

Ekolojik Mimarlıkta Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.) Kullanımının Değerlendirilmesi: Can Monges Restorasyon Projesi Örneği

Esma KİŞİOĞLU ÖZYURT^{1*}, Hakan İMERT²

¹ Mimarlık Ana Bilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

*¹ eecozyurt@gmail.com, ² hakan.imert@izu.edu.tr

(Geliş/Received: 11/02/2026;

Kabul/Accepted: 01/09/2026)

Öz: Sürdürülebilir ve çevre dostu yapı malzemelerine olan ilgi, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi ve yapı sektörünün neden olduğu yüksek karbon salımı ile artmaktadır. Bunun sonucunda ekolojik mimarlık; enerji verimliliği, sürdürülebilir malzeme kullanımı ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik tasarım yaklaşımlarını içeren önemli bir çalışma alanı olarak öne çıkmaktadır. Endüstriyel kenevir düşük karbon ayak izi, yenilenebilir yapısı ve higrotermal performansı sayesinde, güncel biyobazlı yapı malzemeleri arasında yerini almıştır. Özellikle kenevir sapı ve liflerinden elde edilen yapı malzemeleri; yalıtım, levha ve kompozit üretiminde kullanılabilir. Bu çalışmada, endüstriyel kenevirin (*Cannabis sativa* L.) ekolojik mimarlık kapsamında yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeli, İspanya'nın Mallorca Balear Adaları'nda gerçekleştirilen "Can Monges Restorasyon Projesi" üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Can Monges restorasyon projesinde kullanılan kenevir bazlı yapı malzemeleri, geri dönüşüm uygulamaları ve ekolojik tasarım yaklaşımları incelenmiş; kenevirin kullanım alanları ve ekolojik malzeme olma kriterleri SWOT analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, kenevir temelli yapı malzemelerinin düşük karbon emisyonu, ısı yalıtımı, nem dengeleme kapasitesi ve sürdürülebilir üretim özellikleri sayesinde ekolojik mimarlık uygulamalarında uygulanabilir ve çevre dostu bir alternatif olma potansiyeli taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstriyel kenevir, kenevir temelli yapı malzemeleri, ekolojik mimarlık, Can Monges, SWOT analizi.

Evaluation of Industrial Hemp Use in Ecological Architecture: The Case of the Can Monges Restoration Project

Abstract: Interest in sustainable and environmentally friendly building materials has increased due to climate change, the depletion of natural resources, and the high carbon emissions caused by the building sector. As a result, ecological architecture has emerged as an important field of study encompassing design approaches aimed at improving energy efficiency, promoting the use of sustainable materials, and reducing environmental impacts. Industrial hemp has become one of the prominent bio-based building materials due to its low carbon footprint, renewable nature, and favorable hygrothermal performance. Building materials derived from hemp stalks and fibers can be used in the production of insulation materials, boards, and composites. In this study, the potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as a building material within the scope of ecological architecture was evaluated through the Can Monges Restoration Project located in Mallorca, Balearic Islands, Spain. Within the scope of the study, hemp-based building materials used in the Can Monges restoration project, recycling practices, and ecological design approaches were examined; the applications of hemp and its characteristics as an ecological material were evaluated using the SWOT analysis method. Based on the findings, it was concluded that hemp-based building materials have the potential to constitute a feasible and environmentally friendly alternative for ecological architecture due to their low carbon emissions, thermal insulation, moisture buffering capacity, and sustainable production characteristics.

Keywords: Industrial hemp, hemp-based building materials, ecological architecture, Can Monges, SWOT analysis.

1. Giriş

Günümüzde büyük ölçüde insan faaliyetlerine bağlı olarak giderek artan iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin azalması ve çevresel bozulma küresel sorunlar arasında yer almaktadır. Bu sorunların temel nedenleri nüfus artışı ile birlikte doğal kaynakların kontrolsüz ve yoğun biçimde tüketilmesi olarak gösterilmektedir. Bu

* Sorumlu yazar: eecozyurt@gmail.com. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0009-0001-4110-803X, ² 0000-0001-9216-8596

açıdan ele alındığında çevrenin korunması ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı için ekolojik, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirlik kavramları büyük önem taşımaktadır [1].

Kenevir bitkisi (*Cannabis*), sürdürülebilirlik potansiyeli yüksek biyobazlı bir kaynak olarak son yıllarda yeniden önem kazanmıştır. Cannabinaceae familyasına ait olan kenevir, Asya kökenli olduğu ve başlıca *Cannabis sativa* ve *Cannabis indica* olmak üzere iki alt türe sahiptir. Endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan tür ise *Cannabis sativa*'dır [2]. Tek yıllık, odunsu bir bitki olan endüstriyel kenevir, özellikle lif açısından zengin yapısı ile dikkat çekerken, lif ve tohum üretimi amacıyla yetiştirilen bu bitkinin, lif elde edildikten sonra geriye kalan sap ve kırtık kısımları ise yapı malzemesi üretiminde değerlendirilebilmektedir. Kenevir döngüsel ekonomi açısından değerli bir malzeme haline gelerek sıva, yalıtım ve levha üretiminde kullanılmaktadır [3].

Kenevirin çevresel açıdan en önemli özelliklerinden biri, yüksek karbon tutma kapasitesidir. Bitki, büyüme sürecinde önemli miktarda karbon dioksit absorbe etmekte; ancak bu sürecin karbon nötr ya da karbon negatif bir sonuca ulaşip ulaşmadığı, kullanılan bağlayıcı, karışım oranı, nakliye mesafesi ve yaşam sonu senaryosu gibi yaşam döngüsü parametrelerine bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca üretim sürecinde yoğun kimyasal kullanımı gerektirmemesi ve biyolojik çeşitliliği desteklemesi, keneviri ekolojik açıdan avantajlı bir hammadde haline getirmektedir [1]. Bu özellikleri sayesinde kenevir, gıda, tekstil ve sağlık sektörlerinin yanı sıra yapı sektöründe de alternatif bir malzeme olarak kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat alanında lif, sap ve kırtık bileşenleri kullanılarak tuğla, yalıtım malzemeleri ve kompozit yapı elemanları üretilmekte ve bu ürünler ekolojik mimarlık uygulamalarında giderek daha fazla yer bulmaktadır [4].

Ekolojik mimarlık uygulamalarına ve çevre dostu yapı malzemelerine olan küresel ilgi, sürdürülebilir tüketim anlayışı ve bu doğrultuda gelişen pazar dinamikleri ile birlikte artış göstermektedir. Buna bağlı olarak biyobazlı malzemeler, özellikle de kenevir, yapı sektörünün karşı karşıya olduğu çevresel sorunlara alternatif bir çözüm olarak öne çıkmaktadır [5]. 1980'li yıllardan itibaren düşük enerji gereksinimi ve yenilenebilir yapısı nedeniyle mimarlıkta değerlendirilen kenevir, düşük işçilik maliyeti, basit üretim teknikleri ve düşük karbon ayak izi sayesinde hidrokarbon temelli yapı üretiminden biyobazlı ve sürdürülebilir bir üretim modeline geçişte önemli bir rol oynayabilecek potansiyele sahiptir [6].

Doğal malzeme geliştirme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle iç mekân uygulamalarına yönelik yeni ve sürdürülebilir malzeme potansiyellerinin ortaya çıktığı görülmektedir. Ancak bu malzemelerin etkin biçimde kullanılabilmesi için, mimar ve tasarımcıların uygulama süreçlerini destekleyen kapsamlı ve yönlendirici bütüncül kılavuzlara ihtiyaç duyulmaktadır [7]. Bununla birlikte, biyobazlı malzemelerin farklı sektörlerde kullanımının artmasına rağmen mimarlık alanındaki uygulamalarının hâlen sınırlı düzeyde kaldığı bilinmektedir. [8]. Bu durum, biyobazlı yapı malzemelerinin yalnızca teknik performans açısından değil, mimari uygulamalar ve tasarım süreçleri bağlamında da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Biyobazlı malzemelerden biri olan endüstriyel kenevir, sürdürülebilir ve çevre dostu özellikleri sayesinde mimarlık alanında önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen, mimari uygulamalardaki kullanım örnekleri sınırlıdır ve bu alandaki çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir [6]. Bu nedenle, kenevir temelli yapı malzemelerinin gerçek yapı uygulamaları üzerinden değerlendirilmesi, literatürdeki mevcut boşluğun giderilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışma, endüstriyel kenevirden elde edilen yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık uygulamalarındaki kullanımını, İspanya'nın Mallorca kentinde yer alan "Can Monges" restorasyon projesi üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında projede kullanılan kenevir temelli yapı malzemeleri; mimari kullanım biçimleri, çevresel özellikleri ve yapı kabuğuna ilişkin performans kriterleri SWOT analizi yöntemiyle ele alınmakta ve bu malzemelerin ekolojik mimarlık bağlamındaki güçlü ve zayıf yönleri ortaya konulmaktadır.

Araştırma, kenevir temelli yapı malzemelerinin gerçek bir mimari uygulama üzerinden değerlendirilmesi bakımından literatüre katkı sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca çalışma, biyobazlı yapı malzemelerinin sürdürülebilir yapı üretimindeki potansiyeline dikkat çekerek ekolojik mimarlık alanındaki akademik tartışmalara katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Endüstriyel kenevir temelli yapı malzemeleri, ekolojik mimarlık kriterleri açısından nasıl değerlendirilebilir?
2. Can Monges restorasyon projesinde kullanılan kenevir temelli yapı malzemeleri hangi yapı elemanlarında uygulanmış ve proje ekibinin paylaştığı gözlemlere göre nem kontrolü, iç mekân hava kalitesi ile enerji verimliliği açısından nasıl bir performans ortaya koymuştur?
3. SWOT analizi sonuçlarına göre, kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık bağlamındaki güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri nelerdir?

2. Ekolojik Mimarlıkta Tasarım ve Malzeme Perspektifi

Çağımızın en önemli çevresel sorunlarından biri olan küresel ısınma kaynaklı iklim değişikliği, ekosistemleri ve insan yaşamını büyük ölçüde etkilemektedir. Küresel ölçekte salgınlar, artan sıcaklıklar, aşırı hava olayları, kuraklık ve deniz seviyesindeki yükselmeler hem doğal sistemlerin sürdürülebilirliğini hem de kentsel yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [9]. Bu durum, doğal kaynakların korunmasını ve sürdürülebilirliği hedefleyen yeni yaklaşımların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

İnsanlar, doğayla uyumlu bir yaşam sürerken kaynakların korunmasını esas alan yaklaşımlarda önem kazanmaktadır. Bu yaklaşımlar, barınma, ısınma, serinleme ve aydınlatma gibi temel ihtiyaçların karşılanması sürecinde doğal kaynakların korunmasını ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasını amaçlayan sistem ve tasarımları içermektedir. Bu çerçevede ortaya çıkan ekolojik mimarlık kavramı, doğal biyolojik çeşitliliği, sürdürülebilirliği ve çevre bilincini, tasarımın gerçekleştiği alanın özellikleri ile bütünleştirerek yerel ölçekte çözüm üreten bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır [10,11].

Kentsel mimarlıkta mevcut sistemin yüksek yoğunluklu tüketim modelinden uzaklaşarak düşük tüketim ve düşük kirlilik esaslı bir gelişim anlayışına yönelmesi gerekmektedir. Bu dönüşümün temelleri, 1960'lı yıllarda ekolojik mimarlığın bir çözüm yaklaşımı olarak ortaya çıkmasıyla atılmış; Amerikalı mimar Paolo Soleri tarafından "yeşil mimari" kavramı önerilmiştir. Mimarlık, doğrudan doğal çevre üzerinde faaliyet gösteren ve doğal kaynakları yoğun biçimde kullanan bir alan olup, istatistiksel verilere göre doğal kaynakların yaklaşık %50'sinin mimari faaliyetler kapsamında tüketildiği belirtilmektedir [12]. Bu durum, mevcut üretim ve tüketim alışkanlıklarının yeniden değerlendirilmesini ve kaynakları koruyan, enerji tüketimini ve çevresel kirliliği azaltan mimari yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu gelişmeler ışığında ekolojik mimarlık, yapı üretim süreçlerinde doğal kaynakların korunmasını, enerji tüketiminin azaltılmasını ve çevresel etkilerin en aza indirilmesini amaçlayan bir tasarım yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Ekolojik mimarlık, yapıların doğal çevre ile uyumlu, sürdürülebilir ve enerji etkin sistemler olarak tasarlanırken işlevsel mekânlar üretmeyi de hedeflemektedir [13].

Ekolojik mimarlık, tasarım sürecinde doğal sistemlerin işleyişinden yararlanmayı ve yapıların ekosistem ile uyumlu şekilde tasarlanmasını esas almaktadır. Bu mimari anlayışta, yapılar yalnızca fiziksel nesneler olarak değil, çevresel sistemlerin bir parçası olarak ele alınmakta ve bu doğrultuda tasarım süreçleri bütüncül bir çevresel perspektifle ele alınmaktadır [14]. Mimarlık ve inşaat sektörü, doğal kaynak tüketimi ve karbon emisyonları açısından önemli bir paya sahiptir. Yapı sektörünün küresel enerji tüketiminin yaklaşık %32'sinden ve karbon emisyonlarının yaklaşık %34'ünden sorumlu olduğu belirtilmektedir [15]. Bu nedenle sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi ve ekolojik mimari uygulamaların yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Ekolojik mimarinin tasarım ilkeleri ve yöntemleri, ekosistemin hem biyotik hem de abiyotik bileşenlerinin bir bütün olarak işlediği sistem anlayışına dayanmaktadır. Bu doğrultuda yapılar, ekosistemin bileşimine, fiziksel yapısına ve süreçlerine benzer şekilde tasarlanmalı; mimarlık yalnızca işlevsel mekânlar ya da estetik objeler üretme pratiği olarak değil, doğayla bütünleşik yeni yaşam alanları oluşturma süreci olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım çerçevesinde, ekolojik mimari tasarımın temel ilkeleri doğal sistemlerin işleyişini referans alarak şekillenmekte olup, bu kapsamda öne çıkan ilkeler aşağıda sıralanmaktadır [14].

Genel tasarım ilkeleri: Ekolojik mimari, tasarım sürecinde plan, malzeme ve teknik seçimlerde belirli ilkeler doğrultusunda hareket etmeyi gerektirir. Bu bağlamda tasarımlar; insanı merkez alan, yaşam döngüsü boyunca doğayla bütünleşik, çevresel optimizasyona sahip, kaynak tasarruflu, sağlıklı ve konforlu yapılar üretmeyi hedeflemektedir [12].

Düşük tüketim ve kirlilik içermeme ilkesi: Ekolojik mimarlıkta düşük tüketim; enerji kullanımının azaltılması, malzeme tüketiminin minimize edilmesi ve doğal kaynakların etkin kullanımı anlamına gelmektedir. Bu kapsamda tasarımlar, bulunduğu bölgenin iklim özelliklerine uygun olarak güneş, rüzgâr ve su gibi doğal enerji kaynaklarından maksimum fayda sağlayacak şekilde kurgulanmalıdır. Ayrıca yenilenemeyen kaynakların israfını önlemek, geri dönüşüm ve yeniden kullanım olanaklarını değerlendirmek bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır [12].

Birlikte yaşama ilkesi: Ekolojik mimarlık, sürdürülebilir kalkınma anlayışı doğrultusunda insan ve diğer canlıların ekosistem içinde uyumlu bir şekilde var olmasını hedeflemektedir. Bu yaklaşım, günümüz ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin kaynaklarını korumayı esas almakta ve doğa ile insan arasında dengeli bir ilişki kurulmasını öngörmektedir [12].

Ekolojik mimarlıkta tasarımın en önemli unsurlarından biri malzeme seçimidir. Malzeme tercihi, yapının karbon ayak izini azaltma, enerji tüketimini düşürme ve iç mekân konforunu artırma açısından belirleyici rol

oynamaktadır [16]. Bu nedenle ekolojik malzemeler; yaşam döngüsü boyunca düşük çevresel etkiye sahip, enerji etkin, geri dönüştürülebilir ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemeler olarak tanımlanmaktadır [17].

Ekolojik malzemelerin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesinde belirli kriterler öne çıkmaktadır. Bu kriterler aşağıdaki başlıklar altında ele alınmaktadır:

1. Kaynak kullanımındaki etkinlik

- Geri dönüşümlü
- Doğal ve atığı az
- Yenilenebilir
- Bol ve yerel
- Enerji etkin
- Sera etkisini azaltan
- Dayanıklı

- Kimyasal emisyonu minimum olan
- Neme dayanıklı
- Kullanımı ve bakımı sağlıklı
- Hava kalitesini iyileştiren

3. Enerji kullanımındaki etkinlik

- Enerji tüketimini en aza indiren

2. İç ve dış ortam hava kalitesi

- Zehirli olmayan

4. Su korunumu

- Doğal su kaynaklarını koruyan
- Su tüketimini minimum seviyeye indiren [18]

Ekolojik mimarlıkta iç ve dış tasarımda doğal malzemelerin kullanımı ön plandadır. Tasarım sürecinde malzeme seçimi, hava, su ve toprak gibi doğal sistemler üzerinde doğrudan etkili olduğu için ekosistem ile uyumlu olarak yapılmalıdır. Bu kapsamda malzemelerin üretiminden kullanım ömrü sonrasına kadar olan süreçleri kapsayan yaşam döngüsü yaklaşımı dikkate alınmalı ve çevreye en az zarar verecek seçenekler tercih edilmelidir [19,20].

3. Endüstriyel Kenevirin Güncel Malzeme Seçenekleri ve Ekolojik Malzeme Olarak Değerlendirilmesi

Endüstriyel kenevir (Cannabis sativa L.), binlerce yıldır farklı endüstriyel alanlarda kullanılan önemli bir tarım ürünüdür. Tarihsel olarak kenevir lifleri gemicilik sektöründe halat, yelken ve ağ üretiminde yaygın olarak kullanılmıştır [21]. Yıllar öncesinde Portekiz, İspanya, Britanya ve İskandinav ülkeleri gibi denizcilikle uğraşan ülkelerde önemli oranda kenevire ihtiyaç duyulmuştur [22]. Günümüzde ise kenevir lifleri ve sapları biyokompozit malzemeler, tekstil ürünleri ve yapı malzemeleri gibi birçok farklı alanda değerlendirilmektedir. Kenevir lif, tohum ve narkotik özellikleri ile ayrı ayrı incelenmektedir. Halk dilinde kendir, esrar, marihuana gibi isimlerle anılan bitkinin tohumlarına ise çedene denilmektedir. Ekosistemdeki sürdürülebilir önemi ve kenevirin hemen hemen tüm kısımlarının kullanılabilir olması dünya genelinde önemini artırmışken, uyuşturucu madde olarak kullanımı sebebiyle çoğu ülkede yetiştirilmesi yasaklanmıştır [22]. Bu yönüyle kenevir, geçmişten günümüze farklı sektörlerde kullanım alanı bulan çok yönlü bir doğal kaynak olarak öne çıkmaktadır.

Kenevir bitkisi, hızlı büyüme süresi, yüksek lif verimi ve düşük tarımsal girdi ihtiyacı sayesinde sürdürülebilir tarım ürünleri arasında yer almaktadır [4]. Ayrıca fotosentez sürecinde yüksek miktarda karbon dioksit absorbe edebilmesi ve üretim sürecinde karbon depolama kapasitesine sahip olması nedeniyle düşük karbonlu yapı malzemeleri arasında değerlendirilmektedir [23]. Bu durum, kenevirin yalnızca tarımsal değil aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir. Nitekim kenevir, uygun yetiştirme ve işleme koşullarında yaşam döngüsü boyunca atmosferden çektiği karbonun salınımdan daha fazla olabileceği, yani karbon-negatif bir potansiyele sahip olabileceği bildirilmektedir; ancak bu sonucun bağlayıcı türü, taşıma mesafesi ve kullanım ömrü sonu senaryosuna göre değişebileceği vurgulanmaktadır [24]. Li ve arkadaşlarına (2006) göre, yüksek çekme gücüne sahip olması ve alkali ortamlara karşı güçlü tolerans gösterebilmesi, kenevir liflerinin teknik açıdan avantajlı bir malzeme olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bu liflerin kolay bulunabilir, düşük maliyetli ve küçük ölçekli sanayi ile işlenebilir olması, enerji etkin bir kaynak olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır [25].

Yapı sektöründe kenevir bitkisinin sap kısmından elde edilen kenevir kütüğü ve su ile birlikte genellikle kireç bağlayıcı kullanılarak oluşturulan kenevir betonu, Şekil 1a'da gösterildiği gibi sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Buna karşın yeterli uygulama yaygınlığı olmayan kenevir betonu, genellikle yeşil binalarda ve özel mimari tasarımlarda kullanılmaktadır. Kenevir betonu; kenevir parçalarının yüksek gözenekliliği ve düşük yoğunluğu nedeniyle geleneksel betondan farklı olarak termal, akustik ve mekanik özellikler sunmaktadır. Düşük ısı iletkenliği, iyi ısı yalıtımı ve higrotermal performans özellikleri sayesinde yapı kabuğunda kullanılabilen, akustik yalıtımla avantaj sağlamaktadır [26,27]. Araştırmalar, kenevir betonunun nem düzenleme kapasitesi

sayesinde iç mekân konfor koşullarını iyileştirdiğini ve duvar malzemesi olarak kullanıldığında ısı kayıplarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir [24,27].

Kenevir betonunun dayanıklılığı, içerdiği kireç sayesinde zamanla karbonatlaşma göstererek kireç taşına dönüşmesi ve böylece malzemenin mikro yapısında dayanım kazanması ile ilişkilidir. Bu durum, zamanla güçlenen bir malzeme davranışı olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte bazı araştırmalar, donma-çözünme döngülerinde kütle kaybının dayanıklılığı olumsuz etkileyebileceğini belirtirken, sodyum klorür etkisi altında mikrobiyal saldırılara karşı yüksek direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır [28]. Ortalama büyüklükte bir evde kullanılan beton duvarların yaklaşık 48 ton karbon salımına neden olduğu, buna karşılık aynı yapı kenevir temelli malzemelerle inşa edildiğinde bu değer yaklaşık 5,5 ton seviyelerine düştüğü belirtilmektedir [29]. Bu durum, kenevirin çevresel etkiler açısından önemli bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Kenevir temelli malzemeler yalnızca kenevir betonu ile sınırlı olmayıp, farklı yapı bileşenlerinde de kullanılabilir. Bu kapsamda kenevir yünü, %60' dan fazla kenevir lifi içeren, Şekil 1c'de gösterildiği gibi doğal bir ısı yalıtım malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Termal direnç değerleri diğer yaygın yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılabilir düzeydedir. VOC (Uçucu Organik Bileşikler, Volatile Organic Compounds) içermemesi nedeniyle toksik olmayan, geri dönüştürülebilir ve düşük gömülü enerjiye sahip bir malzemedir [30]. Kenevir yünü aynı zamanda kendine özgü kokusu sayesinde kemirgenleri uzaklaştırmakta, ortam nemini dengeleyerek iç mekân konforunu artırmaktadır. Güneş enerjisini depolayarak yazın aşırı ısınmayı önlemekte, kışın ise ısıyı geri vererek ısınmaya katkı sağlamaktadır. Kimyasal yalıtım malzemelerinin aksine, kullanım ömrü sonunda çevreye zarar vermeden biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Günümüzde kullanım pazarı sınırlı olsa da sürdürülebilir yapı arayışlarının artmasıyla birlikte gelecekte daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir [31].

Bunun yanı sıra kenevir odunu da mühendislik ürünü olarak yapı sektöründe yer almaya başlamıştır. Kenevir sapları ve lifleri parçalanarak soya bazlı bir yapıştırıcı ile bağlanmakta, ardından sıkıştırılarak ve ısıtılarak uygulanarak bloklar haline getirilmektedir. Bu bloklardan elde edilen kaplamalar döşeme üst katmanlarında kullanılmakta, alt katman ise formaldehit içermeyen sert ağaç kontrplaktan oluşmaktadır [32]. Şekil 1b'de gösterilen bu malzeme günümüzde sınırlı üretime sahip olup özellikle Amerika'da kullanılmaktadır. MDF gibi geleneksel ürünlerin aksine formaldehit içermemesi, insan sağlığı ve çevre açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu doğrultuda kenevir temelli malzemeler, zararlı kimyasallar içeren yapı malzemelerine alternatif olarak ekolojik mimarlık kapsamında değerlendirilmektedir.



Şekil 1a.Kenevir betonu [33],**1b.** Kenevir odunu [32],**1c.** Kenevir yünü [30]

Tüm bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda, endüstriyel kenevir temelli yapı malzemeleri hem çevresel hem de teknik performans açısından önemli avantajlar sunmakta olup sürdürülebilir mimarlık ve ekolojik yapı tasarımı bağlamında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bir yapı malzemesinin ekolojik olarak değerlendirilebilmesi; yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi, düşük enerji tüketimiyle üretilmesi, insan sağlığına zarar vermemesi, geri dönüştürülebilir olması ve yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin düşük olması gibi temel ölçütlere bağlıdır. Endüstriyel kenevir, hızlı yenilenebilir bir kaynak olması, karbon depolama

kapasitesi, düşük gömülü enerjiye sahip olması ve geri dönüştürülebilir özellikleri sayesinde bu ölçütlerin büyük bir kısmını karşılamaktadır [13]. Bu doğrultuda günümüzde yeniden önem kazanan kenevirin ekolojik malzeme olma durumu belirli kriterlere göre değerlendirilmekte olup, bu kriterler aşağıda Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1.Kenevirin ekolojik olma durumu [18].

Ekolojik Kriter	Alt Kriter	Açıklama	Veri Kaynağı
Kaynak Kullanımındaki Etkinlik	Geri dönüştürülebilir	Kenevir bazlı yapı malzemeleri yeniden değerlendirilebilen biyobazlı malzemeler olarak sınıflandırılmaktadır.	[34]
	Doğal ve atığı az	Kenevir bitkisinin üretiminde lif ve sap kısmının yapı malzemelerinde kullanılabilmesiyle atık miktarını azaltmaktadır.	[35]
	Yenilenebilir	Kenevir hızlı büyüyen ve yıllık olarak yetiştirilebilen yenilenebilir bir tarım ürünüdür.	[36]
	Yerel üretilebilir	Kenevir farklı iklim bölgelerinde yetiştirilebilir ve yerel üretim imkânına sahiptir.	[36]
	Enerji etkin	Kenevir temelli yapı malzemelerinin üretim sürecinde enerji tüketimi geleneksel malzemelere göre daha düşüktür.	[5]
	Sera etkisini azaltan	Kenevir bitkisi büyüme sürecinde karbon depolayarak sera gazı etkisinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.	[37,38]
	Dayanıklılık	Kenevir betonunun uygun koşullarda uzun ömürlü ve biyolojik etkilere karşı dayanıklıdır.	[3]
İç ve Dış Ortam Hava Kalitesi	Zehirli olmayan	Kenevir temelli yapı malzemeleri düşük kimyasal içerikleri nedeniyle sağlığa zararsız doğal malzemeler olarak değerlendirilmektedir.	[5]
	Kimyasal emisyonu düşük	Biyobazlı yapı malzemeleri uçucu organik bileşik emisyonu açısından düşük değerlere sahiptir.	[5]
	Neme dayanıklı	Kenevir betonunun termal iletkenliği, kuru durumdan %90 bağıl neme kadar yalnızca %15-20 oranında artış göstermekte olup (yoğunluk artışının etkisi çok daha belirleyicidir: 2/3 yoğunluk artışı iletkenliği %54 artırmaktadır); bu da malzemenin nem değişimlerine karşı ısı yalıtım performansını büyük ölçüde koruduğunu göstermektedir. Bu bulgu, nem dengeleme kapasitesinin su buharı geçirgenliğinden farklı, ayrı bir performans göstergesi olduğunu ortaya koymaktadır.	[26]
	Kullanımı ve bakımı sağlıklı	Doğal içerikli yapı malzemeleri insan sağlığı açısından daha güvenli kullanım sunmaktadır.	[5]
	Hava kalitesini iyileştiren	Kenevir betonunun nem içeriğinin termal performans üzerindeki sınırlı etkisi deneysel olarak gösterilmiş olsa da [26], bu çalışma VOC veya CO2 gibi göstergelerle ölçülen iç mekân hava kalitesini doğrudan incelememektedir; dolayısıyla malzemenin hava kalitesini iyileştirdiği yönünde bu kaynağa dayanarak kesin bir sonuca ulaşılamamaktadır.	[26]
Enerji Kullanımındaki Etkinlik	Enerji tüketimini azaltan	Kenevir temelli yapı malzemeleri düşük ısı iletkenliği sayesinde yapı kabuğunda enerji kayıplarını azaltmaktadır.	[3]
Su Korunumu	Doğal su kaynaklarını koruyan	Kenevir üretimi diğer endüstriyel bitkilere kıyasla daha düşük su tüketimi ile gerçekleştirilebilmektedir.	[5]
	Su tüketimini azaltan	Kenevir bitkisi düşük sulama ihtiyacı ile sürdürülebilir tarım ürünleri arasında yer almaktadır.	[36]

4. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, İspanya’nın Mallorca kentinde, Balear Adaları’nda yer alan “Can Monges” restorasyon projesi üzerinden endüstriyel kenevir temelli yapı malzemelerinin kullanımının incelenmesini amaçlamaktadır. Can Monges restorasyon projesi, yerel ve doğal yapı malzemelerinin kullanıldığı; özellikle endüstriyel kenevirden elde edilen çeşitli yapı malzemelerinin çatı, duvar, zemin ve ısı yalıtımı gibi farklı yapı elemanlarında uygulandığı bir proje olması nedeniyle çalışma kapsamında araştırma örneği olarak seçilmiştir. Projede ayrıca geri dönüşüm

uygulamaları ve etkin atık yönetimi gibi sürdürülebilir yapı üretim süreçlerinin yürütülmesi, projenin tercih edilmesinde belirleyici olmuştur.

Bu araştırma, restorasyon projesinin uygulanmasına yönelik bilgilerin değerlendirilmesiyle nitel araştırma yaklaşımına dayalı bir örnek olay incelemesidir. Araştırma sürecinde öncelikle konuya ilişkin ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar incelenmiş ve kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu kapsamda ekolojik mimarlık, ekolojik yapı malzemeleri ve kenevir temelli yapı malzemeleri üzerine yayımlanmış bilimsel makaleler, tezler ve akademik yayınlar elektronik veri tabanları aracılığıyla taranmıştır.

Tarama Google Scholar üzerinden gerçekleştirilmiş, bu platform aracılığıyla ulaşılan çalışmalar için ilgili dergi ve yayınevi veri tabanlarına da erişilmiştir. Tarama sürecinde “endüstriyel kenevir”, “ekolojik mimarlık”, “ekolojik yapılar”, “kenevir esaslı yapı malzemeleri” ve “SWOT analizi” anahtar kelimeleri kullanılmış; “ekolojik yapılar” ve “kenevir esaslı yapılar” aramaları sonucunda Can Monges restorasyon projesi tespit edilerek araştırma örneği olarak seçilmiştir. Taramada belirli bir yıl aralığıyla sistematik bir sınırlama yapılmamış, güncel yayınlara öncelik verilmekle birlikte, ilgili konuda öncü ve sık atıf alan bazı eski kaynaklar da kapsam dışında bırakılmamıştır.

“Can Monges” restorasyon projesine ilişkin veriler; mimari çizimler, görsel belgeler ve proje hakkında yayımlanan teknik dokümanlar üzerinden incelenmiş, projenin kullanım sürecine ilişkin teknik değerlendirmeler ise proje ekibi tarafından e-posta yoluyla paylaşılan yazılı açıklamalardan elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan bu veriler, kamuya açık teknik bilgiler ve proje ekibinin araştırma amacıyla paylaştığı teknik açıklamalar ile sınırlıdır. Elde edilen veriler, çalışmanın amacı doğrultusunda analitik bir yaklaşımla değerlendirilmiş ve Can Monges restorasyon projesinde kullanılan kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık bağlamındaki güçlü ve zayıf yönleri ile potansiyel fırsat ve tehditleri SWOT analizi yöntemi ile incelenmiştir.

Bu doğrultuda çalışmada, literatürde ortaya konan kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik özellikleri ile Can Monges restorasyon projesinde uygulanan mimari yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular çalışmanın sonraki bölümünde sunulmuştur. Bu bağlamda, restorasyon projesinin yönetsel ve mekânsal özellikleri incelenerek kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık uygulamalarındaki yeri ortaya konmuştur.

4.1. Araştırmanın kapsamı ve sınırlılıkları

Bu araştırma, İspanya’nın Mallorca kentinde yer alan Can Monges restorasyon projesinde kullanılan endüstriyel kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık bağlamında değerlendirilmesi ile sınırlıdır. Çalışma kapsamında kenevir betonu, kenevir yünü ve diğer kenevir temelli yapı malzemelerinin kullanım biçimleri; proje dokümanları, mimari çizimler, görsel veriler ve proje ekibinden elde edilen yazılı açıklamalar doğrultusunda incelenmiştir. Elde edilen veriler, ekolojik mimarlık ilkeleri ve literatürde tanımlanan ekolojik malzeme kriterleri çerçevesinde SWOT analizi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Araştırmanın temel sınırlılığı, tek bir örnek olay incelemesine dayanmasıdır. Bu nedenle elde edilen bulguların tüm kenevir temelli yapı uygulamalarına genelleştirilmesi mümkün değildir. Ayrıca çalışma kapsamında yerinde ölçüm, kullanıcı anketi veya uzun dönemli deneysel performans testleri gerçekleştirilmemiştir. Projeye ilişkin uygulama sonrası performans değerlendirmeleri, proje ekibinden elde edilen yazılı açıklamalar ve mevcut teknik dokümanlar ile sınırlıdır. Buna rağmen araştırmanın, kenevir temelli yapı malzemelerinin gerçek bir mimari uygulamadaki kullanımını ve ekolojik mimarlık açısından taşıdığı potansiyeli ortaya koyarak gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.2. “Can Monges” projesinin iklimsel ve bağlamsal analizi

Can Monges Projesi’nin bulunduğu Mallorca Adası, İspanya’nın Balear Adaları bölgesinde yer almakta ve Akdeniz iklim kuşağının karakteristik özelliklerini taşımaktadır. İspanya genelinde baskın iklim tipi, sıcak ve kurak yazlar ile ılıman ve yağışlı kışların görüldüğü Akdeniz iklimidir; Balear Adaları’nda yapılan yağış verisi analizleri de en kurak ayın Temmuz, en yağışlı dönemin ise sonbahar-kış ayları olduğunu doğrulamaktadır [39]. Mallorca ’da yaz aylarında yoğun güneş radyasyonu, yüksek güneşlenme süresi ve artan dış ortam sıcaklıkları yapıların termal performansını doğrudan etkilemektedir. Kış aylarında görülen nemli hava koşulları ise yapı kabuğunda yoğunlaşma ve nem birikimi gibi yapı fiziki problemleri olabilmektedir. Özellikle deniz etkisinin belirgin olduğu kıyı bölgelerinde yüksek bağıl nem oranı, yapı malzemelerinin dayanıklılığı ve enerji performansı açısından önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle Mallorca’nın iklimsel özellikleri, Can Monges Projesi’nde yapı kabuğu tasarımı, malzeme seçimi ve pasif iklimlendirme stratejileri açısından önemli bir rol oynamaktadır [40,41].

Akdeniz iklimi için mimarlıkta temel pasif tasarım stratejileri iç mekân termal konforunun sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılması açısından güneş kontrolü, doğal havalandırma ve yüksek termal kütleyle sahip yapı elemanlarının kullanımı gerektirmektedir [40]. Bu bölgelerde doğal havalandırmanın, kabul edilebilir termal konforu korurken soğutma amaçlı enerji gereksinimini önemli ölçüde azaltmaktadır [41]. İklim duyarlı mimari yaklaşımlar, yapının bulunduğu topografya, malzeme özellikleri ve kültürel bağlam ile bütüncül bir ilişki kurmayı hedeflemekte; bu doğrultuda yerel mimarlık yaklaşımlarında geleneksel yapı teknolojileri, çevresel bağlam ve mevcut kaynaklarla uyumlu biçimde şekillenerek gelişmektedir [42].

Mallorca'nın geleneksel yapı kültüründe doğal taş kullanımı önemli bir yere sahiptir. Özellikle marès taşı (kireç taşı), adanın en karakteristik yapı taşlarından biri olarak tanımlanmakta ve Palma Cathedral, Bellver Castle,

La Lonja de Palma ve Palma surları gibi yapılarda kullanımıyla öne çıkmaktadır [43]. Balear Adaları'nda son dönem sürdürülebilir mimarlık uygulamalarında da yerel ve düşük karbonlu malzemelerin kullanımı önem kazanmakta; marès taşı, ahşap, posidonia (deniz yosunu) ve endüstriyel kenevir gibi doğal kaynaklar geleneksel yapı teknikleriyle birlikte yeniden değerlendirilmektedir [44]. Bölgenin geleneksel yapı kültürü çerçevesinde, Can Monges restorasyon projesinde de kenevir temelli yapı malzemelerinin kullanılması, yerel malzeme geleneği ile biyobazlı ve düşük karbonlu yapı teknolojilerinin bütünleştirilmesine yönelik güncel bir yaklaşım olarak ele alınmıştır. Dolayısıyla Can Monges projesi, Akdeniz ikliminin getirdiği çevresel etkiler ile yerel mimari karakteri arasında kurulan dengeli ilişkiyi temsil etmektedir. Bu doğrultuda, projede uygulanan kenevir temelli yapı malzemelerinin kullanım biçimleri ve performans özellikleri, yapının özgün koşulları ile birlikte değerlendirilerek bir sonraki bölümde detaylı olarak incelenmektedir.

4.3. “Can Monges” evi ve kenevir kullanımı

Dünyanın birçok farklı bölgesinde çeşitli mimari uygulamalarda kullanılan endüstriyel kenevir, İspanya'nın Mallorca kentinde, Balear Adaları'nda yer alan Can Monges konutunun restorasyon sürecinde özellikle yapının teknik sorunlarına çözüm üretmek amacıyla tercih edilmiştir. Yaklaşık 200 yıllık geçmişe sahip olan bu yapıda, başta kılcal nem olmak üzere yapı fizikine ilişkin önemli sorunlar tespit edilmiştir. Projede mimarlar, “küresel düşün, yerel hareket et” yaklaşımı doğrultusunda hareket ederek yerel kaynakların kullanımını önceliklendirmiş ve sıfır kirlilik hedefi doğrultusunda sürdürülebilir tasarım stratejileri geliştirmiştir. Şekil 2’de kesiti gösterilen yapının atık malzemeler, mevcut döşeme elemanları, fayanslar ve kapılar geri dönüştürülerek yeniden kullanılmış; ayrıca yapı, adaya özgü yerel malzemeler kullanılarak ve yerel tedarikçilerden temin edilen ürünlerle yeniden tasarlanmıştır. Can Monges projesi, ekolojik mimarlık bağlamında bir tür deney ve uygulama alanı olarak ele alınmıştır. 2021 yılında gerçekleştirilen bu restorasyon sürecinde, kenevir kullanımına ilişkin tarihsel ve yasal kısıtlamalar nedeniyle malzeme temininde çeşitli zorluklarla karşılaşmıştır. Nitekim kenevirin 1961 yılında yasaklanması ve uzun yıllar sonra, 2013 yılında kontrollü üretimine izin verilmesine rağmen, ürünün tedarik süreci sınırlı kalmıştır. Buna rağmen kenevirin higrotermal konforu artırma, nem dengeleme ve enerji tasarrufu sağlama gibi özellikleri göz önünde bulundurularak, özellikle nem oranının yüksek olduğu bu bölgede kullanımının uygun olacağı değerlendirilmiş ve yapı içerisinde farklı uygulamalarda denenmiştir [45].

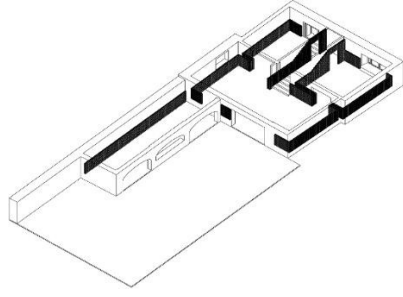


Şekil 2. “Can Monges” kesiti [45].

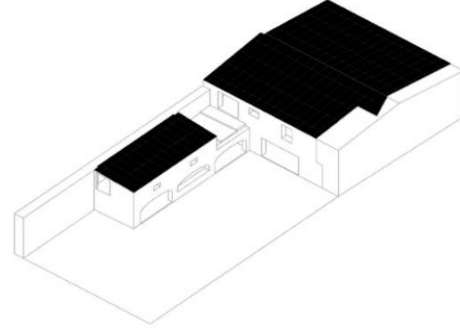
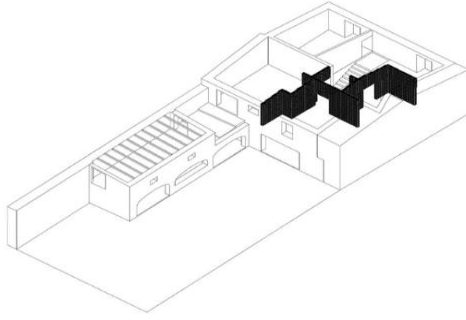
Kenevir temelli malzemeler, nemi yapı elemanları içerisinde hapsederek birikmesini önlemek yerine, higroskopik özellikleri sayesinde zeminden yükselen nemi absorbe edip kontrollü bir şekilde iç ortama aktarabilmektedir. Bu özellik doğrultusunda projede, zemin katın tamamında yaklaşık 1 metre yüksekliğinde kenevir betonu kullanılarak Şekil 3’te gösterildiği gibi bir çevre kaidesi oluşturulmuştur. Bu sistem sayesinde zeminden yükselen kapiler nem, kenevir bazada toplanmakta ve yapı kapalı olduğu durumlarda dahi karşı cephelerde stratejik olarak konumlandırılmış seramik menfezler aracılığıyla doğal havalandırma yoluyla dışarı

atılmaktadır. Böylece yapı kabuğunda nem birikimi engellenerek iç mekân konforunun iyileştirilmesi sağlanmaktadır [45].

Kenevir temelli malzemeler, geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla daha yüksek ısıl kapasiteye sahip olup aynı zamanda uygun yoğunluk değerleri sayesinde ısı depolama ve geciktirme özellikleri göstermektedir. Bu özellikler doğrultusunda projede, çatılarda ve iç mekân bölücü duvarlarda kenevir yünü, Şekil 4’de gösterildiği gibi yalıtım amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca Şekil 5’de gösterildiği gibi merdiven korkuluklarında kullanılan halatlar da kenevir liflerinden üretilmiş olup, malzemenin yalnızca yapı kabuğunda değil, iç mekân elemanlarında da değerlendirildiğini göstermektedir [45].



Şekil 3. “Can Monges” projesinde duvarlarda kenevir betonu ile yapılmış çevre kaideleri [45].



Şekil 4. “Can Monges” projesinde duvarlardaki kenevir yününün yalıtım olarak kullanımı [45].



Şekil 5. “Can Monges” projesi kenevir halatlar [45].

Can Monges evinde yalnızca kenevir temelli malzemelerin kullanılmasıyla sınırlı kalınmamış, aynı zamanda yeniden kullanım ve geri dönüşüm ilkeleri doğrultusunda kapsamlı bir sürdürülebilirlik yaklaşımı benimsenmiştir. Bu kapsamda yıkım sürecinde ortaya çıkan molozlar cephe duvarlarının sağlamlaştırılmasında değerlendirilmiş; kumtaşı blokları, mutfak ve banyo mobilyalarında kullanılmış ve bozulmuş mevcut kaplamalar yeni cephe açıklıklarının lento elemanlarında yeniden işlevlendirilmiştir. Şekil 6’da gösterildiği gibi bu uygulamalar, malzeme

döngüsünü destekleyen ve atık oluşumunu azaltmayı amaçlayan sürdürülebilir tasarım yaklaşımının bir parçasını oluşturmaktadır [45].



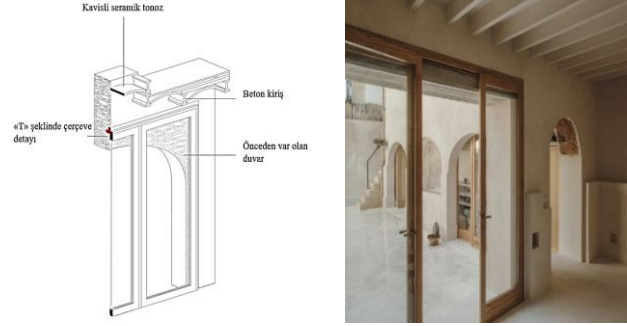
Şekil 6. “Can Monges” projesi geri dönüşümle restore edilen kısımlardan bir parça [45].

Projede, yalnızca yapısal açıdan kötü durumda olan cephe yüzeyleri sıvanmış, diğer yüzeylerde ise mevcut malzemenin özgün karakteri korunmuştur. Kemerler ve geçitlerin büyük bir bölümü, açık blok yapısının iç yüzeyinde bulunan doğal dokunun estetik değerini ortaya koymak amacıyla olduğu gibi bırakılmıştır. Ayrıca kullanıcı katılımını teşvik eden bir yaklaşım benimsenmiş; ailenin çocukları ve genç bireylerinin mekânla etkileşim kurabilmesi amacıyla oyun odasının duvarları, Şekil 7’de gösterildiği gibi ham haliyle bırakılarak serbest kullanımına olanak tanınmıştır [45].



Şekil 7. “Can Monges” projesi doğal görüntüsüyle duvarlar [45].

Cephelerde yer alan kapı ve pencere elemanlarında Mallorca bölgesine özgü kuzey çamı kullanılmıştır. Şekil 8’de gösterildiği gibi “T” şeklinde tasarlanan ön çerçeve sistemi ile kapı ve pencere boşlukları geleneksel biçimde kapatılmak yerine, ahşap elemanların tüm marangozluk detaylarının algılanabileceği şekilde duvarın iç kısmına yerleştirilmiştir. Bu yaklaşım, malzemenin doğal dokusunun ve işçilik kalitesinin görünür kılınmasını amaçlayan bir tasarım kararı olarak değerlendirilmektedir [45].



Şekil 8. “Can Monges” projesi T çerçeveler [45].

Doğal ve yerel malzeme kullanımı hedefi doğrultusunda, yerli üreticilerden temin edilen kil ve seramik malzemeler drenaj boruları, oluk sistemleri ve çeşitli yapı elemanlarında değerlendirilmiştir. Şekil 9’da gösterildiği gibi, şömine, mutfak döşemesi ve aydınlatma armatürleri tonoz formunda tasarlanmış olup, özellikle şömine iki kavisli tonozun ters çevrilmesiyle inşa edilmiştir. Bu uygulama, geleneksel yapı tekniklerinin çağdaş tasarım anlayışı ile yeniden yorumlandığını göstermektedir. Mallorca’da kireç kullanımı, tarihsel olarak yaygın bir yapı tekniği olmakla birlikte, çoğunlukla cepheler ve dikey duvarlarla sınırlı kalmıştır. Ancak Can Monges projesinde bu geleneksel kullanımın ötesine geçilerek, Şekil 10’da gösterildiği gibi kireç malzemesi zemin ve tavan elemanlarında da uygulanmış ve bu yönüyle deneysel bir yaklaşım benimsenmiştir [45].



Şekil 9. “Can Monges” projesi tonozların geri dönüşümle yeniden yapılması [45].



Şekil 10. “Can Monges” projesi kirecin tüm duvarlar, tavan ve zeminde kullanılması [45].

Bu mimari ve çevresel özellikler doğrultusunda, “Can Monges” projesi, kenevir temelli yapı malzemelerinin yanı sıra restorasyon sürecinde ortaya çıkan çeşitli atıkların yeniden kullanıldığı bütüncül bir ekolojik tasarım örneği sunmaktadır. Proje kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, uygulanan malzeme ve tasarım yaklaşımları SWOT analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. SWOT analizi, “Can Monges” restorasyon projesinde uygulanan kenevir temelli yapı malzemelerinin güçlü ve zayıf yönleri ile bu malzemelerin yaygın kullanımını

etkileyebilecek fırsat ve tehditleri sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmek amacıyla tercih edilmiştir. Analizin sonuçları Bulgular bölümünde Tablo 2 aracılığıyla açıklanacaktır.

5. Bulgular

Can Monges restorasyon projesine ilişkin yapılan incelemeler ve projeyi gerçekleştiren mimarlık ofisinin paylaştığı gözlemler doğrultusunda, kenevir temelli yapı malzemelerinin özellikle kılcal nem kontrolü, higrotermal konfor, iç mekân hava kalitesi ve enerji verimliliği açısından olumlu bir performans sergilediği ifade edilmektedir; bu değerlendirme yerinde ölçüm veya deneysel verilere değil, proje ekibinin gözlemlerine dayanmaktadır. Projede kenevir betonu, kenevir yünü ve kenevir lifleri; yapı kabuğu, yalıtım katmanları ve çeşitli yapı elemanlarında uygulanmıştır.

Projeye ilişkin uygulama sonrası performans verileri, projeyi gerçekleştiren mimarlık ofisi ile yapılan yazılı iletişimden elde edilmiştir. Mimarlık ofisinden alınan bilgilere göre, uygulamadan yaklaşık üç yıl sonra yapılan gözlemlerde duvar yüzeylerinde herhangi bir nem oluşumuna rastlanmamıştır [46]. Bu gözlem, kenevir betonunun kapiler nem kontrolüne katkı sağlamış olabileceğine işaret etmektedir.

Proje kapsamında kullanılan kenevir temelli malzemelerin iç mekân hava kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin olarak, proje ekibi tarafından iç ortamın temiz ve sağlıklı olarak değerlendirildiği bildirilmiştir. Ayrıca kenevir temelli malzemelerin doğal zararlılara karşı dayanım gösterdiği ve özellikle yaz aylarında böcek oluşumunun önemli ölçüde azaldığı ifade edilmiştir. Kenevir temelli malzemelerin termal özellikleri sayesinde, kış aylarında yapının ısıtma ihtiyacının düşük seviyelerde kaldığı da elde edilen bulgular arasında yer almaktadır [46]. Bu gözlemler, kenevir temelli yapı malzemelerinin nem kontrolü, biyolojik dayanım ve enerji performansı açısından uygulama sonrası olumlu sonuçlar verdiğine işaret etmekte; iç ortam hava kalitesine ilişkin değerlendirme ise ölçüme dayanmayıp yalnızca proje ekibinin gözlemini yansıtmaktadır.

Bununla birlikte proje kapsamında yalnızca kenevir temelli yapı malzemeleri kullanılmamış, aynı zamanda yerel yapı malzemeleri ve geri dönüşüm uygulamaları da tasarım sürecinin önemli bir parçası olmuştur. Yapıdan çıkan malzemelerin yeniden kullanılması, yerel kaynakların tercih edilmesi ve doğal malzemelerin kullanımı, sürdürülebilir mimarlık yaklaşımı doğrultusunda bütüncül bir tasarım stratejisi olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda projede mimari üretim, yerel malzeme kullanımı, mevcut yapı dokusunun değerlendirilmesi ve iklimsel koşullara uyum sağlayan pasif tasarım kararları üzerinden okunabilmektedir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık bağlamındaki güçlü ve zayıf yönleri ile bunlara ilişkin fırsat ve tehditlerin sistematik olarak değerlendirilmesi amacıyla SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmaktadır. SWOT kategorileri; literatürde tanımlanan ekolojik malzeme kriterleri, Can Monges projesine ait teknik dokümanlar ve proje ekibinden elde edilen yazılı açıklamaların içerik analizi yoluyla oluşturulmuştur. İçerik analizi cümle/ifade düzeyinde yürütülmüş; güçlü ve zayıf yönler proje kapsamında doğrudan değerlendirilebilen performans özellikleri ile proje ekibinin gözlemlerine dayandırılmıştır. Bu kapsamda nem kontrolü, böcek direnci, enerji verimliliği ve iç mekân koşullarına ilişkin değerlendirmeler proje ekibinin yazılı açıklamaları doğrultusunda ele alınmıştır. Buna karşılık, pazar bilinirliği, mevzuat, standardizasyon, tedarik zinciri ve sektör gelişmeleri gibi proje kapsamında doğrudan gözlemlenemeyen unsurlar yalnızca literatürde yer alan bilgiler esas alınarak fırsat ve tehdit kategorileri altında değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Can Monges Projesi Verileri ve Literatür Bulgularına Dayalı SWOT Analizi.

Kategori	Başlık	Açıklama	Kaynak
Güçlü Yönler	Fiziksel çevre verilerine duyarlı tasarım	İklim verilerine göre geliştirilen tasarım kararları, yapı performansını artırmakta ve enerji etkinliğini desteklemektedir.	[45,47]
Güçlü Yönler	Enerji etkin yapı kabuğu	Kenevir temelli yapı malzemeleri, düşük ısı iletkenliği sayesinde duvarlardan gerçekleşen ısı kaybını azaltarak yapıların enerji performansını iyileştirmektedir.	[3,46]
Güçlü Yönler	Sürdürülebilir malzeme stratejileri	Kenevir üretimi, düşük enerji ve su tüketimi ile çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir ve verimli malzeme üretimine katkı sağlamaktadır.	[34,46]
Güçlü Yönler	Yerel ve ekolojik malzeme kullanımı	Yerel malzemelerin kullanımı, taşıma kaynaklı karbon emisyonlarını azaltmakta ve yapıların çevresel etkilerini azaltmaktadır.	[46,48]
Güçlü Yönler	Ekolojik bütünlük	Ekosistemle uyumlu tasarım yaklaşımı, yapıların çevresel etkilerini azaltmaktadır.	[12,45]
Güçlü Yönler	İç mekân konforu	Kenevir temelli malzemeler, nem dengeleme özellikleri sayesinde iç ortam nem koşullarına olumlu katkı sağlayabilmekte; ancak bu	[26,46]

		özellik doğrudan ölçülmüş bir iç mekân hava kalitesi iyileşmesiyle eş tutulmamalıdır.	
Güçlü Yönler	Düşük karbon emisyonu	Kenevir temelli yapı malzemeleri, karbon depolama potansiyeli sayesinde sürdürülebilir yapı üretimi için güçlü bir alternatiftir.	[49-50]
Güçlü Yönler	Nem ve küf kontrolü	Kenevir temelli malzemeler, nem dengeleme özellikleri sayesinde yapı elemanlarında küf oluşumunu azaltabilmektedir.	[26,46]
Güçlü Yönler	Doğal zararlılara dayanım	Kenevir temelli yapı malzemeleri, kimyasal katkı olmadan doğal zararlılara karşı direnç gösterebilmektedir.	[46]
Güçlü Yönler	Sağlıklı yapı üretimi	Kenevir temelli malzemelerin doğal ve düşük kimyasal içerikli yapısı ile nem dengeleme özellikleri, iç ortam koşulları açısından olumlu bir potansiyel sunmaktadır; ancak iç mekân hava kalitesine ilişkin doğrudan ölçüm gerçekleştirilmemiştir.	[46,51]
Zayıf Yönler	Sınırlı uygulama örnekleri	Kenevir temelli yapı malzemelerine yönelik çalışmalar artış göstermesine rağmen, bu malzemelerin endüstriyel ölçekte üretimi ve uygulama örnekleri hala sınırlı düzeydedir.	[35]
Fırsatlar	Döngüsel tasarım uyumu	Döngüsel ekonomiyi destekleyen politikaların ve yeşil bina teşviklerinin yaygınlaşması, geri dönüştürülebilir üretim süreçlerine sahip kenevir temelli malzemelerin pazardaki konumunu güçlendirebilecek bir dışsal fırsat sunmaktadır.	[51]
Fırsatlar	Pazar ve mevzuat eğilimleri	Sürdürülebilir yapı malzemelerine yönelik sektör talebinin, standardizasyon çalışmalarının ve uygulayıcı uzmanlığının artması, biyobazlı malzemelerin tedarik zincirinde yaygınlaşması için önemli bir fırsat oluşturmaktadır.	[51]
Tehditler	Hammadde temininde süreksizlik	Kenevir üretimi, tarım politikaları ve üretim izinlerine bağlı olarak süreklilik göstermeyebilir.	[36,45]
Tehditler	Pazar bilinirliğinin düşük olması	Biyobazlı yapı malzemeleri, endüstriyel malzemelere kıyasla henüz yaygın kabul görmemektedir.	[36]
Tehditler	Dayanıklılık belirsizliği	Kenevir temelli yapı malzemelerinin uzun dönem performansına ilişkin veriler sınırlıdır.	[52]
Tehditler	Standart eksikliği	Biyobazlı yapı malzemelerine yönelik standartların gelişim sürecinde olması uygulama süreçlerini zorlaştırmaktadır.	[51]
Tehditler	Rekabet baskısı	Endüstriyel yapı malzemeleri maliyet ve üretim avantajı nedeniyle piyasada daha güçlü konumdadır.	[51]

SWOT analizi sonuçlarına göre, kenevir temelli yapı malzemelerinin düşük karbon ayak izi, enerji verimliliği, nem dengeleme kapasitesi ve sağlıklı doğal içerikleri önemli güçlü yönler olarak öne çıkmaktadır. Buna karşın, sınırlı uygulama örnekleri ve üretim kapasitesinin henüz yeterince gelişmemiş olması başlıca zayıf yönler arasında yer almaktadır. Artan sürdürülebilir yapı uygulamaları ve biyobazlı malzemelere yönelik ilginin artması önemli fırsatlar sunarken, endüstriyel yapı malzemelerinin piyasadaki baskın konumu ile mevzuat ve standartların sınırlı olması temel tehditler olarak değerlendirilmektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Elde edilen bulgular, kenevir temelli yapı malzemelerinin çevresel özellikleri ve uygulama sonrası gözlemler doğrultusunda ekolojik mimarlık açısından önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda araştırma sorularına ilişkin temel sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

1. Endüstriyel kenevir temelli yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık kriterleri açısından değerlendirilmesi: Endüstriyel kenevir temelli yapı malzemelerinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi, büyüme sürecinde karbon depolayabilmesi, düşük gömülü enerjiye sahip olması, geri dönüştürülebilir nitelik göstermesi ve insan sağlığına zarar vermeyen doğal içerikleri sayesinde ekolojik mimarlıkta aranan çevresel ve teknik kriterleri büyük ölçüde karşıladığı belirlenmiştir.
2. Can Monges restorasyon projesindeki kullanım biçimleri ve uygulama sonrası gözlemler: Can Monges restorasyon projesinde kenevir betonu, kenevir yünü ve kenevir liflerinin yapı kabuğu, yalıtım katmanları ve çeşitli iç mekân elemanlarında kullanıldığı tespit edilmiştir. Projeyi gerçekleştiren mimarlık ofisi ile yapılan yazılı iletişimden elde edilen uygulama sonrası verilere göre, yaklaşık üç yıllık kullanım sürecinin ardından duvar yüzeylerinde herhangi bir nem oluşumuna rastlanmamış, proje ekibi tarafından iç ortamın sağlıklı ve temiz olarak değerlendirildiği bildirilmiş, yaz aylarında böcek oluşumunun önemli ölçüde azaldığı ve kış aylarında yapının ısıtma ihtiyacının düşük seviyelerde kaldığı belirtilmiştir. Bu bulgular,

kenevir temelli yapı malzemelerinin kılcal nem kontrolü, higrotermal konfor, biyolojik dayanım ve enerji verimliliği açısından olumlu bir performans potansiyeline işaret etmektedir [46].

3. SWOT analizi sonuçları: Literatür bulguları ile proje ekibinden elde edilen teknik gözlemler birlikte değerlendirildiğinde, kenevir temelli yapı malzemelerinin düşük karbon ayak izi, nem dengeleme kapasitesi, higrotermal performansı ve sağlıklı iç mekân koşullarına katkısı önemli güçlü yönler olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, sınırlı uygulama örnekleri başlıca zayıf yönlerden biri olarak öne çıkarken; hammadde teminindeki süreksizlik, pazar bilinirliğinin düşük olması, dayanıklılık belirsizliği ve standart eksikliği temel tehditler olarak değerlendirilmiştir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kenevir temelli yapı malzemelerinin yalnızca teorik olarak değil, gerçek bir mimari uygulamadan elde edilen uygulama sonrası gözlemler ve değerlendirmeler doğrultusunda da ekolojik mimarlık uygulamalarında uygulanabilir ve etkili bir alternatif sunma potansiyeli taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kenevir temelli yapı malzemeleri yalnızca yapı performansı açısından değil, sürdürülebilirlik ve karbon azaltımı bağlamında da önemli bir potansiyel taşımaktadır. Kenevir bitkisinin büyüme sürecinde atmosferden karbondioksit absorbe ederek karbon depolama kapasitesine sahip olması, bu malzemeleri düşük karbonlu yapı üretimi açısından güçlü bir alternatif haline getirmektedir [49]. Can Monges projesinde yerel malzeme kullanımı ve geri dönüşüm uygulamalarının tercih edilmesi, sürdürülebilir mimarlık ilkelerinin bütüncül bir tasarım anlayışı ile ele alındığını göstermektedir.

Güncel yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) çalışmaları, kenevir betonunun küresel ısınma potansiyelinin bağlayıcı türüne, karışım oranına ve sistem sınırlarına göre önemli ölçüde değişebildiğini, dolayısıyla malzemenin her koşulda karbon-negatif kabul edilemeyeceğini ortaya koymaktadır [49,50]. Bu bulgular, Can Monges projesinden elde edilen gözlemsel verilerin, kenevir temelli malzemelerin karbon performansına ilişkin daha kapsamlı ve ölçüme dayalı LCA çalışmalarıyla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Ancak SWOT analizi ve literatür birlikte değerlendirildiğinde, biyobazlı yapı malzemelerinin yaygın kullanımının önünde çeşitli sınırlılıkların bulunduğu görülmektedir. Özellikle kenevir esaslı yapı malzemelerinin üretim ve uygulama süreçlerinin henüz geleneksel yapı malzemeleri kadar yaygınlaşmamış olması, teknik bilgi birikimi ve uygulama deneyiminin sınırlı kalmasına neden olmaktadır [53]. Ayrıca malzemelerin mekanik performansı, uzun dönem dayanıklılığı ve farklı iklim koşullarındaki davranışlarına ilişkin araştırmaların hâlen gelişim aşamasında olması ile standartlaşma ve sertifikasyon süreçlerinin yeterince yaygınlaşmamış olması, bu malzemelerin büyük ölçekli mimari uygulamalarda kullanımını sınırlandıran önemli faktörler arasında yer almaktadır [51].

Nitekim kenevir-kireç kompozitleri üzerine yapılan sistematik literatür taramaları da 2004-2024 yılları arasındaki çalışmaların büyük kısmının laboratuvar ölçekli malzeme testlerine odaklandığını, gerçek yapı uygulamalarından elde edilen uzun dönem performans verilerinin ise sınırlı kaldığını vurgulamaktadır [52]. Bu durum, Can Monges gibi saha uygulamalarından elde edilen bulguların literatürdeki bu boşluğu doldurma potansiyeline işaret etmektedir.

Bu çalışma, biyobazlı ve ekolojik yapı malzemelerinin ekolojik mimarlık bağlamındaki potansiyelini değerlendirerek çevreye verilen zararın azaltılmasına yönelik tasarım yaklaşımlarını ortaya koymaktadır. Ayrıca doğal ve nefes alabilen yapı malzemelerinin iç mekân hava kalitesi, kullanıcı konforu ve enerji performansı üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamakta; geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yapı malzemelerinin çevresel sürdürülebilirlik açısından uygulanabilir bir mimari yaklaşım sunduğunu göstermektedir [54-56].

Bununla birlikte çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırma tek bir vaka çalışmasına dayandığı için elde edilen bulguların genellemesi sınırlıdır [57]. Ayrıca performans verilerinin bir kısmı gözlemsel nitelikte olup, projeyi gerçekleştiren mimarlık ofisi ile yapılan yazılı iletişimden elde edilen uygulama sonrası değerlendirmelere dayanmaktadır. Bu veriler uzun dönemli deneysel ölçümlerle desteklenmemektedir. Literatürde de kenevir temelli yapı malzemelerinin dayanıklılığı ve uzun dönem performansına ilişkin daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır [58].

Sonuç olarak bu çalışma, Can Monges restorasyon projesi örneği üzerinden, kenevir temelli yapı malzemelerinin ve restorasyon sürecinde ortaya çıkan inşaat atıklarının yeniden kullanım potansiyelini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, biyobazlı ve geri dönüştürülebilir malzemelerin yerel yapı gelenekleri ve iklimle duyarlı tasarım yaklaşımları ile bütünleştirilebildiğini ve bu sayede ekolojik mimarlık uygulamalarına önemli katkılar sunabildiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, kenevir temelli ve diğer ekolojik yapı malzemelerinin kullanımına ilişkin gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalara ve çevreye duyarlı mimari yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlayacak niteliktedir. Can Monges projesi örneği üzerinden incelenen bu dinamiklerin, hem akademik literatürde hem de yapı sektöründe pratik bir karşılık bulması adına şu öneriler sunulmaktadır:

1. Kenevir temelli malzemelerin nem kontrolü, iç mekân hava kalitesi ve enerji verimliliği üzerindeki etkisinin yerinde ölçüm, enerji tüketim verisi ve kullanıcı değerlendirmeleriyle desteklenecek deneysel çalışmalarla doğrulanması önerilmektedir.
2. Kenevir betonu ve kenevir temelli diğer malzemelerin karbon depolama potansiyelinin, bağlayıcı türü, karışım oranı ve yaşam sonu senaryolarını da kapsayan yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yöntemiyle ayrıntılı biçimde incelenmesi gerekmektedir.
3. Kenevir temelli yapı malzemelerine yönelik ulusal ve uluslararası standartların geliştirilmesi ve sertifikasyon süreçlerinin hızlandırılması, bu malzemelerin büyük ölçekli mimari uygulamalarda yaygınlaşmasını kolaylaştıracaktır.
4. Farklı iklim bölgelerinde gerçekleştirilecek yeni vaka çalışmaları ve karşılaştırmalı analizlerle, bu çalışmada Can Monges projesi özelinde elde edilen bulguların genellenebilirliğinin sınanması önerilmektedir.
5. Kenevir tedarik zincirinin güçlendirilmesi ve uygulayıcı uzmanlığının artırılmasına yönelik sektörel eğitim ve teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi, malzemenin pazar bilinirliğini artırabilir.

Kaynaklar

- [1] Raihan A., Bijoy TR. A review of the industrial use and global sustainability of Cannabis sativa. *Global Sustainability Research* 2023; 2(4): 1-29.
- [2] Gedik G., Avinç O.O., Yavaş A. Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2010; 4(3): 39-48.
- [3] Şahin M. Endüstriyel kenevir sapı atığının farklı bağlayıcılar ile kenevir betonu üretiminde değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2022; 10(1): 233-243.
- [4] Yılmaz G., Yazıcı L. Dünya'da yükselen değer: Endüstriyel kenevir (Cannabis sativa L.). *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2022; 1(1): 54-61.
- [5] Steyn K., De Villiers W., Babafemi A.J. A comprehensive review of hempcrete as a sustainable building material. *Innovative Infrastructure Solutions* 2025; 10(3): Article 97.
- [6] Özdamar E.G. Hemp as a potential material in architecture: Is it possible in Turkey? *ICONARP International Journal of Architecture and Planning* 2021; 9(1): 131-154.
- [7] Alıcı N., Dalkılıç B. Usage of bio-based materials in indoor members. *GRID Architecture, Planning and Design Journal* 2022; 5(2): 325-346.
- [8] Devrim B., Ozturk R.B., Ozturk A. Biomaterials and sustainability in future architecture. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology* 2024; 12(2): 151-155.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [10] Gürel J., İrkl Eryıldız D. Ekolojik yapıların temel tasarım ölçütleri açısından değerlendirilmesi. *PEYZAJ: Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi* 2021; 3(1): 1-27.
- [11] İbrahim I. Urban planning and architecture design for sustainable development, livable eco-architecture Masdar City, Arabian sustainable city. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2016; 216: 46-55.
- [12] Lan M. Create a harmonious environment together of ecological architecture design method. *Procedia Environmental Sciences* 2011; 10: 1774-1780.
- [13] Kibert C.J. *Sustainable construction: Green building design and delivery*. 4. baskı. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- [14] Yeang K., Powell R. Designing the ecoskyscraper: Premises for tall building design. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* 2007; 16(4): 411-427.
- [15] United Nations Environment Programme. *Not just another brick in the wall: The solutions exist—Scaling them will build on progress and cut emissions fast. Global status report for buildings and construction 2024/2025*. Nairobi: UNEP, 2025.
- [16] Khan H., Niazi A. An in-depth study on material selection for sustainable residential architectural projects. *Smart Construction and Sustainable Cities* 2025; 3(1): 25.
- [17] Ankara Üniversitesi. *Ekolojik tasarım [Ders notu]*. Ankara: Ankara Üniversitesi, t.y.
- [18] Seçkin P. Ekolojik değerlere göre ahşap kompozit malzemenin seçim kriterleri. Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 2006.
- [19] Burkut E.B., Dal M. Systematic literature review and scientific maps on ecological architecture and eco-architecture. *International Journal of Pure and Applied Sciences* 2023; 9(2): 369-380.

- [20] Koç Z.G., Ekşi Akbulut D. Ekolojik tasarım kapsamında dünyada ve Türkiye'de toprak yapı standart ve yönetmeliklerinin değerlendirilmesi. *Megaron* 2017; 12(4): 647-657.
- [21] Carus M, Sarmiento L. The European hemp industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers (EIHA 2016-05). Brüksel: European Industrial Hemp Association, 2016.
- [22] Sefaoğlu F. Kenevir yetiştiriciliği el kitabı. Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi, 2022.
- [23] Laloğlu S., Atik C. Kompozit takviye malzemesi olarak kenevir lifi işlenmesine genel bir bakış. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2025; 27(2): 347-363.
- [24] Şahin Y.S. Geleneksel beton yerine kenevir betonu kullanılmasının duvardan ısı kaybına etkisinin sayısal olarak incelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches* 2023; 7(11): 49-53.
- [25] De Bruijn P.B., Jeppsson K.H., Sandin K., Nilsson C. Mechanical properties of lime–hemp concrete containing shivs and fibres. *Biosystems Engineering* 2009; 103(4): 474-479.
- [26] Collet F., Pretot S. Thermal conductivity of hemp concretes: Variation with formulation, density and water content. *Construction and Building Materials* 2014; 65: 612-619.
- [27] Walker R., Pavia S. Moisture transfer and thermal properties of hemp–lime concretes. *Construction and Building Materials* 2014; 64: 270-276.
- [28] Jami T., Karade S.R., Singh L.P. Hemp concrete—A traditional and novel green building material. *International Conference on Advances in Construction Materials and Structures (ACMS-2018)*; 7-8 Mart 2018; Roorkee, Hindistan. 1-8.
- [29] Kore D., Sudarsan J.S. Hemp concrete: A sustainable green material for conventional concrete. *Journal of Building Material Science* 2021; 3(2): 1-7.
- [30] Narayanan V., Hashemi A., Elsharkawy H., Newport D., Basaly L. Comparative assessment of insulation materials for improving indoor air quality in building retrofit. *Environmental Science & Sustainable Development* 2024; 9(2): 34-47.
- [31] Gaujena B., Agapovs V., Borodinecs A., Strelets K. Analysis of thermal parameters of hemp fiber insulation. *Energies* 2020; 13(23): 6385.
- [32] Alao P., Tobias M., Kallakas H., Poltimäe T., Kers J., Goljandin D. Development of hemp hurd particleboards from formaldehyde-free resins. *Agronomy Research* 2020; 18(Özel Sayı 1): 679-688.
- [33] TAO Climate. Hempcrete: A sustainable revolution in the construction industry. t.y.
- [34] Yaşar M., Çağlar L., Sakçılar U., Karademir A., İmamoğlu S., Kılıç İ. Endüstriyel kenevirin ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliği ile kâğıt sektöründeki kullanım olanakları. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2025; 4(2): 112-126.
- [35] Duru M.O., Dinçer S.G. Yapı üretiminde kenevir bitkisinin endüstriyel yapı malzemesi olarak kullanımı. XIV. Uluslararası Sinan Sempozyumu: Mimarlık ve Gelecek; 2025; Edirne. 671-684.
- [36] Başer U., Bozoğlu M. Türkiye'nin kenevir politikası ve piyasasına bir bakış. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi (TEAD)* 2020; 6(2): 127-135.
- [37] Sathre R., O'Connor J. A synthesis of research on wood products and greenhouse gas impacts. 2. baskı, Technical Report TR-19R. Pointe-Claire, Quebec: FPIInnovations, 2010.
- [38] Mahmood O. Towards sustainable construction: Innovations in hemp-lime composite production for carbon-negative building materials. Doktora tezi, University of Ottawa, Ottawa, 2026.
- [39] López Mayol T., Homar V., Ramis C., Guijarro J.A. PREGRIDBAL 1.0: Towards a high-resolution rainfall atlas for the Balearic Islands (1950–2009). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2017; 17(7): 1061-1074.
- [40] Matos A.M., Brás A., Gomes V., Faustino P. Energy-efficiency passive strategies for Mediterranean climate: An overview. *Energies* 2022; 15(7): 2572.
- [41] Moret Rodrigues A., Santos M., Gomes M.G., Duarte R. Impact of natural ventilation on the thermal and energy performance of buildings in a Mediterranean climate. *Buildings* 2019; 9(5): 123.
- [42] Oliver P. Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture. Oxford: Architectural Press, 2006.
- [43] Mas G. La piedra de marès de Mallorca, patrimonio natural y cultural. *Patrimonio geológico: Gestionando la parte abiótica del patrimonio natural içinde*. Carcavilla L, Duque-Macías J, Giménez J, Hilario A, Monge-Ganuzas M, Vegas J, Rodríguez A (Ed.). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2017. 413-419
- [44] Gómez Mateo J., Bernabeu Larena A., Sáez Alonso I., Oliver Barceló C. 6 social housing units in Mallorca: A contemporary and sustainable stone structure. *Structures and architecture içinde*. Rinke M, Hvejsel MF (Ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, 2025; 927-934.
- [45] Ideo Arquitectura. Can Monges. t.y.
- [46] Ideo Arquitectura. Kişisel iletişim, 2024.

- [47] Mahuta R.H., Kocagil İ.E. Climate-responsive design strategies: Utilizing vernacular architecture to design energy-efficient residential buildings in Nigeria. XIV. International Sinan Symposium: Architecture and Future; 2025; Edirne. 325-335.
- [48] Amirov N., Küçüktüvek M. Ahşap yapıların biyofilik tasarımıyla entegrasyonu: Doğaya dönüş ve sürdürülebilirlik. Kent Akademisi 2025; 18(1): 520-539.
- [49] Shanbhag S.S., Dixit M.K., Sideris P. Examining the global warming potential of hempcrete in the United States: A cradle-to-gate life cycle assessment. Developments in the Built Environment 2024; 20: 100572.
- [50] Bošković I., Radivojević A. Life cycle assessment of hemp-lime concrete wall constructions: The impact of wall finish type and renewal regimes. Journal of Building Engineering 2024; 86: 108940.
- [51] Dams B., Maskell D., Shea A., Allen S., Cascione V., Walker P. Upscaling bio-based construction: Challenges and opportunities. Building Research & Information 2023; 51(7): 764-782.
- [52] Yazdanseta A., Mi Y. Knowledge mapping for advancement of hemp-lime composite in the construction industry: A systematic literature review (from 2004 to 2024). Journal of Materials Science: Materials in Engineering 2025; 20: 115.
- [53] Amziane S., Arnaud L., Challamel N. (Ed.). Bio-aggregate-based building materials: Applications to hemp concretes. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013.
- [54] Han B. Sürdürülebilir mimari ve enerji verimliliği konusunda yapılmış çalışmalar ve öneriler. Hars Akademi 2023; 6(1): 57-72.
- [55] Beşiroğlu Ş., Özmen E. Sürdürülebilir mimarlık kapsamında ekolojik bina ve enerji etkin binanın basit toplamli ağırlıklandırma yöntemi ile karşılaştırılması. Tasarım Kuram 2022; 18(35): 194-205.
- [56] Demirarslan D. İç mimarlıkta sürdürülebilir yaklaşımlar ve çevre ilişkisi. Adıyaman: İksad Yayınevi, 2023.
- [57] Yin RK. Case study research and applications: Design and methods. 6. baskı. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.
- [58] Lawrence M., Fodde E., Paine K., Walker P. Hygrothermal performance of an experimental hemp-lime building. Key Engineering Materials 2012; 517: 413-421.