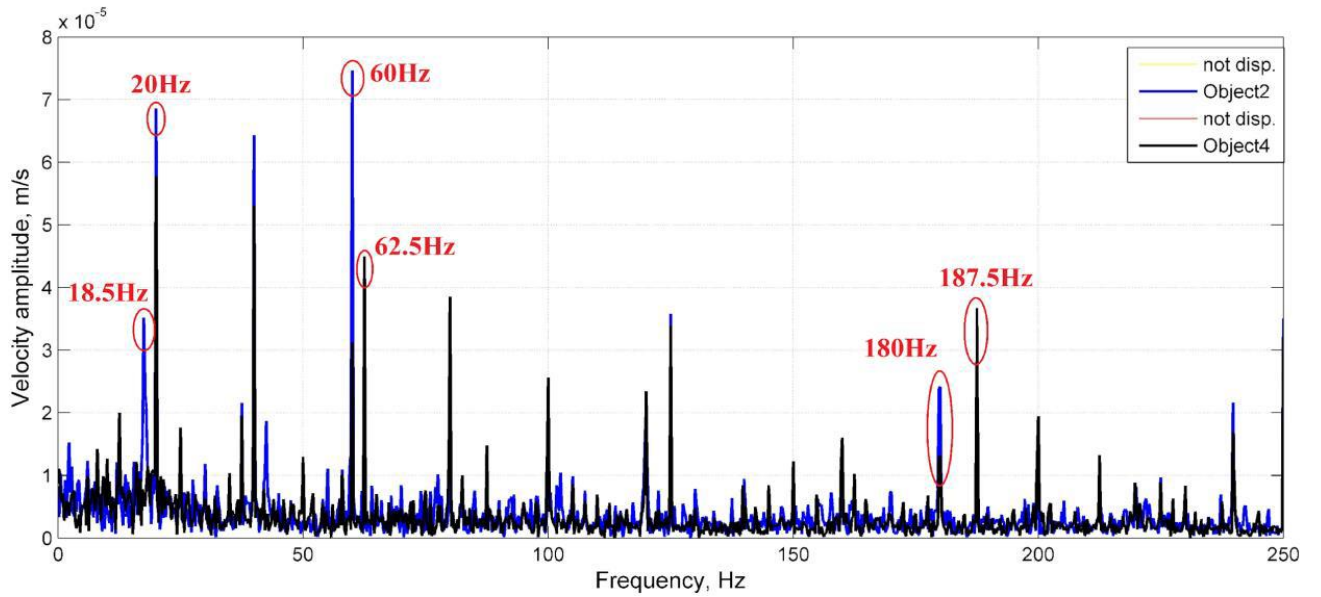


Şekil 4.37 Spektrum analizlerinin grafikleri - dördüncü nesnenin frekans tepkisi.

**Ek olarak, ilk rezonans noktası - 20Hz (+gif) üzerindeki şekil modunun bir videosu ayrı bir dosyada sunulmuştur.*

4.4.4 İkinci Analiz Sonuçları

İkinci analiz, lamine mantar (nesne 2) ve polimetakrilimid (nesne 4) malzemelerinin frekans tepkilerinin karşılaştırılmasını içermektedir (nesne iki, en iyi sönümlenme özelliğini gösterdiği için karşılaştırma için kabul edilmiştir) (Şekil 4.38):



Şekil 4.38 Karşılaştırma analizi: lamine mantar ve polimetakrilimid köpük malzemenin spektrum - frekans tepkisi grafikleri.

Frekans analizi karşılaştırmasından (Şekil 4.38), lamine mantar ve polimetakrilimid köpük malzemelerin ana rezonans frekansının neredeyse aynı olduğu ve düşük frekans (0 - 200 Hz) aralığında ve orta frekansın başlangıcında (200 Hz - 500 Hz) olduğu görülmektedir. Frekans analizi ile, incelenen kompozit malzemelerin ana ve ilk rezonans frekansı, her 20 Hz'de bir harmonik ile 20 Hz'e eşittir (20/40...80/100...vb. Hz). Ayrıca, orta frekans aralığında (125 Hz...187 Hz, vb.) devam eden harmonik adım ile 62,5 Hz'lik düşük frekans aralığında sivri frekans olmalıdır. Mantar ve polimetakrilimid köpüğün aynı malzeme ile laminasyonu, rezonans noktalarının aynı frekansta eşleşmesini açıklayabilir. Bu durumda temel fark, nesne 4'ün frekansa bağlı olarak ana rezonans noktalarında ~%16 ila ~%57 arasında daha iyi bir sönümlenme özelliği sağlamasıdır.

Nesnelerin sönümlenme özelliklerinin karşılaştırılması, ilk rezonans noktası 20 Hz örneğinde sağlanmıştır:

Mevcut noktada, lamine mantar $0,68 \cdot 10^{-5}$ m/s ve lamine polimetakrilimid köpük $0,57 \cdot 10^{-5}$ m/s hız genliği ile titreşmiştir (sönümlenme farkı ~%16). Ek olarak, 60 Hz frekansında: lamine mantar hız genliği - $0,74 \cdot 10^{-5}$ m/s ve lamine polimetakrilimid köpük - $0,32 \cdot 10^{-5}$ m/s (sönümlenme farkı ~% 57). Deformasyon hızı genliği 62,5 Hz, 125 Hz vb. frekanslarda polimetakrilimid köpük tarafından neredeyse hiç sönümlenmez (*bir noktada daha da yüksek). *Malzemelerin genliğindeki fark, nesnelerin sertliği ve deformasyonu farklı olduğu için polimetakrilimid köpüğün mantar malzemeye göre bir darbe darbesini sönümlemek için daha iyi kullanıldığını doğrulamıştır. Aynı zamanda, ikinci nesne birkaç rezonans noktasında sönümlenme için yakın özellikler gösterir, bu da bazı görevlerde lamine mantarın lamine polimetakrilimid köpükten ayrı olarak kullanılabileceği sonucuna varabilir.*

4.5. Mantar Tabanlı Sandviç Yapılı Kompozitlerin Eğilme Testleri

4.5.1 Örnekler

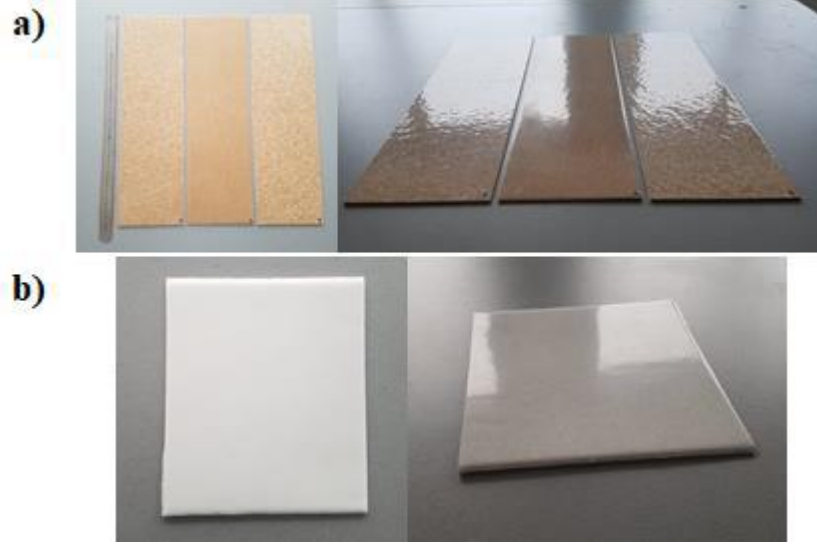
Sandviç yapılı panellerin farklı eğilme özelliklerini karşılaştırmak için dört test paneli üretilmiştir. Bunlardan üçünde farklı mantar bazlı kompozit dolgu maddeleri kullanılmıştır. Ana özellikler Tablo 4.3'te sunulmuştur. Bunlardan biri polimetakrilimid köpük dolgu maddesi içermektedir. Özellikleri Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Tüm panellerin her iki tarafı da 0,135 mm kalınlığında tek tip bir cam plastik laminat ile kaplanmıştır. Kullanılan *fiberglas Interglas 91110*, ağırlığı 110 g/m² ve dokuma tipi balıksırtıdır. Panellerin her iki tarafının da aynı açıda dokuma ile kaplanmış olması dikkat çekicidir. Fiberglas kumaş, iki bileşenli bir epoksi reçine olan "Epoxy Resin L + Hardener L" ile emprenye edilmiş ve 820 mbar'lık bir vakumun uygulandığı kapalı bir vakum torbasına yerleştirilerek panellerin yüzeyine sıkıştırılmıştır. 14 saat sonra torbadaki basınç atmosferik basınca eşitlenmiş, ancak paneller ancak 24 saat sonra çıkarılmıştır. Lamine panellerin bir görüntüsü Şekil 4.39'da sunulmuştur.

Tablo 4.3 Mantar bazlı kompozitlerin özellikleri.

Mantar malzeme düzlemi No.	1	2	3
Mantar granül boyutu	2-5 mm	0,5-1 mm	2-5 mm
Granül yapıştırma malzemesi	Poliüretan	Özel poliüretan	Poliüretan
Yoğunluk	186,1 kg/m ³	165,3 kg/m ³	357,7 kg/m ³
Çekme mukavemeti	≥500 kPa	≥400 kPa	≥400 kPa
Sıkıştırılabilirlik	% 10-25	% 30-50	% 5-25
Başlangıç konumuna geri dönüş	≥% 70	≥% 75	≥% 70

Tablo 4.4 Polimetakrilimid köpüğün özellikleri.

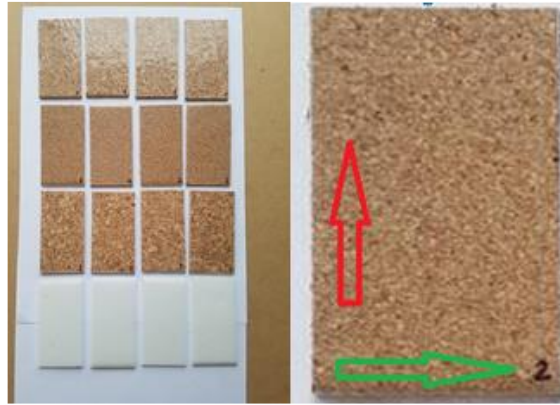
Malzeme adı	CASCELL 30 RS
Yoğunluk	30 kg/m ³
Basınç Dayanımı	400 kPa
Çekme Dayanımı	800 kPa
Elastik Modül	38 MPa
Bükülme sertliği	800 kPa
Kayma direnci	400 kPa
Kayma modülü	15 MPa
Termal direnç	≥200 C°



Şekil 4.39 a) Farklı mantar bazlı kompozit dolguya sahip sandviç yapıli paneller (soldan birinci ve ikinci fotoğraflar) b) Polimetakrilimid köpük dolguya sahip sandviç yapıli panel (soldan üçüncü ve dördüncü fotoğraflar).

Mantar bazlı kompozit dolgulu lamine sandviç yapıli panelin yüzeyleri, polimetakrilimid köpük dolgulu olanlara göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Mantar bazlı bir kompozitin granülleri ne kadar küçükse, yüzeyin o kadar pürüzsüz olduğunu belirtmek gerekir.

Boyutları olan numuneler: Her panelden 40x75x3mm boyutlarında numuneler kesilmiştir. 16 örnek panel üretildi, yani her sandviç yapıli panelden 4 örnek elde edildi. Bunlar eğilme testlerine tabi tutulmuştur. Numunelerin, cam elyafın numunenin en uzun kenarının yönü boyunca 0-90 derece döndürülmesiyle hazırlandığı da unutulmamalıdır. Görüntüleri Şekil 4.40'ta gösterilmektedir.



Şekil 4.40 Eğilme testi için hazırlanmış paneller. Kırmızı ok 0 derece, yeşil 90 dereceyi göstermektedir.

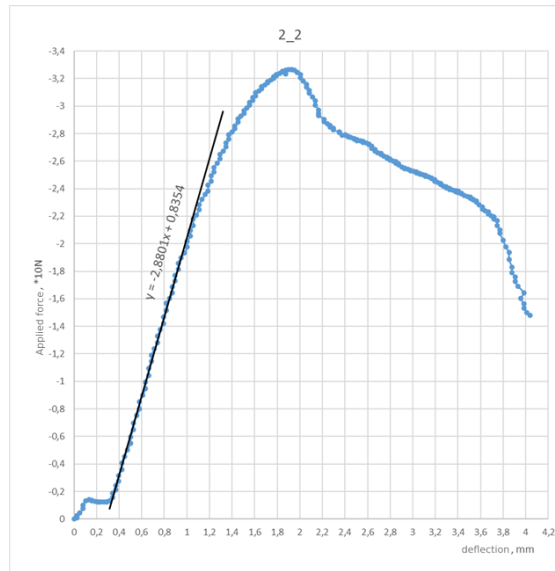
4.5.2 Bükme Testlerinin Gerçekleştirilmesi

Çekme ve eğme testleri, dijital test veri kaydına sahip bir Tira test 2300 üniversal test makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri kaydı için Catman expresses three yazılımı kullanılmıştır. Üç Noktalı Bükme Standı kullanıldı. Sabit rulmanlar arasındaki mesafe 50 mm olarak ayarlandı. Bükme pres hızı 2-0,4 mm/dak idi. Görüntü Şekil 4.41'de sunulmuştur. Tüm numunelerin kalınlığı ve genişliği bir kumpas ile ölçülmüştür.



Şekil 4.41. Bükme test standı.

Uygulama testlerinden doğru sonuçlar elde etmek için sistemin buna göre hazırlanması hayati önem taşımaktadır. Malzemelerin pürüzlü yüzeyleri nedeniyle, test sırasında numuneyi çentiklemek gerekir. Orantılı* yükleme başlayana kadar numuneler 0,3-0,4 mm deforme edilir. Numune 2_2 üzerindeki sapma ve çekme mukavemeti arasındaki karşılıklı bağımlılığın grafiği Şekil 4.42'de sunulmuştur.



Şekil 4.42 Örnek 2_2 üzerindeki sapma ve uygulanan kuvvet arasındaki karşılıklı bağımlılık.

Orantılı yükleme sınırları dahilinde, yaklaşık bir eğri çizilmiş ve her bir numunenin mukavemeti ve elastisite modülü hesaplanmıştır.

Dayanım (σ) formülü (Eş.1) referans alınarak hesaplanmıştır:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (4.1)$$

L - Newton cinsinden bükme kuvveti; L - milimetre cinsinden sabit rulmanlar arasındaki mesafe; b - milimetre cinsinden numune genişliği; h - milimetre cinsinden numune kalınlığı.

Elastik modül hesaplamaları için, sapmalar ilgili gerilme değerlerinde hesaplanmıştır $\epsilon f1=0.0005$ ve $\epsilon f2=0,0025$ (Eşitlik 2).

$$s_i = \frac{\epsilon_i L^2}{6h} \quad (i=1;2) \quad (4.2)$$

s_i - milimetre cinsinden sapma; ϵ_i - yukarıda verilen ilgili gerilme değerleri; L - milimetre cinsinden sabit rulmanlar arasındaki mesafe; h - milimetre cinsinden numune kalınlığı.

Elastik modül (Eş.3) formülüne göre hesaplanmıştır:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (4.3)$$

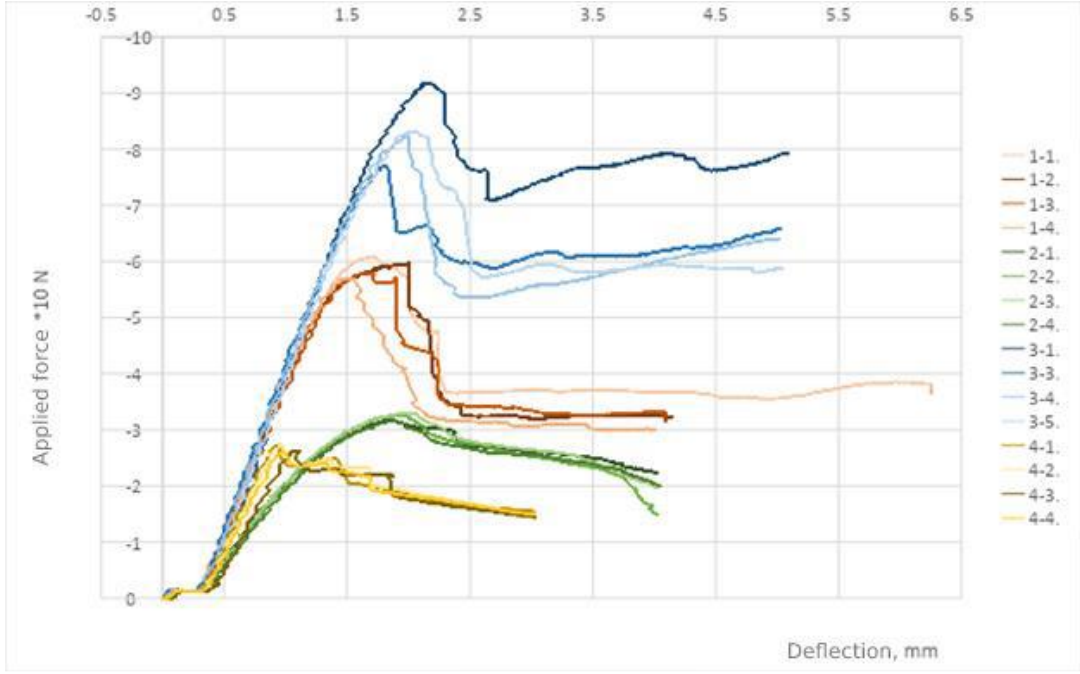
σ_1 - MPa cinsinden mukavemet, s_1 bükülme σ_2 - MPa cinsinden mukavemet, s_2 bükülme noktasında.

4.5.3 Sonuçların Karşılaştırılması, Analiz

Tablo 4.5 test sırasında toplanan verileri sunmaktadır. Ayrıca, her bir numunenin hesaplanan Ef değerlerini de vermektedir (Şekil 4.43).

Tablo 4.5 Test verileri tablosu.

	h - total thickness	Laminate thickness	Filler thickness	b- width	l - distance	Fm	σ	Ef
	mm	mm	mm	mm	mm	N	MPa	MPa
01 01	2,96	0,135	2,69	40,3	50	60,88	12,93146	10,32732
01 02	2,9	0,135	2,63	40,1	50	59,52	13,23682	11,70209
01 03	2,91	0,135	2,64	40,3	50	57,95	12,73573	11,34853
01 04	2,91	0,135	2,64	40,2	50	56,99	12,5559	11,20888
02 01	2,91	0,135	2,64	40,3	50	31,65	6,95575	6,153586
02 02	2,87	0,135	2,6	40,1	50	32,65	7,413722	6,539743
02 03	2,97	0,135	2,7	40,6	50	33,01	6,913021	6,104861
02 04	2,9	0,135	2,63	40,4	50	31,57	6,968808	6,295767
03 01	3,28	0,135	3,01	40,4	50	91,65	15,81484	9,001601
03 03	3,22	0,135	2,95	40,2	50	76,95	13,84625	10,24622
03 04	3,37	0,135	3,1	40,9	50	82,25	13,28049	8,753336
03 05	3,2	0,135	2,93	40,8	50	83,13	14,9231	9,717874
04 01	2,82	0,135	2,55	40,2	50	27,43	6,435211	11,04473
04 02	2,89	0,135	2,62	40,2	50	27,47	6,136181	9,911932
04 03	2,65	0,135	2,38	40,1	50	26,18	6,972601	10,8347
04 04	2,73	0,135	2,46	40,1	50	26,06	6,539823	10,39721



Şekil 4.43. Her bir numunenin hesaplanan Ef değeri.

Elde edilen sonuçlardan da görülebileceği gibi, en yüksek mukavemet oranına sahip malzeme en büyük mantar bazlı granüllerden oluşmuştur. Dayanma kuvveti, polimetakrilimid köpük dolgulu kompozit malzemeden üç kat daha yüksekti. Mantar bazlı granüllerin boyutu azaldıkça, dayanılan eğilme kuvvetinin de azalması dikkat çekicidir. En küçük granüllere sahip numunelerin eğilme mukavemeti, en büyük granüllere sahip kompozitlerden üç kat daha düşüktü.

4.5.4 Çekme Testleri

Uygulamalı test için örnek paneller lamine panellerden kesilmiştir. Boyutlar test personelinin tavsiyelerine göre seçilmiştir (Şekil 4.44). Örnek şekiller lamine panellerden bir freze makinesi (CNC) kullanılarak kesilmiştir.



Şekil 4.44 Örnek frezeleme ve boyutlar.

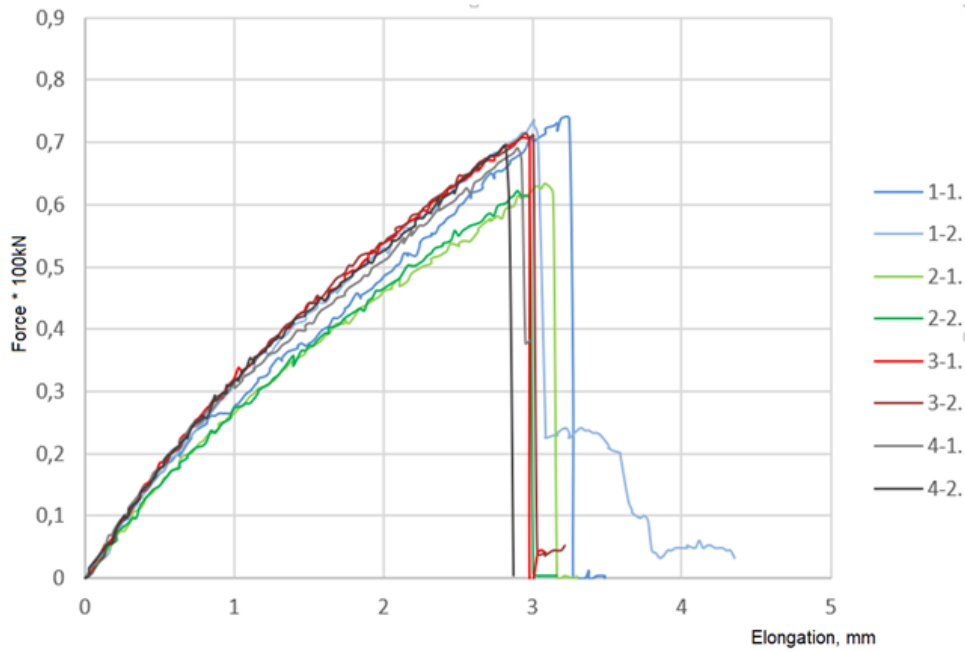
Test, gergi standı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler sırasındaki ana sorun, plakaların tutucularda kaymasıydı. Bu nedenle tatmin edici sonuçlar elde edilememiştir. İkinci test için, plakaların kaymasını önlemek amacıyla, yapışmayı artırmak için montaj noktalarına yapıştırıcı ile kauçuk bir plaka yapıştırıldı.

4.5.5 Çekme Testi Sonuçları

Tablo 4'te verilen sonuçlardan görüldüğü üzere, en yüksek gerilme oranına sahip malzeme granüle mantar malzemeden üretilmiştir. Gerilme oranı, polimetakrilimid köpük dolgululu kompozit malzemeden yaklaşık yüzde 5 daha yüksekti. En küçük granüllere sahip numunelerin gerilme oranı, en büyük granüllere sahip olanlara kıyasla 20 N daha düşüktü. Bununla birlikte, orta büyüklükte granüllere sahip numunenin taşıma gücü, en büyük granüllere sahip numuneninkinden yaklaşık %10 daha düşüktü.

Tablo 4.6 Test verileri tablosu.

	a	b	S ₀	F _m	R _m
	mm	mm	mm ²	N	MPa
1_1	2,95	10,07	29,7	738,9	2,95
1_2	2,96	10,03	29,7	734,9	2,96
2_1	2,88	10,08	29,0	634,5	2,88
2_2	2,91	10,03	29,2	622,5	2,91
3_1	2,85	10,02	28,6	706,8	2,85
3_2	2,83	10,03	28,4	714,8	2,93
4_1	2,80	10,01	28,0	690,8	2,80
4_2	2,80	10,03	28,1	694,8	2,80



Şekil 4.45 Uzama ile her bir numuneye uygulanan kuvvet arasındaki karşılıklı bağımlılık.

Elde edilen gerilme sonuçlarının ardından numunelerin uzaması ile çekme kuvveti arasındaki korelasyonu gösteren grafikler çizilmiştir (Şekil 4.45). Grafiklerden, sandviç yapının dolgu malzemesine çok az bağlı olduğu için farklı numunelerin çekme mukavemetinin benzer olduğu (sonuçlar yüzde 10'luk sınırlar içinde dalgalanmaktadır) gözlemlenebilir.

Kaynakça

- [1] Fan, J., & Njuguna, J. (2016). An introduction to lightweight composite materials and their use in transport structures. *Lightweight Composite Structures in Transport*, 3–34. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-325-6.00001-3>
- [2] Krzyżak, A., Mazur, M., Gajewski, M., Drozd, K., Komorek, A., & Przybyłek, P. (2016). Sandwich Structured Composites for Aeronautics: Methods of Manufacturing Affecting Some Mechanical Properties. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2016, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2016/7816912>
- [3] Li, Z., & Ma, J. (2020). Experimental Study on Mechanical Properties of the Sandwich Composite Structure Reinforced by Basalt Fiber and Nomex Honeycomb. *Materials*, 13(8), 1870. <https://doi.org/10.3390/ma13081870>.
- [4] Walkowiak, M., Reinicke, U., & Anders, D. (2022). Numerical Investigation of Different Core Topologies in Sandwich-Structured Composites Subjected to Air-Blast Impact. *Applied Sciences*, 12(18), 9012. <https://doi.org/10.3390/app12189012>
- [5] (P6B) - ALU - Panneau sandwich âme en polystyrène expansé by Weiss Chemie | DirectIndustry. (n.d.). <https://www.directindustry.fr/prod/weiss-chemie/product-66508-1338307.html> (accessed Jan. 11, 2023).
- [6] Gil, L. (2015). New Cork-Based Materials and Applications. *Materials*, 8(2), 625–637. <https://doi.org/10.3390/ma8020625>
- [7] Silva, J., Sabatini, R., and Gardi, A.G.M. (2014). Opportunities offered by naturally occurring materials in lightweight aerostructures design, *Proceedings of the Practical Responses to Climate Change (PRCC 2014)*, pp. 1–9.
- [8] Pereira, H. (2015). The Rationale behind Cork Properties: A Review of Structure and Chemistry. *BioResources*, 10(3). <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.pereira>
- [9] Gesimondo, N., & James Christopher Postell. (2011). *Materiality and interior construction*. Hoboken, N.J.: John Wiley.
- [10] Utah National Parks Trivet hot Pad Original Text - Etsy. (n.d.). from www.etsy.com website: https://www.etsy.com/listing/573062806/utah-national-parks-trivet-hot-pad?click_key=20412901616b07a04914e36a5a71b3c36f16acc4%3A573062806&click_sum=3bb4c7d7&ref=shop_home_active_9&sts=1 (accessed Jan. 11, 2023).
- [11] “Maripaz – 4Spaces.” Maripaz. (n.d.). 4Spaces. <https://www.4spaces.ch/collections/cork-fabrics-and-wallcoverings/products/maripaz> (accessed Jan. 11, 2023).

- [12] Laser Cut Cork – Laser Cut Signs. (n.d.). https://lascutsigns.co.uk/dt_gallery/laser-cut-cork/ (accessed Jan. 11, 2023).
- [13] Silva, J. M., Nunes, C. Z., Franco, N., & Gamboa, P. V. (2011). Damage tolerant cork based composites for aerospace applications. *The Aeronautical Journal*, 115(1171), 567–575. <https://doi.org/10.1017/s0001924000006205>
- [14] About. (2019, July 27). HandBoom. <https://handboom.net/about/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [15] Densities of cork granules - CorkLink - cork products direct from Portugal. <https://www.corklink.com/index.php/densities-of-cork-granules/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [16] Gil, L. (2015b). New Cork-Based Materials and Applications. *Materials*, 8(2), 625–637. <https://doi.org/10.3390/ma8020625>.
- [17] Castanie, B., Bouvet, C., & Ginot, M. (2020b). Review of composite sandwich structure in aeronautic applications. *Composites Part C: Open Access*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100004>
- [18] My glider has 4 configurations of wingtips, winglets and wing extensions. Can anyone beat that?! (2020, October 8). Reddit. https://www.reddit.com/r/aviation/comments/j7atmo/my_glider_has_4_configurations_of_wingtips/ (accessed Jan. 11, 2023).
- [19] Dimino, I., Gallorini, F., Palmieri, M., & Pispola, G. (2019). Electromechanical Actuation for Morphing Winglets. *Actuators*, 8(2), 42. <https://doi.org/10.3390/act8020042>
- [20] Trabolt, J. (2021, December 7). Test: HpH 304 Shark MS. Nordic Gliding. <https://nordicgliding.com/ng-tester-hph-304-shark-ms/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [21] Modern Aviation. (n.d.). 2001 Falcon 2000. <https://modern-aviation.com/product/2001-falcon-2000/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [22] Ramec - Materiali Ecologici da Costruzione. (2017, December 14). Superlight panel - Pannello sandwich, Okoumè, sughero compatto biondo. R.A.M.E.C - Materiali Ecologici E Da Costruzione. <https://www.ramec.it/prodotti/superlight-panel-pannello-sandwich-okoume-sughero-compatto-biondo/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [23] Grōwancork - Projetos customizados. (n.d.). <https://www.growancork.com/projetos/projetos-customizados-4/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [24] Kamšcio produktu ekspertai! (n.d.). Dekoratyvine kamÂštinè danga NATŪRALUS 3D STRIPE - BESTSELLER! Kam□Cio Produktu Ekspertai! <https://www.kamstiena.lt/pardotuve/139-stripes/571-dekortyvne-kamstine-sienu-danga-fiord-exclusive-3x300x600mm-pakelis-198m22/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [25] Lakreb, N., Knapic, S., Machado, J. S., Bezzazi, B., & Pereira, H. (2017). Properties of multilayered sandwich panels with an agglomerated cork core for interior applications in buildings. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(1), 143–153. <https://doi.org/10.1007/s00107-017-1198-3>
- [26] Griffe Klik Cork. (n.d.). Mcbike. <https://mcbike24.de/Griffe-Klik-Cork/1026771> (accessed Jan. 11, 2023).

11, 2023).

[27] Anti Vibration Mounting Pad. (n.d.). indiamart.com. <https://www.indiamart.com/proddetail/anti-vibration-mounting-pad-15429567862.html> (accessed Jan. 11, 2023).

[28] Wingren, N., & Sjoberg, D. (2022). Nondestructive Testing Using mm-Wave Sparse Imaging Verified for Singly Curved Composite Panels. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/tap.2022.3211341>

[29] Kim, B. J., Kim, J., Cha, S. H., Shim, Y. B., Jeong, C., Kim, N., & Park, Y. B. (2021). Interfacial enhancements between a three-dimensionally printed Honeycomb-Truss core and woven carbon fiber/polyamide-6 facesheets in sandwich-structured composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 149, 106534. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106534>.

[30] Ge Qi, L.M. and Jin-Shui, Y. (2016). Development of the lightweight inserts for composite sandwich panels with pyramidal truss cores Conference: ECCM17-17th European Conference on Composite Materials.

[31] Yam, K. L. (2009). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. Wiley.

[32] Jadhav, P., Quabili, A., Molligan, D., Andersen, S. and Gillespie Jr., J.W. (2007). Mechanical Characterization of Adhesively Bonded Metallic Insert Joints in Vinyl-Ester Balsa core Sandwich Panels, in American Society for Composites – 22nd Annual Technical Conference, 2007.

[33] PCC Fasteners - Sandwich Structure Fasteners. (n.d.). <https://www.pccfasteners.com/products/product-categories/specialty-fasteners/fasteners-for-sandwich-structure/> (accessed Jan. 12, 2023).

[34] Castanie, B., Bouvet, C., & Ginot, M. (2020). Review of composite sandwich structure in aeronautic applications. *Composites Part C: Open Access*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100004>

[35] Flitney, R. K. (2014). *Seals and Sealing Handbook*. Elsevier.

[36] Kumar, T., Mohsin, R., Majid, Z. A., Ghafir, M. F. A., & Wash, A. M. (2020). Experimental study of the anti-knock efficiency of high-octane fuels in spark ignited aircraft engine using response surface methodology. *Applied Energy*, 259, 114150. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114150>

[37] Chuck, C. J., & Donnelly, J. (2014). The compatibility of potential bioderived fuels with Jet A-1 aviation kerosene. *Applied Energy*, 118, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.019>

[38] Erickson, J., Brewer, P., Friederich, G., & Peltzer, E. (2002). Design and operation of a pressure retaining sampler for sedimentary gases and gas hydrates. *MTS/IEEE Oceans 2001. An Ocean Odyssey. Conference Proceedings (IEEE Cat. No.01CH37295)*. <https://doi.org/10.1109/oceans.2001.968374>.

[39] Fernandes, E., Pires, R., & Reis, R. (2017). Cork biomass biocomposites. *Lignocellulosic Fibre and Biomass-Based Composite Materials*, 365–385. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100959-8.00017-2>

[40] Cork Gasket Material | Types & Thicknesses. (2021, November 6). RAM Gasket Solutions. <https://www.ramgaskets.com/gasket-materials/cork-gasket-material/> (accessed Jan. 09, 2023).

- [41] Portugal, F. (n.d.). Automotive industry. Amorim Cork Composites. <https://amorimcorkcomposites.com/en/materials-applications/sealing/industries-applications/automotive/> (accessed Jan. 09, 2023).
- [42] Parr, E. A. (2011). *Hydraulics and pneumatics : a technician's and engineer's guide*. Amsterdam ; Boston: Butterworth-Heinemann..
- [43] Santra, R. N., Roy, S., Tikku, V. K., & Nando, G. B. (1995). In-situ compatibilization of thermoplastic polyurethane and polydimethyl siloxane rubber by using ethylene methyl acrylate copolymer as a reactive polymeric compatibilizer. *Advances in Polymer Technology*, 14(1), 59–66. <https://doi.org/10.1002/adv.1995.060140106>
- [44] Ashton Seals. (n.d.). CORK. <https://www.ashtonseals.co.uk/gaskets-cork> (accessed Jan. 12, 2023).
- [45] Silicone Gaskets - Real Gaskets Tennessee. (2022, August 3). Valve Cover Gasket - Lycoming engines O-235 thru TIO-540. <https://realgaskets.com/product/valve-cover-gasket-6-holes-2/> (accessed Jan. 12, 2023).
- [46] Woodyard, D. (2009). Theory and General Principles. *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines*, 1–40. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-8984-7.00001-1>
- [47] Karpenko, M., & Nugaras, J. (2022). Vibration damping characteristics of the cork-based composite material in line to frequency analysis. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 593–602. <https://doi.org/10.15632/jtam-pl/152970>

BÖLÜM 5

Mantar Kompozitlerin Havacılık/Uzay Uygulamaları

Elvin Ragimov¹, M. Alper Sofuoğlu^{2*}, Selim Gürgen³, Melih Cemal Kuşhan³

¹Makine Mühendisliği, Leeds Üniversitesi, Birleşik Krallık

²Makine Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

³Uçak Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

*Yazışma: asofuoglu@ogu.edu.tr

Özet

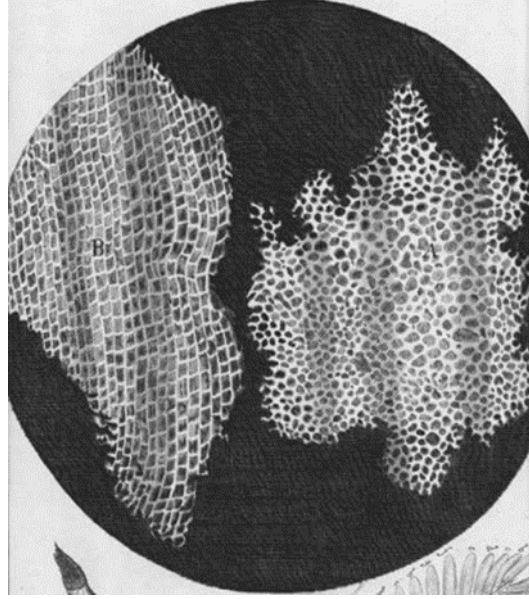
Mantar doğal olarak oluşan, yenilenebilir ve uzun ömürlü bir hammaddedir ve asırlardır kullanılmaktadır. Bu uzun süreli ilgi nedeniyle mantar hakkındaki bilimsel literatür oldukça fazladır. Çalışmaların çoğu mantarın kimyasal yapısı, mekanik ve fiziksel özellikleri, ürünleri ve alt ürünleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Büyümesi, histolojisi ve yapısından başlayarak, mantarı tam olarak karakterize etmeye yönelik kapsamlı girişimler ve yeni ilerlemeler ve gelişen araştırmalar (mikro ve makro ölçeklerde) ele alınmaktadır. Daha sonra, mantarın ayırt edici nitelikleri incelenmiş ve benzer endüstrilerde kullanılan diğer malzemelerle karşılaştırılmıştır. Mantarın çeşitli açılardan neden diğer malzemelerden daha iyi olduğu açıklanmaya çalışılmıştır. Çekme mukavemeti, Young modülü ve Poisson oranları, bu araştırmada mekanik özellikleri ele alınırken gerçek hayat uygulamaları olan çeşitli ortamlarda ele alınmıştır. Mantar kompozitlerinin mekanik ve termal özellikleri ile havacılık ve uzay uygulamalarındaki mevcut kullanımları bu incelemenin konularını oluşturmaktadır. Son olarak, bu çevre dostu kompozitlerin gelecekteki kullanımının bir kısmı tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mantar kompozitler, çevre dostu, havacılık ve uzay uygulamaları.

5.1 Giriş

Mühendislikte belirli özelliklere sahip daha iyi doğal malzemelerin peşine düşmek araştırmacılar için hayati önem taşıyor. Farklı mühendislik ve tasarım uygulamalarında, en iyi bilinen doğal malzemelerden biri olan mantar, sentetik hücresel malzemeleri değiştirmek için inanılmaz bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Dahası, modern dünya alıcıların farkındalığına, hükümet politikalarına ve üreticilerin pazar çözümlerine geri dönüştürülebilir varyantlar sağlamasını gerektiren "çevre dostu" eğilimlere tanık olmuştur. 16. yüzyılda mantar, Robert Hooke tarafından keşfedilen ve araştırılan ilk malzemelerden biriydi. Mikroskop sayesinde mantarın dilimlerini çizdi. Araştırmanın sonuçları 1665 yılında yayımlandı. Araştırmada da bahsedildiği gibi mantar malzemesinin içindeki minik yapılar hücre olarak adlandırılıyor. Hücre Latince'den gelmektedir ve anlamı küçük bir odadır. Şekil 5.1'de Hooke'un çizimi görülebilir. O

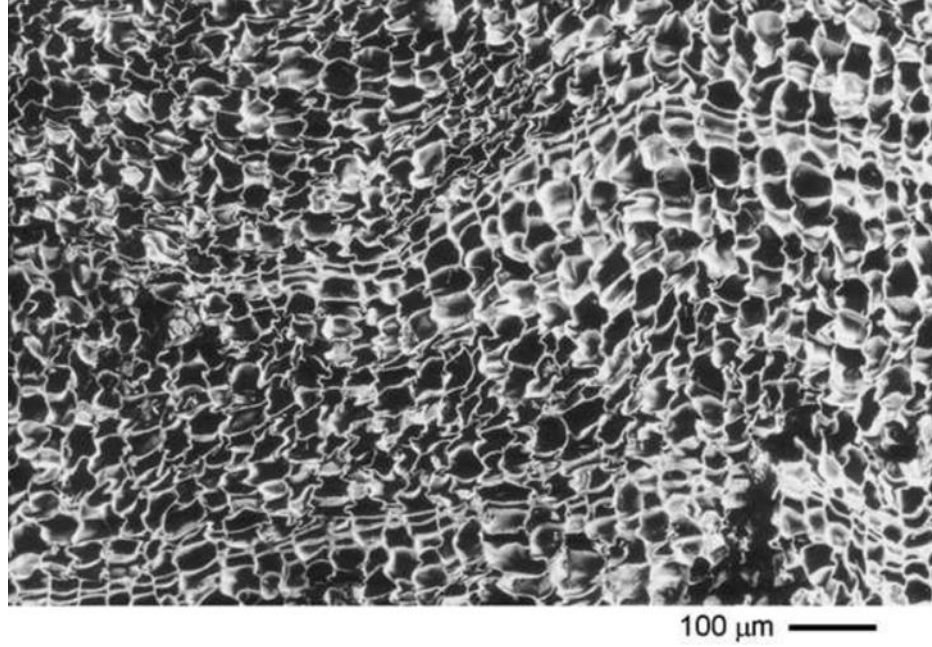
dönem için bu çizim bize mantar hücrelerinin birçok topolojik özelliği hakkında bilgi sağlayabilir. Mantar, doğal, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir ham kaynak olarak 5000 yılı aşkın bir süredir insanlar tarafından kullanılmaktadır. İnsanlık, mantar malzemelerini dünya genelinde sızdırmazlık kapları, balıkçılık aletleri ve sandaletler gibi günlük ihtiyaçları için kullanmaktadır. Mantar tıpa olarak modern kullanımı ise 17. yüzyılın ilk yarısında Benedictine keşişi Dom Perignon sayesinde hayat bulmuştur. Mantar araştırmalarındaki güncel gelişmeler, mantar-şarap ilişkisi biçiminden yüksek kapasite, doğa düşüncesi, mantar endüstrisi kalıntılarının zorlanması ve kompozitlere kadar değişmiştir. 21. yüzyılda, mantar malzemelerinin önemli bir bölümünü oluşturan zemin, duvar kaplamaları ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılan kompozitler sayesinde, sadece mantar durdurucu olarak değil, aynı zamanda havacılık ve uzay malzemeleri olarak da çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Ayrıca hafiflik, elastikiyet ve esneklik gibi özelliklerinin yanı sıra sızdırmazlık, yalıtım, aşınma direnci, yangın geciktirici nitelikleri, hipoalerjenik özellikleri ve dayanıklılığı ile ahşap ve taştan ayrılan çok yönlü bir yapı malzemesidir [1].



Şekil 5.1 Bir mantar hücresinin mikroskopik perspektiften çizimi[2].

Mantara önemli yetenekler sağlayan sert kısım, her prizmatik aşamanın yüzlerinde bulunur. Bu prizmatik aşamalar hücre olarak adlandırılır ve bir polimerin biyosentetik yer değiştirmesi bunları birleştirir. Ayrıca, hücrenin katı maddelerinin biçimi homojen değildir. Bu tür bir üstyapı, ilgili biyolojik gelişim sürecine ek olarak kimyasal bileşenlerin bileşimi ve bu bileşenlerin uzayda düzenlenmesi nedeniyle mikroskopik seviyenin altında kendini gösterir. Mantarın hücre yapısı benzersizdir. Köpüklü plastikler mantardan daha küçük ve daha ince hücrelere sahiptir. İdeal bir ortalama hücre aşağıdaki boyutlara sahip olacaktır: 40 μm prizma yüksekliği, 20 μm taban kenarı, 1 μm hücre duvarı kalınlığı, prizma yanal yüzü başına iki ila üç oluk, 15 metre dalga boyu ve 5-6 μm genlik. Mantarın hücre duvarları büyük ölçüde esnektir ve değişken

bir dereceye kadar sıkıştırma altında oluklanır veya dalgalanır. Buna ek olarak, erken mantar hücrelerine kıyasla, kalın duvarlı, kısa geç mantar hücreleri çok daha sağlam ve güçlüdür. Şekil 5.2'de işlenmemiş mantarın yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5.2 İşlenmemiş mantarın yapısı [1].

Mantar malzemelerinin çeşitli uygulamaları farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Aglomere mantarın farklı durumlardaki mekanik tepkisi Jardin ve arkadaşlarının [3] ve Santos ve arkadaşlarının [4] konusuydu. Ayrıca, genişletilmiş mantar malzemesinin yoğunluğu, bağlayıcı türü ve tane boyutu gibi bağımlılık karakterizasyonunu da araştırmışlardır. Costas ve diğerleri [5] mantar kompozitini önden araba hibrit darbe emici bileşeni olarak analiz etmiştir. Emici üretiminin yanı sıra, aglomere mantar, güvenliği sağlamak için karayolu araçlarında yan darbe azaltıcıları şekillendirmek için kullanılmıştır. Araştırma Tay ve arkadaşları tarafından yürütülmüştür [6]. Sanchez-Saez ve arkadaşları [7] mantardan yapılan çekirdek yapıların balistik etkilerini incelemiştir.

Ağaç bazlı bir madde olan mantarı üretmek için meşe ağacının kabuğu kullanılır. Ağaçların kabuğunun en dış katmanından hasat edilir, ağaçlardan hasarsız bir şekilde çıkarılır ve bu, üretici katmanın gerekli genişliğe ulaştığından emin olduğunda her 9-12 yılda bir gerçekleşir. Kabuk kalifiye personel tarafından toplanır ve ağacın gelecekte toplanabilecek başka bir dış kabuk tabakası oluşturmasına izin verilir. Bu nedenle, bir mantar meşesi ağacının 200 yıl süren ömrü boyunca 17 kez mantar toplanabilir. Mantar sadece doğal bir kaynak değil, aynı zamanda geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir bir malzemedir. Başka bir deyişle, ağacın yaşam döngüsü boyunca devam eden üretim süresi nedeniyle negatif karbon ayak izine sahip tamamen "yeşil" bir malzemedir. 2,1 milyon hektarlık mantar meşesi ağaçlarıyla kaplı olan Portekiz, dünya genelindeki tüm meşe ağacı kapasitelerinin üçte birine ev sahipliği yapmaktadır. İspanya ve

Portekiz'deki mantar meşesi üretimi, bu iki ülkenin toplam hammadde üretiminin sırasıyla yaklaşık %30,5 ve %49,6'sını oluşturmaktadır. Bu nedenle mantar, bu ülkeler için büyük ekonomik öneme sahip entegre sanayi zincirlerinin hammaddesidir.

Mantarın katı hacminin oranı, kapalı hücre özelliği açısından toplam hacminin yaklaşık %15'i kadardır. Ayrıca katı hacim oranı gaz hacminden daha küçüktür. Bir diğer önemli husus ise aglomere mantar üretimidir. Mantar taneleri poliüretan termoset reçineler ile karıştırılarak aglomere mantar oluşturulur. Basınç, ısı ve bağlayıcı, malzemenin özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Granüller aglütine olduktan sonra karışım sıkılır ve 110°C ile 150°C arasındaki sıcaklıklara ısıtılır. Kompozitin türüne ve miktarına bağlı olarak basınç yükleri altında mekanik reaksiyonda aşırı değişiklikler ortaya çıkar [4]. Aglomeratın mantar tıpa üretiminde mekanik, termal ve akustik özellikler açısından test edildiği yaygın olarak bilinmektedir.

Mantar malzemesinin diğer sektörlerde uygulanması genişlemeye devam etmektedir. Havacılık ve uzay sektöründe mantar bazlı kompozitlerin kullanılabilmesi için, aşırı sıcaklıklar altındaki performanslarına ilişkin belirli özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir [8]. Mantarın zayıf ısı iletkenliği ve yüksek basınç dayanımı, onu roketlerde, kayıt stüdyolarında, denizaltılarda akustik yalıtımda, yanmalı motorlarda ve enerji emici zemin plakalarında termal izolatörler için ideal bir malzeme haline getirmektedir.

Bu çalışma dört bölüme ayrılmıştır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde mantar kompozitlerin genel özellikleri incelenmiştir. Mantar malzemesinin mekanik ve termal özellikleri açıklanmıştır. Bunu takiben, üçüncü bölümde mantar kompozitlerin havacılık ve uzay endüstrisindeki mevcut kullanımları örneklerle açıklanmaktadır. Son olarak, mantar malzemelerin potansiyel uygulamaları havacılık ve uzay uygulamaları açısından tartışılmaktadır. Bölümün sonunda ise sonuç kısmına yer verilmiştir.

5.2 Mantar Kompozitlerin Genel Özellikleri

Mantar kompozitleri, mantar ürününün çeşitli yöntemlerle işlenmesiyle elde edilir. Genel olarak, mühendislikte hâlihazırda kullanılan kompozitlere yapısal olarak benzerler. Kompozit yapının özellikleri, kompozit malzemenin bir araya geliş şekline ve kompoziti oluşturan katmanların ve malzemelerin özelliklerine ve konsantrasyonlarına bağlıdır. Bu bağlamda mantar kompozitler, mantar malzemelerin sahip olduğu hafiflik, ısı ve ses yalıtımı, darbe sönümleme gibi özelliklere sahiptir.

Farklı sektörlerde kullanılmak üzere, farklı fiziksel ve mekanik özellikler elde etmek için çeşitli yöntemler sayesinde mantar kompozitler üretilmektedir. Bu yöntemler, mantar malzemesinin nasıl işlendiğine ve kompozit yapının nasıl bir araya getirildiğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kompozit malzemeler, genel kullanım alanlarına göre ürün tipleri ve birleştirme yöntemleri açısından kabaca çeşitlendirilebilir. Üretim süreci açısından mantar malzemeler öğütülmüş, kırılmış ve preslenmiş olarak çeşitlendirilebilir. Ayrıca, malzemeler sandviç, çok katmanlı veya aglutinatif gibi birleştirme yöntemlerine göre adlandırılır.

Mantar kompozitler genel özellikleri bakımından mantarın fiziksel ve mekanik özelliklerine benzerlik gösterdiğinden, mantar kompozit kullanımının avantajları mantar malzemesinin özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle mantar kompozitlerin sunduğu avantajlar uygulama alanına göre değerlendirilmektedir. Bu bölümde mantar kompozitlerin mekanik ve termal özellikleri değerlendirilecek ve farklı yönlerden incelenecektir [9].

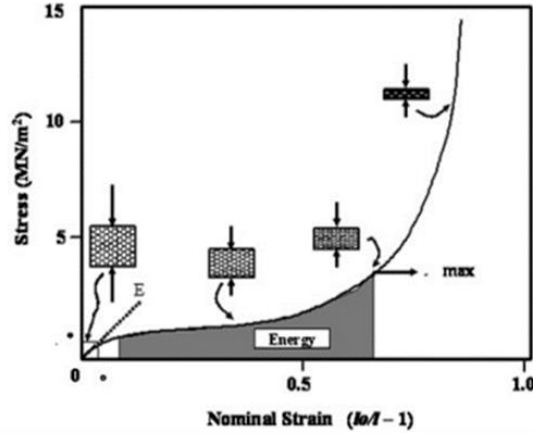
5.2.1 Mekanik/Fiziksel Özellikler

Mantar düşük iletkenlik, aşırı sıkıştırılabilirlik, düşük yoğunluk, sıvı ve gazlara karşı nispeten düşük geçirgenlik, kimyasal kararlılık ve dayanıklılık gibi olağanüstü özelliklere sahiptir. Buna ek olarak, mantar hücrelerinin yönü bakımından anizotropiktir, bu nedenle özellikler radyal yönler (R, prizma radyal eksenine denk gelen) ve radyal olmayan yönler (N.R., dik düzlem) boyunca ölçümler arasında farklılıklar gösterir. Bununla birlikte, şeklin anizotropi oranları küçüktür ve buna bağlı özellikler diğer malzemelerden çok daha azdır. Mantar malzemesinde çeşitli mekanik özellikler gözlemlenmiştir. Tablo 5.1'de mantar malzemesinin bazı önemli özellikleri sunulmuştur.

Sıkıştırma eğrisi bir grafik üzerinde üç kısımda temsil edilir (Şekil 5.3). Her bir kısım, esnek hücre malzemelerin özelliklerini kontrol eden üç mekanizmadan biriyle bağlantılıdır [10],[11]. Hücre duvarlarının elastik bükülmesini gösteren ilk alan %7 gerilmeye kadardır. İkinci olarak, yatay bir plato geriniminin yaklaşık %70'ini kapsar. Son olarak, hücre duvarlarının kademeli olarak burkulması, hücre duvarlarının ezilmesi ve hücrelerin tamamen çökmesi nedeniyle, eğri dikey olarak tırmanmaya başlar [10],[11].

Tablo 5.1 Mantarın mekanik özellikleri.

Referanslar	Mekanik Özellikler	Değer
Gibson vd. [10]	Gerilim altında kırılma gerinimi,%	5 (R) 9 (N.R.)
Gibson vd. [10]	Gerilim altında kırılma stresi, MPa	(R) 1.1 (N.R.)
Rosa ve Fortes [11]	Kırılma tokluğu, kaynatılmış,MPa $m^{1/2}$	60–130
Gibson vd. [10] Fortes ve Nogueira [12]	Poisson oranı, kaynatılmış	0–0,097 ($v_{R/N}$.R.) 0–0,064 ($v_{NR/R}$) 0,26–0.5 ($v_{NR/N}$.R.)
Rosa vd. [13]	Young's modülü, kaynatılmış, MPa	6 (R) 8–9 (N.R.)
Rosa ve Pereira [14]	Young's modülü,150 °C de ısı işlem görmüş, MPa	15 (R) 14 (N.R.)
Rosa ve Fortes [11]	Çekme modülü, kaynatılmış, MPa	38 (R) 24–26
Gibson vd. [10]	Burkulma gerilmesi, %	4 (R) 6 (N.R.)
Gibson vd. [10], Vaz ve Fortes [15]	Burkulma gerilmesi,kaynatılmış,MPa	0,75–0,8 (R) 0,6–0,7 (N.R.)



Şekil 5.3 Mantar kompozitinin sıkıştırma (basma) eğrisi [16].

Malzemede büyük deformasyonlarla birlikte yüksek bir sıkıştırma seviyesi oluştuğunda, gerilimin giderilmesinden sonra iyileşme büyük ölçüde başlar. Yoğunluğun mantarın sıkıştırma özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Mantarın çeşitli yönlerdeki basınç dayanımı çok yüksek değildir. Ancak radyal yönde mekanik dayanımı daha yüksektir [16], [17], [18].

Daha önce de belirtildiği gibi, hücrelerin kademeli ve rastgele diziliminin yanı sıra yanal hücre duvarlarında meydana gelen ondülasyon, mantarın çeşitli uygulamalarında değişken özelliklerini değiştirebilen Poisson katsayısını etkilemiştir [12], [18]. Malzeme radyal yönde ezildiğinde, ondülasyonlar hücre duvarlarını katlanmaya ve paketlenmeye zorlar, ondülasyon genliğini artırır ve hücre tabanlarını radyal yönde hizalar. Sıkıştırma NR yönünde hizalandığında, yanal hücreler bükülür, düzleşir ve yüksek gerilmelerde dalgalanma modelini tersine çevirir, bu da R yönünde değişim geri çekilmelerine ve yüksek gerilmelerde negatif bir Poisson oranına neden olur [12].

Mantar plakaların yetiştirme ortamlarına bağlı olarak farklı kalınlıklara sahip olduğu bilinmektedir. Kalınlık mekanik özellikleri önemli ölçüde etkiler [19],[20]. Örneğin, daha büyük çaplar presleme işleminde basınç dayanımını ve modülünü azaltır.

Mantarın alveolar hücre formu bal peteğine benzer. Bu nedenle mantarın hücreleri suberin, selüloz ve ligninden oluşur. Hüresel yapıları nedeniyle, mantar bazlı malzemeler mükemmel mekanik özelliklere sahiptir [21]. Pereira ve arkadaşları [22] deneyler yapmış ve doğal mantarın mekanik özellikleri hakkında veriler sağlamıştır. Doğal mantarın basınç dayanımı ve spesifik modülü, esnek polimer köpüklerden ve diğer sert köpüklerden daha yüksektir. Ayrıca, basınç dayanımı ve düşük ısı iletkenliği bir araya geldiğinde, malzeme mükemmel formlara dönüşmektedir. Bu çevre dostu malzeme, termal dalgalara ve basınç yüklerine karşı mükemmel bir kabiliyet gösterir.

Mantar malzemesinin helyum gibi yoğunlaşmayan gazlara karşı geçirgenliği yüksek değildir [23],[24]. Mantar, çok büyük hava oluşumu ve küçük hücre boyutları nedeniyle düşük ısı transfer oranına sahiptir.

Gaz konveksiyonu, radyasyon veya katı kısım boyunca iletim gibi çeşitli yollar malzeme yoluyla ısı transferi sağlar. Mantar kompozitlerinde, gaz konveksiyonu için bariyer küçük ve kapalı hücreler tarafından oluşturulur ve radyasyon çok sayıda hücrede absorpsiyon ile tüketilir. Ses iletimi için emilim yüksektir çünkü akustik direnç $1,2 \times 10^5 \text{ kg m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tablo 5.2) [1],[16].

Mantar, su gibi polar sıvılara karşı düşük ıslanabilirliğe sahip hidrofobik bir malzeme olmasına rağmen, yüzey özellikleriyle ilgilidir. Yani, polar olmayan sıvılar için aşağıdaki yüzey enerjisi ile yüksek bir afinite gösterir 18 mN m^{-1} [25].

Son on yılda, mantarın özelliklerini ve karakterizasyonunu belirlemek için araştırmacılar tarafından çeşitli projeler yürütülmüştür. Malzeme basınçlı yükleme altındayken mantarın mekanik özelliklerini veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri açısından anlamak için bazı modeller bulunmaktadır [26]. İlk ve en önemli deneyler geçtiğimiz yüzyılda çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir [27]-[31].

Mantar diğer malzemelerle karşılaştırıldığında, bir yandan doğal mantar sentetik köpükler gibi çeşitli çekirdek malzemelere göre daha zayıf mekanik özelliklere sahiptir. Öte yandan, bazı spesifik özellikleri ve uygulamaları nedeniyle, mantar diğer malzemelerin üstesinden gelebilir. Spesifik basınç dayanımı karşılaştırılırken (σ_c/ρ) ve özgül modül (E/ρ), mantar esnek polimer köpüklerden daha iyi mekanik davranışa sahiptir. Buna ek olarak, düşük ısı iletkenliği basınç dayanımı ile birleşir. Sonuç olarak, termal koruma için bileşen elde edilir. Bu malzeme ayrıca basınç yükleri olan yerler için de uygun olabilir [32]. Tablo 2'de mantarın genel karakterizasyonu gösterilmektedir.

Tablo 5.2 Mantar malzemelerinin genel özellikleri.

Referanslar	Genel Özellikler	Değer
Medeiros [33]	Akustik direnç ($\text{kg/m}^2.\text{s}$)	$1,2 \times 10^5$
Fortes ve Nogueira [12]	Elektiriksel iletkenlik (S/m)	$1,2 \times 10^{-10}$ (25 °C) $1,6 \times 10^{-13}$ (50 °C)
Vaz ve Fortes [15]	Sürtünme katsayısı, kaynatılmış	0,97 (R) 0,77 (N.R.)

Castro ve diğerleri [32] farklı granül boyutlarına sahip yeni bir aglomere mantar kompoziti üretmenin olası yolunu araştırmış ve bunu piyasada bulunan malzemelerle karşılaştırmıştır. Mukavemeti artırmak için farklı boyutlarda granül ve epoksi reçineden oluşan üç farklı mantar çeşidi üretilmiştir. Granül boyutları şu şekildedir; küçük granül boyutu (2/3), harmanlanmış (küçük ve büyük granüllerin karışımı) ve büyük granül boyutu (3/4). Temel sorun, yöntemin aglomerasyon miktarı ve epoksi reçine oranı

açısından zorluğudur. Ancak istenilen bileşenler bir araya getirildiğinde ideal sonuçlar elde edilebilmektedir. Sonuç olarak, granül sayısına bağlı olarak birkaç denemeden sonra, doğru reçine oranının %24 ila %30 arasında olduğu belirlenmiştir. Hazırlama süreci mantar granül kombinasyonu ile başlar ve reçine oranları Tablo 5.3'te listelenmiştir. Daha sonra, çeşitli malzemeler kalıplanmış ve preslenmeden önce çelik saclarla kaplanmıştır. Son aşama, kalıplanmış karışımın 80°C sabit sıcaklıktaki bir fırına yaklaşık 2 saat boyunca yerleştirilmesi ve ardından kürlenme seviyesinin istenen değere ulaşmasının beklenmesidir.

Castro ve arkadaşlarına [32] göre, üç noktalı eğme testi, granül boyutunun yüzey eğme ve kesme gerilmesini etkilemediğini göstermiştir. Test sonucuna göre, mantar-epoksi kompozitler çok daha iyi çekirdek kayma gerilimi göstererek yayılma kırılma alanını azaltmaktadır. Bu özelliğin bir sonucu olarak, mantar aglomeraları çeşitli sandviç yapıların üzerine yerleştirilebilir. Darbe testi sonuçları, mantar sandviç kompozitlerin yüksek yüklere dayanabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, mantar bazlı sandviçlerin geri kazanım kapasitesi granül boyutundan veya üretim yönteminden etkilenmemiştir. Mantar bazlı kompozitler ultra performanslı köpüklerle karşılaştırıldığında, modifiye mantar aglomeraları bazlı sandviç kompozitler daha yüksek bir emme kapasitesine ve daha düşük bir hasar eşliğine sahiptir.

Tablo 5.3 Mantar aglomeraları hazırlama faktörleri.

Mantar aglomera tipi	Ağırlıkça reçine yüzdesi	Aglomerasyon basıncı [bar]	Mantar granül kütlesi [g]	İşlem süreci
Küçük (2/3)	%24	50	270	2 saat (80°C de)
Büyük (3/4)	%24	60	270	2 saat (80°C de)
Harmanlanmış (karışık)	%30	15	150	2 saat (80°C de)

5.2.1.1 Mekanik Özelliklerde Sıcaklıkla İlişkili Değişiklikler

Kaczynski ve diğerleri [33] sıcaklık değişimlerine göre mekanik özelliklerin değişimini incelemiştir. Bu testlerde farklı koşullarda mekanik özellikleri incelemek için çeşitli mantar kompozitleri kullanılmıştır (Tablo 5.4). Ayrıca, malzemenin ayarlama sıcaklığına, fırına ve bir nitrojen soğutma konektörüne bağımlılığı deneysel olarak analiz edilmiştir. Mantar parçaları 100°C'ye kadar ısıtılmış ve nitrojen yardımıyla sıcaklık -30°C'ye düşürülmüştür. İlk darbe hızı 9,2 m/s'dir ve düşme testleri için Instron Dynatup 9250HV kullanılmıştır. Testler her mantar türünden üç örnek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çarpma aletinin çapı 50 mm ve toplam ağırlığı 11,2 kg'a eşittir. Tüm numuneler 50 mm × 50 mm kesit alanına ve 60 mm yüksekliğe sahiptir. Düşme testleri, eksi sıfır sıcaklıklar için 40 µs ve yüksek sıcaklıklara göre 50 µs olmak üzere 10000 fps kare hızına sahip bir kamera ile kaydedilmiştir.

Tablo 5.4 Mantar malzemelerin farklı sıcaklıklara göre malzeme karakterizasyonu ve darbe enerjisi değerleri [33].

Mantar İsmi Tane büyüklüğü [mm] Yoğunluk [kg/m ³]	Darbe Enerjisi [J]	Sıcaklık [°C]	Kesit
AC199A 199 0,5-2	100	24	
AC216 216 2-4	100 500	100 J için: 24 500 J için: -30; -15; 0; 24; 100	
EC159_AC199A n.a. n.a.	100	24	
EC159 159 4-10	100 500	100 J için: 24 500 J için: -30; -15; 0; 24; 100	
EC159_AC216 n.a. n.a.	100	24	
EC159_AC216 n.a. n.a.	100	24	

Ayrıca, Kaczynski ve diğerleri [33] sıcaklık, sıkıştırma ve mantar hücresi özellikleri arasındaki etkileşimi anlamak için bir çalışma yürütmüştür. Sıkıştırmanın etkisine bağlı olarak numunelerin tüm hareketleri yüksek hızlı kamera kullanılarak yakalanmış ve analiz edilmiştir. Mantar hücresi duvarlarının eğileceği ve sıkıştırma aşamasında potansiyel olarak çökeceği öngörülmüştür. Numuneler -30°C ila 100°C arasında değişen sıcaklıklarda ezilmiştir. Test sürecinde -30°C hariç tüm sıkıştırma derecelerinde çatlaklar görüldü. Test bulgularına göre, mantarın çarpmaya dayanıklılığı doğrudan sıcaklığa bağlıdır. Sonuç olarak, sıcaklığın -30°C 'den 100°C 'ye çıkarılmasının enerji emilimini %25'ten daha az azalttığını iddia etmişlerdir. Bu nedenle, güvenli yerlerdeki veya havacılık sektöründeki mantar malzemelerin çevresel koşullara göre ayarlanması gerekmektedir. Mantar kompozitlerinin enerji emici ve sıcaklık değiştirici özellikleri doğrusal olarak ilişkilidir ve üreticilerin uygun veri hesaplamalarıyla güvenliği sağlamasına olanak tanır. Bir diğer önemli husus ise farklı mantar malzemelerindeki tane boyutunun enerji üzerindeki etkisidir. Bulgular, tane boyutunun mantarın çarpmaya dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, bir bağlama tekniği olan poliüretan yapıştırıcıdır. Yazarlara göre, tutkal sayısı tane boyutuyla birlikte değişmektedir. Sıcaklık 100°C 'ye yükseltildiğinde, mantarın viskozitesi artarak maddenin yapışkan özelliklerini kaybetmesine neden olur. Ayrıca, bu nedenle mikroyapısal düzeyde tane ayrışması meydana gelir. Bu nedenle, tane boyutu büyükse, sıcaklık arttıkça tehlikeler dikkate değerdir. Sıcaklık, mantarın dinamik stres altındaki mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkileyen en etkili değişkendir. Sonuç olarak, bu bulgular mantar malzemesini imalatta kullanmadan önce çeşitli sıkıştırma ve sıcaklık koşullarında değerlendirmenin kritik bir adım olduğunu göstermektedir. Mekanik davranışı ile ilgili olarak, sıcaklık değişiminin $21-50^{\circ}\text{C}$ 'de 120 J ile 850 J arasındaki aglomerat enerji aralıkları üzerindeki etkileri hakkında bir çalışma bulunmaktadır [31], [34], [35].

5.3 Havacılık/Uzay Uygulamalarında Mevcut Mantar Kullanımları

Mantarın malzeme özellikleri ve mantar kompozitlerin istenilen yöntemlerle üretilebilmesi, bu ürün grubunu havacılık ve özellikle uzay sanayinde kullanıma uygun hale getirmektedir. Mantar kompozitler öncelikle nispeten düşük yüklere maruz kalan ve ısı veya titreşim yalıtımı, darbe sönmüleme, hafiflik, sızdırmazlık gibi özelliklerin arandığı uygulamalarda kullanılmaktadır. Mantar malzemesinin otomotiv ve sanayi sektörlerinde kullanımı iyi bilinmektedir. Mantar kompozitlerinin havacılık ve uzay endüstrisindeki kullanımı yıllar içinde çeşitlenmiş ve devam eden çalışmalarla daha farklı alanlara doğru evrilecektir. Mantar malzeme grubunun en yoğun mühendislik kullanımı, uzay araçlarının gövde ve çeşitli parçalarının ısı yalıtımı amacıyla kaplanmasıdır. Mantar malzemelerinin uçak gövdelerinde ve havacılığın diğer alanlarında kullanılması için çok sayıda proje yapılmış ve yapılmaktadır. Örneğin, bazı füzelerin ve uzay mekiklerinin koruyucu ısı kalkanları mantardan yapılmıştır. Ayrıca, mantarın yangın geciktirici özelliği açısından savaş gemilerinde ve denizaltıların iç kaplamalarında kullanılmaktadır [36].

Havacılık ve uzay sistemlerinin bileşenleri tipik olarak düşük ağırlık, yüksek mukavemet ve artırılmış

hasar toleransı için tasarlanmıştır. Malzemeleri doğru seçerek bu özellikleri elde etmek mümkündür. Son gelişmeler, sandviç bazlı malzemeleri havacılık uygulamaları için aday malzemeler listesinin başına yerleştirmiştir. Ayrıca, eğilme, sıkıştırma ve darbe bileşenleri gibi sandviç bileşenler daha yüksek sertliğe sahiptir ve belirtilen yükleme koşulları altında daha iyi performans gösterir. Polimer bazlı elyaf takviyeli kompozitler, sandviç bileşenleri yapmak için kullanılan yaygın malzemelerdir ve tipik olarak balsa ağacı, bal peteği ve polimerik köpükler gibi farklı türde düşük yoğunluklu çekirdek malzemelerle birleştirilirler. Beklendiği gibi, çekirdek malzemeler öncelikle düşük yoğunlukları, yüksek elastikiyet modülleri, yüzlere dik büyük mukavemetleri ve iyi termal ve akustik yalıtım yetenekleri için seçilmektedir. Bu durumda, doğal bir malzeme olarak mantar, kendine özgü hücreli morfolojisi nedeniyle bu gereklilikleri yerine getirmekte ve mantar bazlı aglomeraların alternatif bir malzeme seçeneği olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Mantar hücresinin mukavemetinin bazı sentetik köpüklerle karşılaştırılabilir olduğu ve mantarın özgül mukavemetinin çok daha yüksek olduğu açıktır. Ayrıca, düşük ısı iletkenliğinin yanı sıra makul bir basınç dayanımına sahiptir, bu da onu ısı yalıtımı ve sıkıştırma yükleri olan uygulamalar için mükemmel bir seçim haline getirir. Ayrıca, mantar uzun süredir dinamik yüklere maruz kalan bileşenlerde kullanılmaktadır, çünkü olağanüstü sönümlenme özellikleri onu titreşim bastırma için ideal hale getirmektedir. Özetle, birçok özelliği bakımından mantar sandviç malzemeler, havacılık ve uzay sektörlerinin üretim alanlarında kullanım için son derece uygundur [8].

Mantar bazlı malzeme, hafif yapılar için uygun bir sandviç bileşeni ve çekirdek malzemesidir. Bu malzeme havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılmaktadır [37]. Sandviç kompozitler yüksek performanslı köpüklerle karşılaştırıldığında, kompozitler kesinlikle daha büyük bir enerji emme kapasitesine ve yükleme gerçekleştiğinde üstün çarpışma dayanıklılığı özelliklerine sahiptir. Buna ek olarak, mantar aglomeraları daha iyi termal özellikler gösterir, bu da yapıların tasarlanmasında önemli bir yoldur.

Mantar malzemesinin otomotiv ve sanayi sektörlerinde kullanımı iyi bilinmektedir. Ayrıca, havacılık ve askeri endüstriler de mantarın önemli kullanıcılarıdır. Örneğin, bazı füzelerin ve uzay mekiklerinin koruyucu ısı kalkanları mantardan yapılmıştır. Ayrıca, mantarın yangın geciktirici özelliği açısından, savaş gemilerinde ve denizaltıların iç kaplamalarında kullanılmaktadır [36].

İlk bakışta, sentetik köpükler gibi alternatif çekirdek malzemelerle karşılaştırıldığında, doğal mantarın zayıf mekanik davranışa sahip olduğu gösterilebilir. Bununla birlikte, termal iletkenliği ve basınç dayanımı onu ısı tutma için ideal bir malzeme haline getirmektedir. Kompozit sandviç paneller, tıpkı alüminyum alaşımlı levhalar gibi burkulmaya karşı dirençleri nedeniyle havacılık tasarımında önem kazanmıştır.

Von Karman ve Stock tarafından 1924 yılında alınan bir sandviç duvar patenti, sandviç yapının havacılık inşaatına uygulanmasının en önemli örneğidir. 1934 yılında Fransa'nın Le Creusot kentindeki Schneider

Creusot fabrikasında S. E. Mautner sandviç yapıları ilk kez mevcut bir uçağa uygulamıştır. Aynı mühendis 1938'de düşük maliyetli tek kanatlı bir uçak yaptı ve bu uçakta sandviç kanat ile kat-mantar sandviç yapı kullanıldı. Mantar kompozitleri uzay endüstrisinde de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır çünkü ağırlık azaltma uzay bağlamında daha da önemli bir rol oynamakta ve bu da önemli maliyet tasarrufları sağlamaktadır. Ayrıca, ablatif malzemeler mantar aglomeralarının en yaygın kullanım alanlarından biridir. Ablasyon üreten malzeme, ısı emilimi yerine buharlaşma yoluyla enerjiyi dağıtır. Sonuç olarak, yapıları yüksek termal enerji kaynaklarından korur.

Farklı tasarımlardaki sandviç kompozitler, yarı statik ve dinamik yükleme senaryoları için yüzey tabakaları, çekirdekler ve yapıştırıcılar gibi bileşen malzemelerin yapımında kullanılır. Sandviç kompozitlerin öncelikli kullanımı düşünüldüğünde, yabancı cisim hasarına karşı hassasiyetleri tercih edilebilirlik açısından ilk sırada yer almaktadır. Çeşitli durumlarda, yapısal sandviç kesitlerin darbe yükleri altındaki performansı gözlemlenmiştir. Alet düşmesi, kuş çarpması, taş veya buz gibi küçük ancak potansiyel olarak ağır nesnelere yerel etkileşimler, malların yüklenmesi ve boşaltılması sırasında uçakların veya uçakların hasar görmesine neden olabilir. Ayrıca, uçak zemini gibi yatay yüzeyler de kolayca hasar görebilir [38],[39].

İki tür mantar aglomerasyonu vardır: yalıtım ve bileşim mantarları. İlki herhangi bir ek bağlayıcı araç veya malzeme olmadan üretilir; bu nedenle kompozit bir malzeme olarak adlandırılmaz. İkincisi, üretilen, fenolik reçineler vb. gibi çeşitli sentetik veya doğal bağlayıcılarla birleştirilmiş granüllerden yapılır.

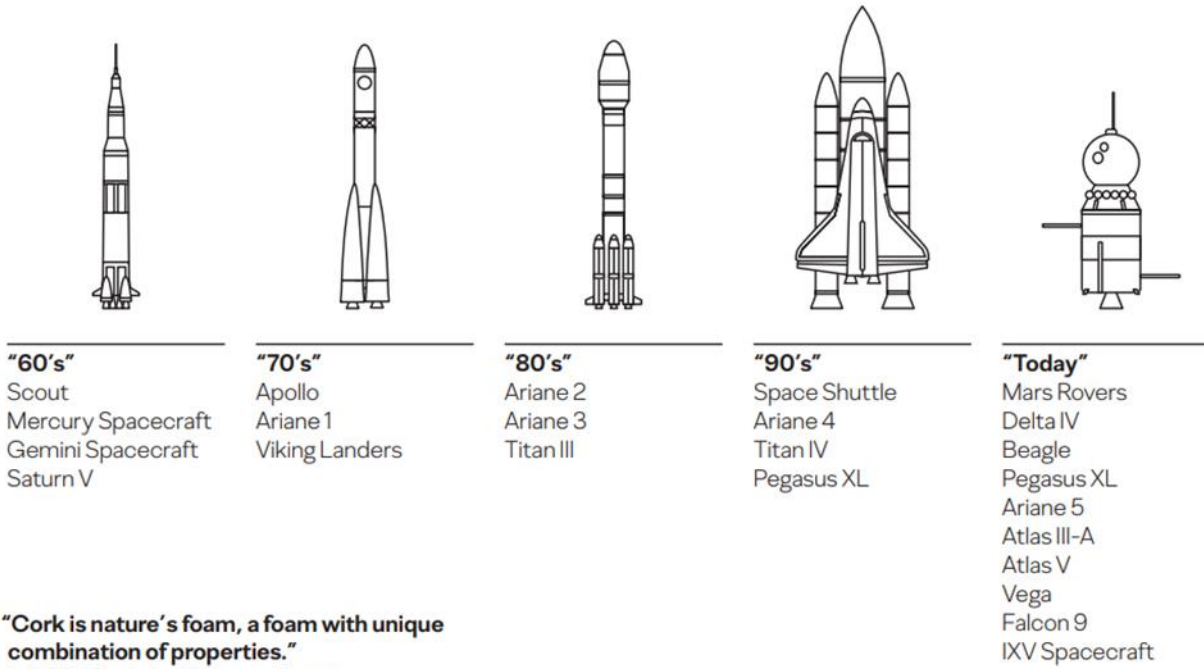
Havacılık ve uzay sektöründe mantar kompozitlerin kullanımına ilişkin kısa bir araştırma yapıldığında, Amorim Cork Composites (ACC) Şirketinin çeşitli ürünleri olduğu görülmektedir. Şirket, çeşitli sektörlerde koruyucu kalkan olarak kullanılacak iki mantar kompoziti (P45 ve P50) üretmiştir. Bu tiplerin farklı karakterizasyonları Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 P45 ve P50 mantar kompozitlerinin bazı özellikleri

Özellikler	P45	P50	Birimler
Uzama	>30	>13	(%)
Öz ısı	2.5	2.1	$\left(\frac{KJ*K}{Kg}\right)$
Gerilme direnci	>0,86	>1,70	(MPa)
Mantar parçacık boyutu	1/2	0.5/1	(mm)
Sac boyutu	1270 x 760	1270 x 760	(mm)
Termal iletkenlik	0,06	0,07	$\left(\frac{W}{m K}\right)$
20°C de yoğunluk	300-350	448-512	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

5.3.1 Uzay Uygulamalarında Mantarlı Yapısal Bileşenler

Havacılık ve uzay sektörü, uzay araçlarının gövdelerinde ve bileşenlerinde mantar malzemelerini ve kompozitleri en kapsamlı şekilde kullanan sektördür (Şekil 5.4). Mantar malzemeleri uzay araştırmalarının ilk günlerinden itibaren uzay araçlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Mantar kompozitler, uzay araçlarının yüksek sıcaklıktaki itici sistemlerinin yanı sıra yakıt tankları gibi ısı yalıtımı gerektiren bölümlerde de kullanılmaktadır. Mantar, ısı yalıtımı sağlamasının yanı sıra, yüksek teknolojiye malzemelere göre daha ucuz olması nedeniyle ani bir sıcaklık değişimi durumunda koruyucu bir tabaka olarak da kullanılıyor. Mantar alev ya da tutuşma olmadan yandığı için yüksek sıcaklıklarda ilk yanan katman olacak ve uzay aracının ana gövdesini ve parçalarını yangından koruyacaktır.

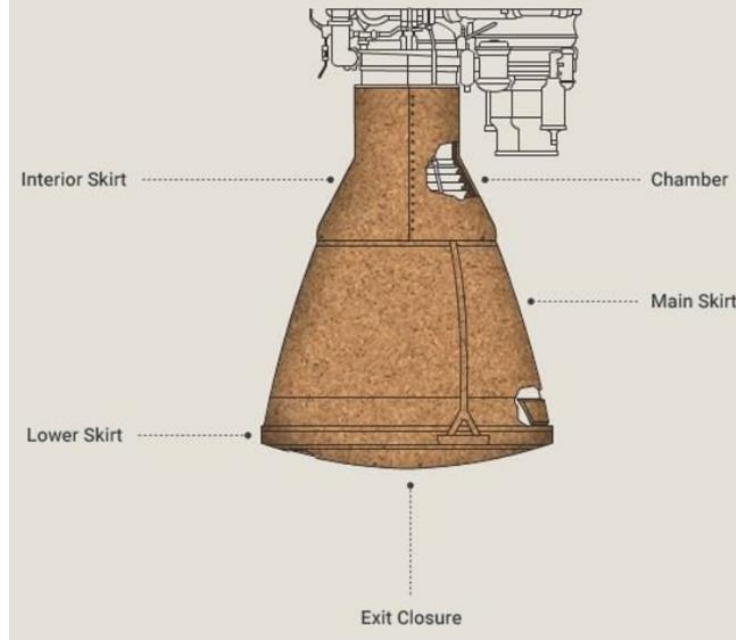


Şekil 5.4 Mantar malzemeleri ve mantar kompozitleri kullanan uzay aracı [40].

Birkaç temel özellik, bu kompozitleri diğer çeşitlere kıyasla öne çıkarmaktadır. İlk olarak, mantar kompozitler diğerlerine göre daha süreç dostudur. Mantar bazlı kompozitler, standart yapıştırıcı teknikleri kullanılarak çoğu alt tabaka malzemesine kolayca tutturulur. Düzeltme ve işleme, özel koruyucu donanım olmadan ortak tesisler ve makineler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Sandviçler kolayca dahil edilebilir; karmaşık montaj işlemlerine gerek yoktur. Ayrıca, bu malzemeler roket uygulamalarında sıfat ısı kalkanı ve çeşitli görevlerde ısıtılmalı yapılarda iç ısı yalıtımı olarak kendilerini göstermişlerdir. Şekil 5.5'teki gösterim United Launch Alliance'ın geliştirdiği Vulcan Roketinin ogive kabuğuna aittir.



Şekil 5.5 Amorim P50 ablatif termal çözelti ile kaporta kabuğu [41].



Şekil 5.6 Mantar kompozitlerin roketlerde tipik kullanımı [42].

Silindirik kabuğun dış yüzeyini bir mantar tabakası kaplamıştır. Kaportanın kompozit sandviçinin dış yüzeyine tutturulan mantar, onu kaplamanın dış yüzeyindeki aerodinamik sürtünmenin yarattığı ısıdan korur. Buna ek olarak, 1970'lerden beri mantar kompozitler uçak sektörleri için termal koruma sistemleri sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 5.6 mantar kompozitlerinin uzayda ısı emici olarak nasıl yaygın bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Buna ek olarak, mantar kompozitler kolayca kalıplanabilir.

Yörüngesel uçuş ve yeniden giriş araçlarına ek olarak, havacılık termal koruma sistemleri (TPS) de sondaj roketlerinin birincil yapısının ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Alman Havacılık ve Uzay Merkezi'nin (DLR) Mobil Roket Üssü (MORABA) geçtiğimiz birkaç on yıl boyunca kanatçıklar, burun konileri, konik adaptörler ve ısı kalkanları dahil olmak üzere çok çeşitli fırlatma aracı yapılarında termal koruma sağlamak için epoksi bazlı, iki bileşenli termoset kaplamalar kullanmıştır. Üretimi nispeten basittir ve neredeyse her geometriye püskürtülebilir. Özel mantar malzemeleri kullanarak yeni bir termal koruma sistemi geliştirmenin temel itici güçleri, zararlı dumanları, sınırlı raf ömrü, kapsamlı depolama gereksinimleri ve faydalı yük bileşenlerinin yakınında bıraktığı kalıntılardır. Bir sondaj roketinin kanatçık, burun konisi, konik adaptör ve ısı kalkanı tertibatını içeren birincil yapısı, roketi termal radyasyondan korumak için tasarlanmıştır. Şekil 5.7'de açıkça görülebilir. Termal koruma sistemi malzemesi, Alman Havacılık ve Uzay Merkezi'nin (DLR) Mobil Roket Üssü'nün (MORABA) ablatif, epoksi bazlı, iki bileşenli termoset kaplamasıydı. ablyasyon sırasında komşu faydalı yük elemanları, yeni bir termal koruma sistemine olan talebin artmasına katkıda bulunmuştur.

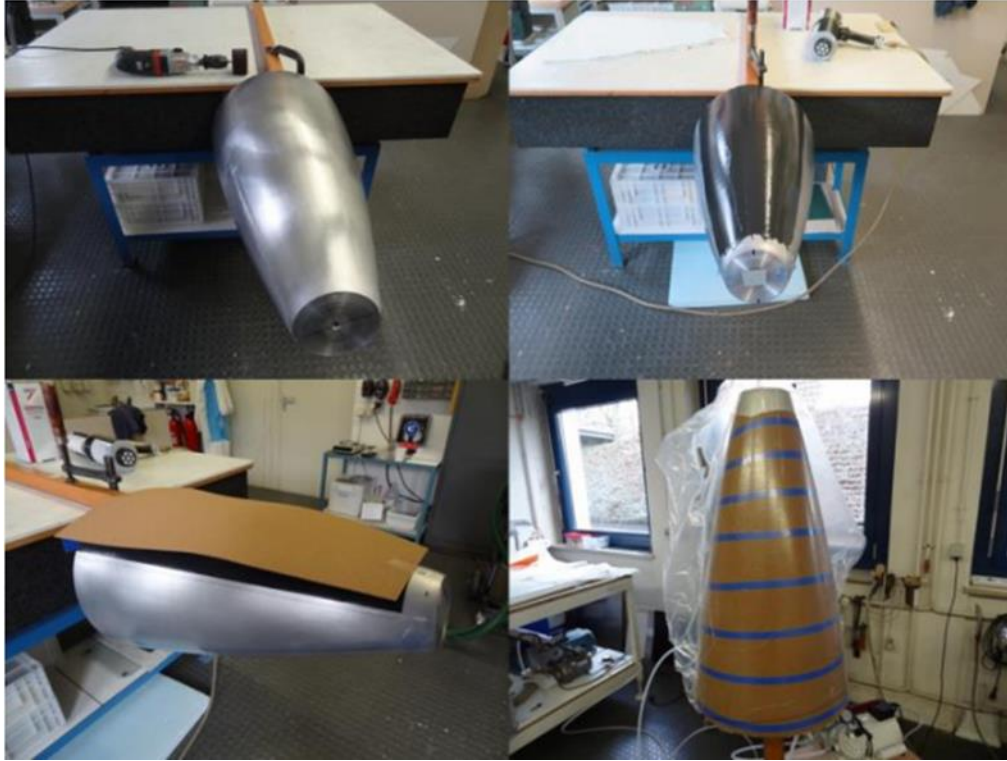


Şekil 5.7 Kanatçık üzerinde mantar tabanlı TPS ile Geliştirilmiş Malemute (IM) aracı [43].

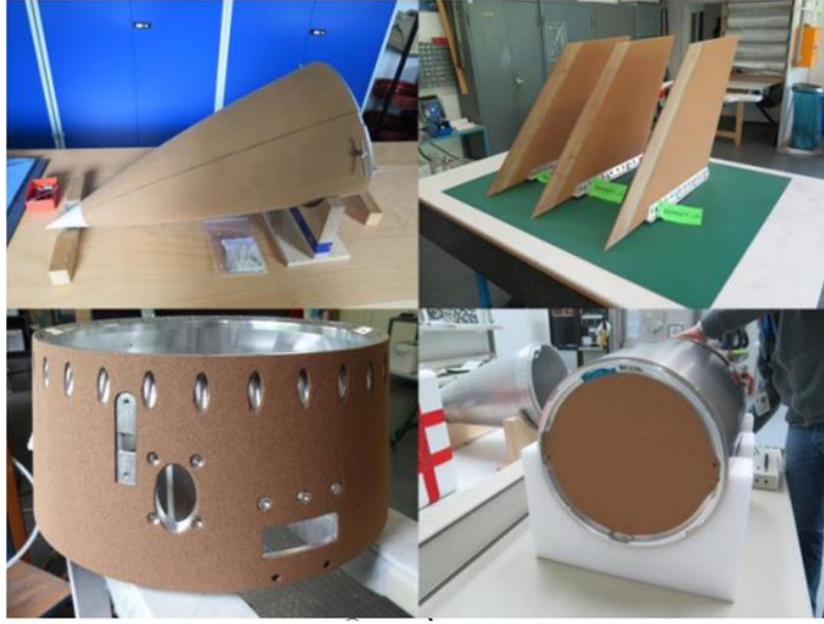
TPS malzeme seçimi açısından, düşük ağırlık, şekillendirilebilirlik, çevre dostu olma, düşük maliyetler, düşük bakım ücretleri ve ihracat kısıtlamalarının olmaması gibi bazı tercihler vardır. Bu nedenle, infiltre mantar bu gereksinimlere göre en kullanışlı TPS malzemesi olarak seçilmiştir. Araştırmamızın diğer bölümlerinde NORCOAT LIEGE açıklanacaktır.

Bu nedenle NORCOAT LIEGE, yarı mamul olarak AB pazarının öncelikli tercihidir. Mantar malzemelerden TPS bileşenlerinin üretim sürecinin birkaç temel adımı vardır: yüzey hazırlığı, yapısal yapıştırma uygulaması, TPS kaplama uygulaması, vakum torbalama ve kürlenme. Şekil 5.8'de VSB-30 FNC yapısının NORCOAT LIEGE ile hazırlanma süreci gösterilmektedir.

VSB-30 FNC üstyapısı üzerinde başarılı bir üretim süreci geliştirilmesinin ardından, ısı kalkanı tertibatları, motor adaptörleri ve kanatçıklar gibi TPS ile ilgili ek yapılara uygulanmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.8 NORCOAT LIEGE ile VSB-30 FNC yapısı [43].



Şekil 5.9 NORCOAT LIEGE'nin roket yapılarının çeşitli kısımlarına uygulanması [43].

5.3.2 Havacılık ve Uzay Yapılarında Mantar Kullanımı ile İlgili Projeler Aerocork Projesi

21'inci yüzyılın başlamasıyla birlikte, şarap endüstrileri teknolojik gelişmeyle birlikte plastik ve metal tıplar kullanma eğilimindedir. Bu nedenle mantar malzemelerinin kullanımı giderek azalmaktadır. Bu nedenle mantar üreticileri, mantar malzeme ve ürünlerinin alternatif alanlarda kullanılabilmesi için araştırma ve çalışmalar başlatmışlardır. 2008 yılında Portekizli hafif uçak üreticisi Dyn'Aero Industrie (DAI), uçak modellerinde petrol türevi bileşenleri mantar kompozitlerle değiştirmek için endüstri ve akademiden yardım talep etmiştir. Sonuç olarak bir işbirliği oluşturuldu ve 2008'in sonlarında konsorsiyuma bir QREN Ar-Ge hibesi verildi. Proje, petrol türevi maddelerden yapılmış mümkün olduğunca çok sayıda bileşenin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmasını amaçlamaktadır. PVC bazlı malzemeler ve küreler petrol türevli bileşenlere örnek olarak verilebilir. Bu malzemelerin ortadan kaldırılması, üretim süreci boyunca önemli maliyet tasarrufları sağlayacaktır. Petrol türevi bileşenler, petrol fiyatları küresel taleple birlikte arttıkça daha pahalı hale gelme riski taşımaktadır.

DAI'nin uçağında PVC çekirdekli (sandviç) ve Sphere (mikro sandviç) olmak üzere iki tür malzeme vardı. Bu malzemeler petrol türevli ve topolojileri karbon yüzü levhalardan oluşuyor. ACC, bu malzemelerin mantar bazlı sandviçlerle değiştirilmesinin mümkün olabileceğini açıkladı ve böylece sürdürülebilirliği sağlamak için deneylere başladı.

Araştırma sırasında, mantar malzemelerin ve kompozitlerin nispeten mütevazı yüklere maruz kalan ve yıldırım için kabul edilebilir olduğu düşünülen uçak bölümleri oluşturmak için kullanılması umuluyordu. Pilot koltuğu, kanat ön kenarları ve kanat kaburga yapıları gibi birimler test edilmiştir. AEROCORK Projesi kapsamında üretilen parçalar aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir (Şekil 5.10-5.11).



Şekil 5.10 AEROCORK mantar kompozit malzemesi [44].



Şekil 5.11 Dyn'Aero'nun MCR UL uçağı [44].

5.4 Mantar Kompozitlerin Havacılık/Uzay Yapılarındaki Potansiyel Uygulamaları

Mantar tozu, kompozitler ve diğer türetilmiş ürünler havacılıkta koruma, termal direnç ve darbe önleme için farklı şekillerde kullanılabilir. Bu bölüm boyunca, mantar malzemesinin çeşitli olası uygulamaları analiz edilecektir.

5.4.1 Havacılık/Uzay Uygulamalarında Mantar ve Seramik Matrisli Kompozit

İlk olarak, mantar ve seramik matris malzemelerinin kombinasyonu önde gelen araştırma konularından biridir. Mantar, doğrusal olmayan esnekliği, kırılmaya karşı dayanıklılığı ve benzersiz boyutsal iyileşme yetenekleri sayesinde uygulamalar için tercih edilmektedir. Şu anda, C/C-SiC seramik matris kompozit ve mantar bazlı bir ablatif malzemedен oluşan bağlı laminer yapılar üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. İki farklı malzeme türünü birleştirmek için en çok kullanılan yöntemin yapıştırıcı bağlama olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Döngüsel gerilime, kayma gerilimine ve yorulma direncine direnmek için, yapışkan bağlama mekanik birleştirme tekniklerinden daha fazla kullanım ömrü, dayanıklılık ve konfor gösterir [45]. Bu kombinasyon için ablatif malzeme, fırlatma işlemi sırasında yeniden giriş programları için kullanılır. NORCOAT LIEGE, 2003 yılında Mars'ın atmosferine adım atan Beagle 2 sondasına uygulanmış ve 1998 yılında Atmosferik Yeniden Giriş Göstericisi Dünya'ya yeniden girmiştir [46]. Bu, uzayda test edilmiş bir ablatör mantar malzemesidir. Ayrıca, C/C-SiC Alman Havacılık ve Uzay Merkezi

(DLR) tarafından geliştirilmiştir. Bu matriste SiC elde etmek için, ürünü artık karbon ve sıvı silikonun reaksiyonundan almamız gerekir. C/C-SiC'nin NORCOAT LIEGE ile yapışkan bir kombinasyonunun sağlanması açısından, 1650°C sıcaklığa kadar direnç sağlamak için üç ticari inorganik yapışkan kullanılabilir. Bu yapıştırıcı için seçim kriterleri, yapıştırma yüzeylerinin sıcaklık gereksinimlerine dayanmaktadır. Başka bir deyişle, bu mantar seramik matris malzemesi, ısı direnci ve darbe emilimi sağlamak için ileriye dönük havacılık uygulamalarında kullanılabilir. Yaygın endüstriyel kullanımından önce, koşulların uyumluluğunu kontrol etmek için çeşitli testler yapılabilir.

Başka bir deyişle, bu mantar seramik matris malzemesi, ısı direnci ve darbe emilimini sağlamak için olası havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılabilir. Yaygın endüstriyel kullanımından önce, koşulların uyumluluğunu kontrol etmek için çeşitli testler yapılabilir. Mantar ve seramik matris kompozitlerinin şematik bir konfigürasyonu Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Mantar ve seramik matrisli kompozitlerin şematik konfigürasyonu [47].

5.4.2 Uzay Fırlatma Sistemi İzolasyonları

NASA'nın yeni ağır yük roketi olan Uzay Fırlatma Sistemi, uzay yolculuğu sırasında -423 Fahrenheit dereceden 200 Fahrenheit derecenin üzerine kadar değişen muazzam sıcaklık değişimleriyle karşı karşıya kalıyor. NASA'ya göre, bilim insanları tarafından termal koruma sağlamak için en son teknolojiye sahip yeni modeller tasarlandı. Bu yeni modellerin parçaları mantar gibi çevre dostu malzemelerden ve 3D yazıcıyla üretilen daha küçük parçalardan oluşuyor. Bu parçalar NASA'nın Ay ve Mars'a astronot taşımak için sağlam olması gereken ORION uzay aracı için birleştirilebilir.

Püskürtmeli köpük yalıtım ve mantar gibi diğer klasik yalıtım malzemeleri tüm roket bileşenleri için termal koruma sağlayacaktır. Uzay Fırlatma Sistemi saatte 0'dan 17.400 mile hızlanmakta ve 8 dakikadan kısa bir sürede Dünya'dan 100 milden fazla yükseğe uçmaktadır ve yalıtım roketle birlikte hareket edebilecek kadar esnek ancak aerodinamik gerilimlere dayanacak kadar serttir. Roketi çalıştıran kriyojenik yakıt sıvı hidrojen oluşur ve sıvı oksijenin sıvı kalabilmesi için son derece soğuk kalması gerekir. Hidrojenin sıcaklığı eksi 423 Fahrenheit derecede, oksijenin sıcaklığı ise eksi 298 Fahrenheit derecede kalmalıdır. Sıcaklık çok fazla artarsa yakıt gaz haline gelir [48].

NASA'nın Uzay Fırlatma Sistemi çekirdek aşaması için termal koruma sisteminin ekip lideri Michael

Allredge, "Uzay Fırlatma Sistemi uçarken muazzam bir ısı biriktirir. Yalıtım olmadan, fırlatmadan kaynaklanan ısı kriyojenik itici gazların dengesini etkileyecek ve roketin yapısal bütünlüğü tehlikeye girecektir. NASA bu eşsiz köpük malzemesinden, büyük yapılardan elektronik ve yakıt hatlarına kadar değişen kritik roket sistemlerini aşırı sıcaklık ve basınçların olduğu affetmez bir fırlatma ortamında korumak için inanılmaz bir iş çıkarmasını istiyor."

NASA bu kaplama için mantar yerine köpük kullanmaya karar verdi. Köpük elle daha kolay uygulandığından ve her yerde kolayca bulunabildiğinden, aviyonik konumlandırma için 3-D baskılı kalıplar kullandılar. Mantar köpükten daha yoğun olmasına rağmen, çeşitli uygulamalar için daha tutucu bir koruma sağlar. Mantar levhalar çekirdek aşaması motor bölümünde kullanılabilir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Fırlatma Aracı Kademe Adaptörü üzerinde sprey köpük ısı yalıtımı [48].

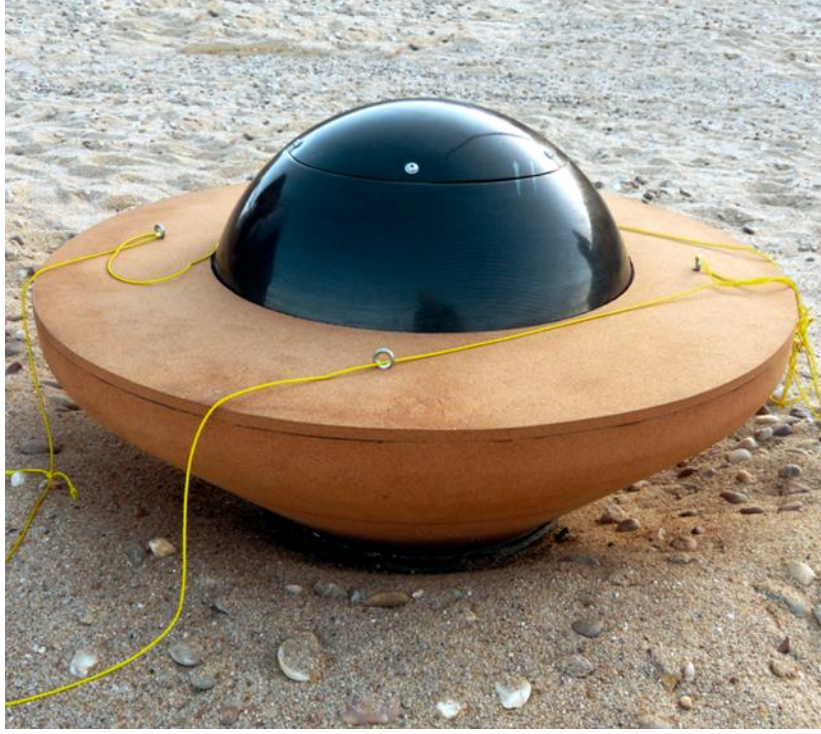
5.4.3 Mars Görevinde Mantar

Mantar, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) için Mars'tan Dünya'ya numune taşıyacak yeni bir Dünya'ya yeniden giriş kapsülü oluşturmak üzere yenilikçi mühendislikle birleştirildi. Critical Materials, ISQ, PIEP ve Amorim Cork Composites tarafından oluşturulan konsorsiyum NASA için kapsülü yarattı. Dünya atmosferine pasif yeniden giriş sağlamak için optimum termomekanik özelliklere sahip, Dünya'ya yeniden giriş kapsülü konsepti zorlu bir görevdi. Mars'tan toprak örnekleri taşıyan konteyner dünya yüzeyiyle temas ettiğinde paraşüt veya başka bir yardımcı darbe azaltma sistemi olmayacak.

Uzaya taşınan kapsülleri korumak için kullanılan kaplamalar, mantar malzemelerinin bir başka kritik uygulamasıdır. Uzay kapsülleri gezegenin atmosferine girdiğinde yere inecek ve hızla ısınacaktır. Özellikle kapsülün yüzeyinde sıcaklıklar 1600°C'ye ulaşabilir. Metal veya seramik gibi yüksek sıcaklıklara dayanabilen malzemeler mantardan önemli ölçüde daha ağır olacaktır. Ayrıca, bu malzemeler gerekli ısı iletim kabiliyetine sahip değildir. Mantar malzemeler yüksek sıcaklıkları bir yüzeye dağıtmak ve ısının vücuda ulaşmasını engellemek için uygundur.

Kapsülün tasarım ve yapımında çeşitli malzemelerin entegre edilmesine yönelik benzersiz bir çözüm ve tanımlanmış bir geometrik konfigürasyon kullanılarak ESA'nın Mars keşif programına yönelik tüm

spesifikasyonları yerine getirilmiştir. Çözüm, önceden tanımlanmış tüm gerekliliklere uyarken Dünya atmosferine yeniden girişle ilişkili yüksek termal ve dinamik yüklere dayanabilen çok işlevli bir sistem sunuyor. Avrupa Uzay Ajansı'nın başlangıç koşullarına kıyasla ağırlık azalmasının yanı sıra, bu yeni çözüm yardımcı sistemleri ortadan kaldırıyor ve üretim maliyetlerini düşürüyor. Örneklerin taşınması için 2026 yılında bir yeniden giriş kapsülünün Dünya'ya ulaşması bekleniyor. Mantar kompozit kaplı Mars iniş kapsülü Şekil 5.14'te verilmiştir [49].



Şekil 5.14 Mantar kompozit kaplı Mars iniş podu [49].

5.5 Sonuçlar

Bu çalışmada mantar kompozitlerin mekanik ve termal özellikleri ile havacılık, askeri ve diğer alanlardaki mevcut ve olası uygulamaları incelenmektedir. Araştırmalar mantar kompozitlerin uzay mekikleri ve roketlerin kabuklarında ısı izolatörü olarak kullanıldığını göstermiştir. Makalede ayrıca köpük malzemeler, çeşitli kompozit formları ve mantar kompozitler arasındaki farklar tartışılmaktadır. Öncelik mantar sandviçlerin havacılık ve uzay uygulamalarına verilmiş olsa da, bulgular taşıt endüstrilerini de etkileyebilir. Çalışmada bu malzemenin havacılıktaki potansiyel uygulamaları ve mantarın ısı yalıtkanı olarak mevcut kullanımı hakkında bilgi bulunmaması muhtemelen gizlilik politikalarından kaynaklanmaktadır. Kısıtlamalarına rağmen bu çalışma, mantarın havacılık üretiminde çevresel açıdan elverişli ve sürdürülebilir özelliklerini anlamamıza katkıda bulunmaktadır. Mantar aglomeralarının ek malzemelerle karıştırılması ve kompozitlerin üretilmesi yoluyla bu tarafın sertleştirilmesi için daha fazla araştırma yapılabilirse, daha iyi bir kuvvet emilimi deneyimi

geliştirilmelidir. Bu bilgiler, endüstrilerde yenilenebilirliğe yönelik hedefli müdahaleler geliştirmek ve daha iyi bir gelecek için mantar kompozitler sayesinde üreticiler arasında çevresel bir zihniyet oluşturmak için kullanılabilir.

Kaynakça

- [1] Pereira, H. (2007). Cork: Biology, Production and Uses. Elsevier.
- [2] Hooke, R. (1665). Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon. London: Printed by J. Martyn and J. Allestry.
- [3] Jardin, R.T., Fernandes, F.A.O., Pereira, A.B., Alves de Sousa, R.J. (2015). Static and dynamic mechanical response of different cork agglomerates. *Materials & Design*, 68:121–126.
- [4] Santos, P.T., Pinto, S., Marques, P.A.A.P., Pereira, A.B., Alves de Sousa, R.J. (2017). Agglomerated cork: a way to tailor its mechanical properties. *Composites Structures*, 178:277–287.
- [5] Costas, M., Díaz, J., Romera, L.E., Hernández, S. (2013). Static and dynamic axial crushing analysis of car frontal impact hybrid absorbers. *International Journal of Impact Engineering*, 62:166–81.
- [6] Tay, Y.Y., Lim, C.S., Lankarani, H.M. (2014). A finite element analysis of high-energy absorption cellular materials in enhancing passive safety of road vehicles in side-impact accidents. *International Journal of Crashworthiness*, 19:288–300.
- [7] Sanchez-Saez, S., Barbero, E., Cirne, J. (2011). Experimental study of agglomerated-cork-cored structures subjected to ballistic impacts. *Materials Letters*, 65:2152–4.
- [8] Silva, J.M., Devezas, T.C., Silva, A., Gil, L., Nunes, C., Franco, N. (2010). Exploring the use of cork-based composites for aerospace applications. *Materials Science Forum*, 636:260-265.
- [9] Put a Cork in It. İnternet sitesi: <https://www.labmanager.com/news/put-a-cork-in-it-material-now-shows-promise-in-new-applications-includng-aircraft-and-energy-16773/>
- [10] Gibson. L. J., Easterling, K. E., Ashby, M. F. (1981). The structure and mechanics of cork. *Proceedings of the Royal Society of London*, A377, 99–117.
- [11] Rosa. M. E and Fortes, M. A. J. (1991). Deformation and fracture of cork in tension. *Materials Sciences*, 26:341–348.
- [12] Fortes, M. A., Nogueira, M.T. (1989). The Poisson effect in cork. *Materials Sciences and Engineering*, A122, 227–232.
- [13] Rosa, M. E., Pereira, H., Fortes, M. A. (1990). Effects of hot water treatment on the structure and properties of cork. *Wood and Fiber Sciences*, 22: 149 – 164.

- [14] Rosa, M.E., Pereira, H. (1994). The effect of long term treatments at 100 – 150 °C on structure, chemical composition and compression behaviour of cork. *Holzforschung*, 48:226-232.
- [15] Vaz, M. F., Fortes, M. A. (1998). Friction properties of cork. *Journal of Materials Science*, 33: 2087-2093.
- [16] Silva, S.P., Sabino, M.A., Fernandes, E.M., Correlo, V.M., Boesel, L.F., Reis, R.L. (2005). Cork: properties, capabilities, and applications. *International Materials Reviews*, 50(6):345–365.
- [17] Mano, J.F. (2002). The viscoelastic properties of cork. *Journal of Materials Science*, 37(2):257–263.
- [18] Anjos, O., Rodrigues, C., Morais, J., Pereira, H. (2014). Effect of density on the compression behavior of cork. *Materials & Design*, 53:1089–1096.
- [19] Pereira, H., Graca, J., Baptista, C. (1992). The Effect of Growth Rate on the Structure and Compressive Properties of Cork. *IAWA Bulletin*, 13(4):389–396.
- [20] Pereira, H. (1998). The caliber and porosity as parameters of the technological quality of cork in plank. *Revista Florestal*, 2(XI), 46–50.
- [21] Gibson, L.J. (2005). Biomechanics of cellular solids. *Journal of Biomechanics*, 38:377-99.
- [22] Pereira, S.C., Soares, G.A.M., Oliviera, A.C., Rosa, M.E. (2006). Effect of fungal colonization on mechanical performance of cork. *International Biodeterioration and Biodegradation* 57(4): 244-250.
- [23] Faria, D.P., Fonseca, A.L., Pereira, H., Teodoro O.M.N.D. (2011). Permeability of cork to gases. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59(8):3590–3597.
- [24] Lequin, S., Chassagne, D., Karbowski, T., Simon, J.M., Paulin, C., Bellat, J.P. (2012). Diffusion of oxygen in cork. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60(13):3348–3356.
- [25] Abenojar, J., Barbosa, A.Q., Ballesteros, Y., Martinez, M.A. (2014). Effect of surface treatments on natural cork: surface energy, adhesion, and acoustic insulation. *Wood Science and Technology*, 48:207–224.
- [26] Garcia, A., Anjos, A., Iglesias, C., Pereira, H., Martínez, J., Taboada, J. (2015). Prediction of mechanical strength of cork under compression using machine learning techniques. *Materials & Design*, 82:304–11.
- [27] Gameiro, C.P., Cirne, J. (2007). Dynamic axial crushing of short to long circular aluminum tubes with agglomerate cork filler. *International Journal of Mechanical Sciences*, 49:1029–37.
- [28] Paulino, M., Teixeira-Dias, F. (2011). An energy absorption performance index for cellular materials – development of a side-impact cork padding. *International Journal of Crashworthiness*, 16:135–53.

- [29] Fernandes, F.A.O., Tavares, J.P., Alves de Sousa, R.J., Pereira, A.B., Esteves, J.L. (2014). Manufacturing and testing composites based on natural materials. *Procedia Manufacturing*, 13:227–34.
- [30] Fernandes, F.A.O., Pascoal, R.J.S., Alves de Sousa, R.J. (2014). Modelling impact response of agglomerated cork. *Materials & Design*, 58:499–507.
- [31] Ptak, M., Kaczynski, P., Fernandes, F.A.O. (2017). Assessing impact velocity and temperature effects on crashworthiness properties of cork material. *International Journal of Impact Engineering*, 106:238–48.
- [32] Castro, O., Silva, J.M., Tessaleno, D., Silva, A., Gil, L. (2009). Cork agglomerates as an ideal core material in lightweight structures. *Materials & Design*, 31:425–432.
- [33] Kaczynski, P., Ptak, M., Wilhelm, J., Fernandes, F.A.O., Alves de Sousa, R.J. (2019). High-energy impact testing of agglomerated cork at extremely low and high temperatures. *International Journal of Impact Engineering* 126:109-116.
- [34] Moreira, R.A.S., Dias Rodrigues, J.F. (2010). Static and dynamic characterization of composition cork for sandwich beam cores. *Journal of Materials Science*, 45(12):3350–3366.
- [35] Gil, L. (2007). Cork as a building material. Technical manual. Associação Portuguesa da Cortiça.
- [36] Gil, L., Moiteiro, C. (2003). Cork. In Ullmann’s Encyclopedia of Chemical Technology.
- [37] Hoff, N.J., Mautner, S. E. (1944). Sandwich construction, *Aeronautical Engineering Review*.
- [38] Hildebrand, M. (1996). A comparison of FRP-sandwich penetrating impact test methods. Espoo: VTT publications 281.
- [39] Christopherson, J., Mahinfalah, M., Jazar, G., Aagaah, M. (2005). An investigation on the effect of small mass impact on sandwich composite plates. *Composite Structures*, 67(3):299–306.
- [40] Amorim Cork Composites. Available: https://amorimcorkcomposites.com/media/1095/brochura-aerospace_en_digital.pdf
- [41] Amorim Cork Composites. Available: www.amorimcorkcomposites.com/en-us/about-us/news/ablative-thermal-solution-p50-in-next-generation-launch-rockets/
- [42] Amorim Cork Composites. Available: www.amorimcorkcomposites.com/en-us/materials-applications/aerospace/
- [43] Drescher, O., Hörschen-Eggers, M., Pinaud, G., Podeur, M. (2017). Cork based thermal protection system for sounding rocket applications-development and flight testing. 23rd ESA Symposium, Sweden.
- [44] New Atlas. Available: <https://newatlas.com/aerocork-sustainable-aircraft-materials/15649/>

- [45] Marques, E.A.S., Silva L.F.M., Banea M.D., Carbas R. (2015). Adhesive joints for low and high temperature use: an overview. *Journal of Adhesion*, 91:556-85.
- [46] Bouilly, J.M., Francine Bonnefond, F., Dariol F., Jullien P., Leleu F. (2006). Ablative thermal protection systems for entry in Mars atmosphere. A presentation of materials solutions and testing capabilities. In: Proceedings of 4th international planetary probe workshop, pasadena, California, USA.
- [47] Triantou, K., Perez, B., Marinou, A., Florez, S., Mergia, K., Vekinis, G., Barcena, J., Rotarmel, W., Zuber, C., Montburn, A. (2016). Performance of cork and ceramic matrix composite joints for re-entry thermal protection structures. *Composites Part B: Engineering*, 108:270-278.
- [48] NASA, Available: <https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/multimedia/tps-on-lvsa.html>
- [49] Amorim Cork Composites. Available: <https://amorimcorkcomposites.com/en/about-us/news/cork-on-mission-to-mars/>