



Received:
07.01.2025
Accepted:
29.06.2026

Yakın Mimarlık Dergisi

ISSN
2547-8729

Dikey bahçe sistemleri: Sınıflandırma yaklaşımları ve mumyalanmış yosun uygulamaları

Vertical garden systems: Classification approaches and applications of mummified moss

Bariş MAVİŞ¹
Zeynep Sevinç KARCI²

ÖZET

Hızlı kentleşme, doğal alanların azalması ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarına duyulan ihtiyacın artması, yapılaşmış çevrede doğanın yeniden entegrasyonuna yönelik uygulamaları ön plana çıkarmıştır. Dikey bahçe sistemleri ile şehirlerde yeşil alanların artırılması ve doğal kaynakların daha verimli kullanılması sağlamakla birlikte çevresel etkilerin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır. Ancak literatürde dikey bahçe sistemlerinin tanımlanması ve sınıflandırılmasına ilişkin farklı yorumlar bulunmakta, bu nedenle, net bir görüş birliği sağlanması ve genel kabul görmüş bir tanımın belirlenmesi önemlidir. Sistemlerin farklı araştırmacılar tarafından farklı adlandırılması ve sınıflandırılması, konuya ilişkin bilgi birikiminin bütüncül olarak değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, dikey bahçe sistemlerine yönelik mevcut sınıflandırma yaklaşımlarını inceleyerek kavramsal çerçeveyi ortaya koymak ve literatürde kullanılan temel terimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Bu kapsamda yeşil duvarlar, yaşayan duvar sistemleri ve dikey yeşillendirme sistemleri gibi farklı yaklaşımlar ele alınmış, benzerlik ve farklılıkları analiz edilmiştir. Ayrıca son yıllarda iç mekân tasarımında yaygın olarak kullanılan mumyalanmış yosun uygulamaları incelenmiş ve farklı yosun türleri ile uygulama biçimlerine yönelik bir sınıflandırma önerisi geliştirilmiştir. çalışmada dikey bahçe sistemleri ve mumyalanmış yosun uygulamaları hakkında yapılan farklı sistem sınıflandırmalarını inceleyerek gerekli tanımlamaların yapılması ve alandaki bilgi birikiminin sistematik olarak geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dikey bahçe, Yeşil duvar, Yaşayan duvar sistemleri, Dikey yeşillendirme sistemleri, Mumyalanmış yosunlar

¹ Yaşar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Pr., İzmir. mavis.baris@gmail.com ORCID: 0000-0003-0565-6220

² Yaşar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, İzmir. zeynep.karci@yasar.edu.tr ORCID: 0000-0003-3579-1351

ABSTRACT

Rapid urbanization, the loss of natural areas, and the growing demand for sustainable design approaches have brought nature-based solutions in the built environment to the forefront. Vertical garden systems contribute to increasing green spaces in urban areas, promoting the more efficient use of natural resources, and reducing environmental impacts. However, different interpretations regarding the definition and classification of vertical garden systems exist in the literature. Therefore, establishing a clear consensus and a widely accepted terminology is of great importance. The use of different terms and classification approaches by various researchers makes it difficult to evaluate the existing body of knowledge in a comprehensive manner.

The aim of this study is to examine existing classification approaches to vertical garden systems, establish a conceptual framework, and comparatively evaluate the key terms used in the literature. Within this scope, different approaches such as green walls, living wall systems, and vertical greening systems were reviewed, and their similarities and differences were analyzed. In addition, preserved moss applications, which have become increasingly common in interior design in recent years, were examined, and a classification proposal based on different moss types and application methods was developed. By reviewing various classification systems related to vertical garden systems and preserved moss applications, this study aims to clarify the relevant terminology and contribute to the systematic development of knowledge in this field.

Keywords: *Vertical gardens, Green walls, Living wall systems, Vertical greening systems, Preserved mosses.*

1. GİRİŞ

Günümüzde kentler, nüfus artışı ve göç nedenleri ile birlikte düzensiz bir şekilde hızla gelişmekte ve doğru planlama çalışmaları yapılamaması ile birlikte doğadan kopuk ve yüksek beton kütlelerine dönüşmektedir. Bütün bu gelişmeler odağında yeşil alanlara daha çok yer verilmesi amacı, insanı doğa ile tekrar bir araya getirme arayışı, sürdürülebilirlik kavramının da ele alınmasıyla birlikte doğal kaynakların korunması ve bu kaynakların kullanımı güncel önemli konulardandır.

Sürdürülebilir mekan tasarımları, ekonomiye ve enerji verimliliğine katkıda bulundukları için çevre dostudur. Bunun yanı sıra kültürel bir aktarım nesnesi ve aracı olabilen, dayanıklı, kolay bakım gerektiren, yeniden üretim/kullanım ve geri dönüşüm olanağı sağlayan ürün ve mekan tasarımları ile sağlıklı çevre tasarımına katkıda bulunmaları amaçlanmaktadır (Kalay & Özen, 2021).

Dikey Bahçe uygulamaları bu anlamda ancak 20. Yüzyılın başlarında modern mimari ile birlikte tekrar aktif bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Canlı malzemeler ile oluşturulan dikey bahçe sistemleri, hava koşullarını iyileştirmesi, ısı yalıtımı sağlaması, akustik alanda fayda sağlaması ile birlikte genellikle kullanılan cephe sistemlerine göre daha sürdürülebilir özellikler sergilemektedir.

Ayrıca doğadan küçük kesitler sunması ile birlikte estetik bir görünüm sergileyerek kullanıcılar tarafından rekreasyon ihtiyaçlarını sağlayarak kentlerin çevresel kalkınmasını sağlamaktadır.

Dikey Bahçeler veya diğer adıyla Yeşil Duvarlar genellikle yeşillendirilmiş bütün dikey yüzeyleri ifade etmektedir. Bu konu hakkında yapılan çoğu araştırmada araştırmacılar kendi konularına yönelik çalışmalar yaparak dikey bahçeleri farklı açılardan ele alıp farklı sınıflandırmalar ortaya koymuştur. Her ne kadar modern dikey bahçelerin ortaya çıkışı 2000'lerden sonra olsa da hala henüz bu sistemlerin tasarımlarını ve varyasyonlarını tam anlamıyla temsil eden bir standartlaştırma ortaya konulmamıştır. Bu da hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar arasında yanlış anlaşılmalara ve karmaşaya yol açabilmektedir.

2. DİKEY BAHÇELERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Şehir yeşillendirme tekniği yeni bir gelişme değil; şehirlerimizi güzelleştirmenin ilk kaydı M.Ö. yedinci yüzyıla, Babil'in Asma Bahçeleri'ne kadar uzanır. Babil'in Asma Bahçeleri, Kral Nebukadnezar tarafından eşi Amytis için inşa edilmiştir. Nebukadnezar, kraliçesi Amytis'in yeşil vatanı Persistan'a olan özlemini gidermek için egzotik ağaçlar, çalılar ve sarkan sarmaşıklarla süslenmiş yapay höyükler, tepeler ve su yollarının inşasını emretmiştir. Günümüzde, ünlü Mezopotamya bahçeleri Babil, antik dünyanın yedi harikasından biri olarak kabul edilmektedir (Ottelé, 2011) (Şekil 1).

Ne yazık ki, bu muhteşem bahçeler için hiçbir arkeolojik kanıt yoktur. Babylon'daki farklı yerlerde, kemerli destekler, su değirmenleri, teraslar ve su kemerleri gibi bileşenler kullanılarak birçok restorasyon önerilmiştir. Son araştırmalar, Asma Bahçelerin Nebukadnezar'ın Babil'inde değil, M.Ö. 700 civarında Sennacherib'in Ninova'sında, Archimet'in öncüsü olan yenilikçi mekanizmaların suyu birçok bahçe katına yükselttiği yerde bulunmuş olabileceğini göstermektedir (Foster, 1998).



Şekil 1. Babil'in Asma Bahçeleri illüstrasyonları
(Yapay Zeka ile oluşturulan, 2024, Ferdinand Knab, 11886)

Antik Roma'da insanlar Pompeii'deki gibi balkonlarında ve dükkanlarında bitki yetiştirmekteydi. 14. yüzyıldan 16. yüzyıla kadar süren Rönesans döneminde, Avrupalı mülk sahipleri ve manastır bahçeleri meyve duvarları inşa etme konusunda özellikle hevesliydi. Rahat, korunaklı cepheler büyüme için mükemmel bir ortam sağlıyordu ve mülk sahiplerinin her biri topladıkları eşsiz veya nadir meyveleri dikkatlice buduyorlardı (Ottel , 2011).

Eski İskandinav yapılar da çatılar ahşap karkaslar ile desteklenerek üzerleri toprak ve bitkiler ile kaplanmakta; bu sayede yapıların i leri dışarıdaki hava değişkenine karşılık yaz ve kış aylarında izolasyon sağlamaktaydı. 17 ve 18. Yüzyıllarda bazı Amerikan bitkilerinin Avrupa'ya getirilmesiyle birlikte zaman içinde bu bitkilerin cephelerde yetiştirilmesi üzerine çalışmalar yapıldı (Ottel , 2011).

Yapımına 1984 yılında ba lanan Paul-Linke-Ufer projesi (Green Facade Project), cephelerin saksılardaki sarmaşıklar ile kaplanmasıyla ilk kent içi ekolojik konut projelerinden birisidir ( ekil 2). Bitki yaşamını binalarla harmanlayan bir tasarım yaklaşımı olan “yeşil mimari”, Viyana'ya ünlü mimar Friedensreich Hundertwasser tarafından tanıtıldı. Hem araç trafiğindeki hem de hava kirliliğindeki artış nedeniyle, yoğun nüfuslu kentsel alanlarda yeşil alanların yaratılması önemli bir zorluk teşkil etmekteydi.. Birçok kişi Ebenezer Howard'ın bahçe şehirleri fikrini beğendi ve 1970'lerde, şehirleri günümüz gelişmelerine kıyasla daha  evre dostu hale getirmeye odaklanan "yeşil mimari" adı verilen yeni bir trend başladı. 1930 larda, ünlü mimarlar Burle Marx, Lucio Costa ve Le Corbusier, ilk büyük  l ekli Yaşayan Duvar konseptlerinden birini inşa etmek için i  birliği yaptılar. Rio de Janeiro Sağlık ve Eğitim Bakanlığı için, toprağa erişimi olmayan bir çatı bahçesi planladılar ve inşa ettiler (Ottel , 2011), ( ekil 3).



Şekil 2. Green facade project “ Paul-Linke Ufer ” (Köhler 2006 a, b)



Şekil 3. Eğitim ve Sağlık Bakanlığı Çatı Bahçesi, Rio de Janeiro, 1938
(Leonardo Finotti)

Teknoloji ilerledikçe, mimarlar yeni bakış açıları ve inşaat yöntemleri sunarak çeşitli yapı malzemeleri ortaya çıkardılar. Amerikalı Profesör Stanley Hart White, dikey bahçeler ve tuğla tasarımları üzerine araştırmalar yürüttü. Illinois Üniversitesi'nde peyzaj mimarlığı profesörü olan Stanley Hart White, 1938'de "botanik tuğlalar" kavramına öncülük ederek, tuğlalara benzer modüler bitki bileşenlerinin inşasını önerip istenilen yükseklikte dikey bahçe manzaraları yaratmayı amaçladı. (Kalay & Özen, 2021)

Kalay ve Özen'e (2021) göre, ileri tarihlerde, Patrick Blanc, günümüzün bakış açısı ve özelliklerini kullanarak modern mimari ile dikey bahçeler arasındaki etkileşimi geliştirdi ve tanımladı. Bu bulgular ile, dikey bahçeler hem iç hem de dış mekanlarda kullanılmaya başlandı. 1960'ların sonlarında tropikal akvaryumlar için filtre olarak dikey bahçeleri yaratan Patrick Blanc, dikey bahçeleri bilimsel olarak tasarlayıp geliştirerek doğayı ve mimariyi modern bir şekilde bütünleştirdi.

Ülkemize baktığımızda, Siemens Dikey Bahçe çalışması, 2012 yılında İstanbul'un Tarlabası bölgesinde Türkiye'nin ilk dikey bahçesi olarak bilinmektedir. Doksan m²'lik bir tarihi bina üzerinde bulunan dikey bahçede 8 farklı türde 4000 canlı bitki kullanılmıştır. Firmanın çevreci kimliği, doğa temasıyla Siemens logosu ve martı sembolleri ile birleştirilmiştir (Çelik ve diğerleri., 2015).

3. AMAÇ VE YÖNTEM

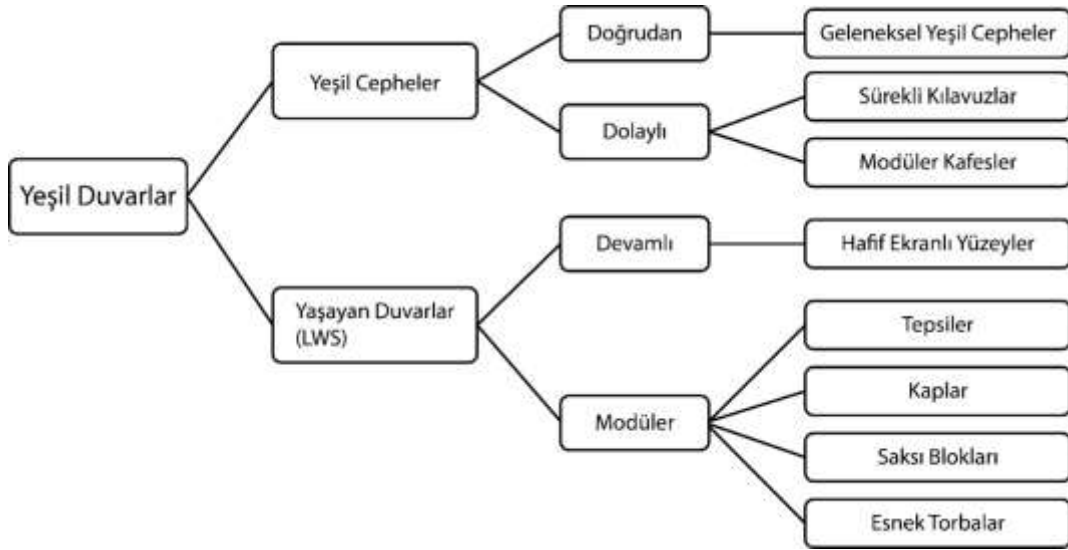
Bu çalışma, yosun duvarları daha geniş bir dikey yeşillendirme sistemleri çerçevesinde ele alarak mevcut literatürü detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, yosun duvarlarına ilişkin terminoloji, sınıflandırma yaklaşımları, uygulama alanları ve akustik özellikler detaylıca değerlendirilmiştir. Farklı çalışmalardan elde edilen bulguların bir araya getirilmesiyle, bu alandaki güncel araştırma eğilimlerinin, bilgi boşluklarının ve gelecekteki araştırma fırsatlarının ortaya konulması hedeflenmektedir. Çalışma, erişilebilen akademik yayınlar ve teknik kaynaklar ile literatür taraması yöntemine dayanmaktadır. Araştırma, dikey yeşillendirme sistemleri, yeşil duvarlar, yaşayan duvarlar, yosun duvarları ve bu sistemlerin akustik performanslarına odaklanan çalışmaları kapsamaktadır. Elde edilen veriler terminoloji, sistem özellikleri ve uygulama alanları açısından değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Literatür incelmeleri sonucunda, yosun duvarlarına ilişkin bilimsel yayın sayısının diğer dikey yeşillendirme sistemlerine kıyasla sınırlı olması, elde edilen sonuçların kapsamını ve genellenebilirliğini etkilemektedir. Yapılan çalışma ile alandaki bu eksikliğe vurgulamak hedeflenmiştir. Bu sayede ileride yapılacak olan çalışmalara yol gösterici bir araştırma olması hedeflenmiştir.

4. DİKEY BAHÇELERİN SINIFLANDIRILMASI

Literatür taramaları kapsamında yeşil duvarları sınıflandırmanın pek çok çeşitli yöntemi mevcuttur. Yapım tekniğine, taşıyıcı bileşenlere, yetiştirme yöntemlerine, sulama sistemlerine ve kullanılan bitkilere göre sınıflandırma yapmak mümkündür ve birçok sınıflandırma örneği verildiği görülmüştür. Dikey Bahçe sınıflandırmaları uygulandığı yere göre iç mekan ve dış mekan olmak üzere iki alt başlıkta ele alınabilmektedir.

2015 yılında Manso ve Gomes yaptıkları çalışmada öncelikli olarak bu bağlamda kullanılan isimlendirme çeşitliliğinden bahsetmişlerdir; “Dikey Bahçeler”, “Yeşil Dikey Sistemler”, “Dikey Yeşillendirme Sistemleri (VGSs-Vertical Greenery Systems)”, hatta iç mekan yeşil duvarların uygulanmasıyla ilgili bir çalışmada “Bio Duvarlar” adıyla başka bir kavram oluşturduğunu açıklamışlardır. Yeşil Duvarlar tanımı için sistem ya da bitki fark etmeksizin kullanılan genel bir tabir olduğunu söylemektedirler. Yaptıkları çalışmada Yeşil Duvarları kurulum sistemlerine göre sınıflandırmışlar ve iki ana gruba ayırmışlardır; Yeşil Cepheler ve Yaşayan Duvarlar (Manso & Castro-Gomes, 2014) (Şekil 4).



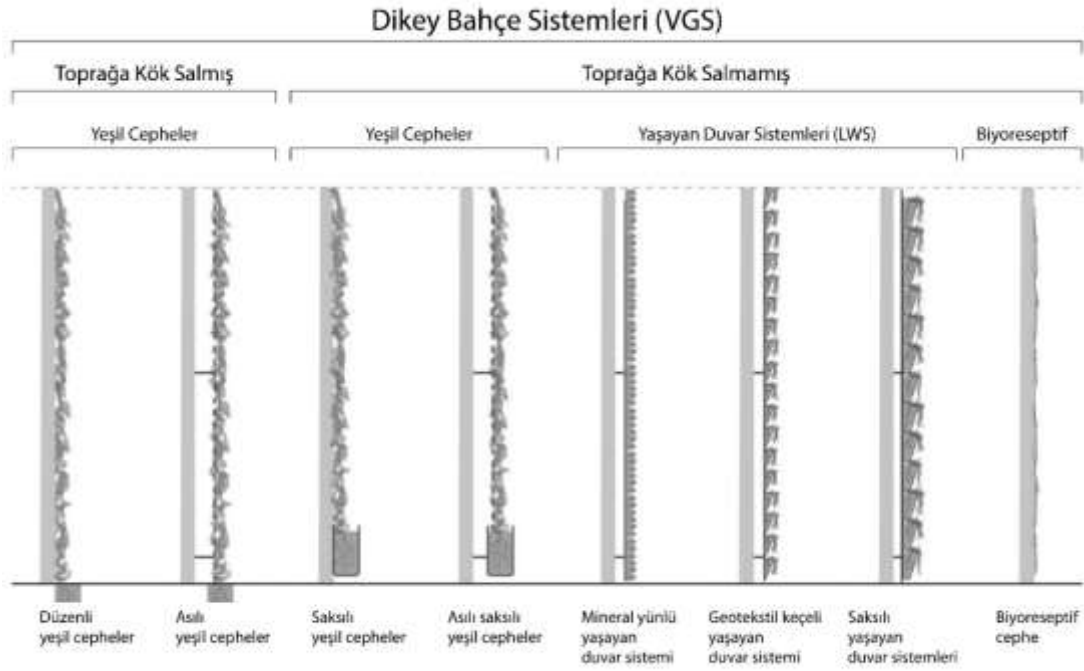
Şekil 4. Yeşil Duvar Sınıflandırması (Manso & Castro-Gomes, 2014)

Kıasıfve Selçuk dış mekan dikey bahçe sistemlerinin sınıflandırmasını 2018 yılında Yeşil Cepheler, Bitkilenmiş Duvarlar ve Yaşayan Duvar Sistemleri olarak üçe ayırmışlardır (Kıasıf & Selçuk, 2018), (Şekil 5).



Şekil 5. Yeşillendirilmiş Duvar Teknolojileri Sınıflandırması (Kıasıf & Selçuk, 2018)

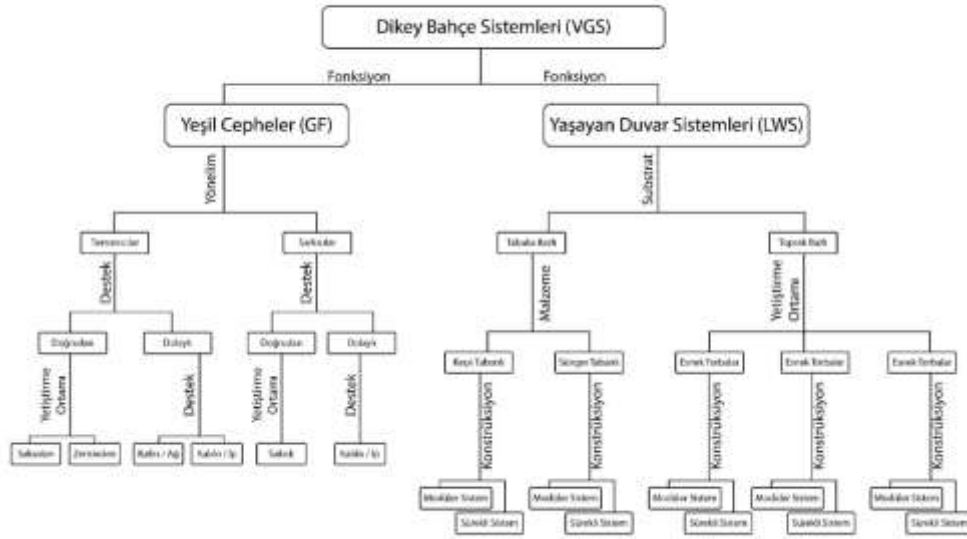
Kalay ve Özen (2021) dikey bahçe sistemlerini Yeşil Cepheler ve Yaşayan Duvarlar olarak iki, uygulama tekniklerine göre Panel Sistemleri, Metal Çit Sistemleri, Modüler Sistemler ve Asma Sistemler olarak 4 ayrı başlıkta topladıkları modelin araştırmalarda belirtilen sistemler olduğunu söylemişlerdir. Panelli sistemleri ise Topraklı, Hidroponik, Aeroponik ve Keçe sistemleri olarak tekrar dört alt başlıkta ele alınmıştır. Bakker'ın çalışmasında yeşil duvarların sınıflandırmasında şimdiye kadar kullanılan isimlendirme sistemlerinin her ne kadar birbiriyle eş anlamlı olarak kullanılsa da aslında birbirlerinden önemli ölçüde ayrıldığı belirtilmektedir. Bakker, Ottelé'nin 2011 yılında yazdığı çalışmaya atıfta bulunarak bu sistemleri “toprağa bağlı ve topraktan bağımsız” sistemler olarak 2'ye ayırmaktadır (2021), (Şekil 6).



Şekil 6. Bakker'in Sınıflandırması (Bakker, 2021, s:23)

2022 yılında yayımlanan çalışmada ise Rajak, Kumar ve Biswas bu sistemler 'Yeşil Çatılar ve Yeşil Duvarlar' olarak ikiye ayırmakla birlikte Yeşil Duvarları 'Yeşil Cepheler, Çift Katmanlı Yeşil Cepheler (Double Skin Green Facade) ve Modüler Kafesler' olarak üçe ayırmaktadırlar. Yeşil Cephelerin ve Canlı Duvarların ise birbirlerinden farklı sistemler olduğunu belirtmektedirler. Yeşil Cephelerde bitki bina dışında doğal olarak büyüüp bir yüzey oluştururken, canlı duvarlarda ise bitkiler ile binanın dışını kaplamak için önceden yetiştirilmiş bitkiler ve buna uygun strüktür yapının oluşturulduğundan bahsetmektedirler (Rajak ve diğerleri., 2022).

En son 2024 yılında ise Manouchehri, López ve López oluşturdukları kapsamlı çerçevede başlangıcı çok eski tarihlere dayansa da şimdiye kadar yapılan çoğu çalışmada standardizasyon eksikliğinden bahsetmektedirler. Konu hakkında çoğu uygulama ve araştırma 2006 yılından itibaren artmaya başlasa da terminolojideki eksiklik bu sistemler arasında kıyaslama yapmayı zorlaştırmaktadır. Sözü geçen araştırmacılar çalışmalarında şimdiye kadar yapılan akademik araştırmaları inceleyerek daha rafine ve detaylı bir dikey bahçe sınıflandırması ve isimlendirme önerisinde bulunmaktadır (Manouchehri ve diğerleri., 2024) (Şekil 7).



Şekil 7. Dikey Bahçe Sınıflandırma Şeması (Manouchehri ve arkadaşları., 2024)

Manouchehri ve arkadaşları (2024) inceledikleri araştırmalar sonucunda çoğu sınıflandırmanın tek bir değere göre esas alındığını varsayarak geldikleri noktada dikey bahçe sistemlerin sınıflandırmalarında en kapsamlı yaklaşımın çok kriterli bir yöntemin uygulanması olduğuna karar vermişlerdir. Bu sınıflandırmanın oluşturulması karar alma süreçlerini etkilediği için önemli olduğunu vurgulamışlar ve sınıflandırmalarını daha az karışıklığa neden olacak şekilde ayırmışlardır. Çoğu araştırma Dikey Yeşil Sistemleri ‘Yeşil Cepheler ve Yaşayan Duvarlar’ olarak ikiye ayırmaktadır. Ancak Yaşayan Duvarların sınıflamasında terminolojik farklılıklar önemli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu sistemler hakkında kapsamlı bir standardizasyon, her bir sistemin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya çıkaracak çeşitli faktörleri detaylı inceleyerek planlama çalışmalarını kolaylaştırabilmeyi amaçlamıştır (Manouchehri ve ark., 2024).

Dikey Bahçe Sistemleri bitkiler ile yapıları bir araya getiren sistemlere verilen genel isimlendirmedir. Günümüzde pek çok çeşitli gelişmiş sistemler mevcuttur (Abdul-Rahman ve ark., 2014) Bu sistemlerin yukarıda bahsettiğimiz gibi zaman içinde pek çok sınıflandırması yapılmıştır. Manouchehri ve arkadaşlarının son çalışması gelişmekte olan bu alanda tutarlılık ve netlik ihtiyacını ele alan bir sınıflandırma çerçevesi sunmaktadır (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Bu çalışmada da bu tutarlılığı devam ettirme amacıyla esas sınıflandırma sistemi olarak bu son yapılan çalışma temel olarak kullanılmaktadır.

Dolayısıyla, Dikey Bahçe Sistemleri Yeşil Cepheler (GreenFacades-GF) ve Yaşayan Duvarlar (LivingWallSystems-LWS) olarak iki ana başlık altında değerlendirilebilir.

4.1 Yeşil Cepheler

Yeşil Cephelerin temeli, duvar yüzeyinde asılı veya sarılıcı bitkilerin kullanılmasıyla oluşmaktadır (Manso & Castro-Gomes, 2014). Sarılıcı sistemler hem toprağa bağlı hem de saksı gibi sistemler ile topraktan bağımsız olarak konumlandırılabilenken sarkıcı sistemler topraktan bağımsız saksılarda tanımlanmaktadır (Şekil 8).

Yeşil Cepheler de kendi içlerinde doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan duvarla temas eden sistemlerde herhangi bir sistem kullanılmazken dolaylı yeşil cephelerinde bitkilerin büyümesini destekleyen bir çerçeve kullanılmaktadır. Bu destek çerçeveler bitkinin yüzey boyunca büyümesini yönlendiren kılavuzlardan oluşabildiği gibi birçok modüler bileşenin kurulmasıyla sağlanabilmektedir. (Manso & Castro-Gomes, 2014) Doğrudan duvar ile temas eden sistemlerde yüzeylerin beton veya tuğla gibi yüzeyler olması ve bitkilerin kökleriyle tutunmasını kolaylaştıracak pürüzlülükte olması tercih edilmektedir. Ahşap yüzeyler pürüzlülük açısından uygun olsa da birleşim yerleri bitki köklerinin nüfuzuna karşı zayıftır. Metal, cam veya plastik gibi parlak ve pürüzsüz yüzeyler teorik olarak bu uygulama için uygun olmamaktadır (Ottel , 2011). Doğrudan duvarlara tırmanan bitkiler kullanılan sistemlerde, duvar desteği eksikliği nedeniyle bitkiler düşme riski taşır. Dolaylı yeşil cepheler, doğal unsurlara karşı direnç sağlayan destek sistemleriyle çift katmanlı yapılar kullanırlar. Modüler kafesler, bitkileri tek tek destekleyerek estetik bir unsur oluşturur. Bu cepheler, apartmanlar arasında yerleştirilebilir ve duvara farklı yüksekliklerde sabitlenebilir (Tarboush, 2019). Dolaylı sistemlerdeki kılavuzlar, çekmeye yüksek mukavemet gösteren  elik kablolardan ve destek bileşenlerinden oluşmaktadır. Modüler sistemlerde ise önceden tanımlanmış boyutlarda metal kafes panelleri kullanılarak yeşil dokunun oluşması sağlanmaktadır (Kıasf & Selçuk, 2018). Destek sistemleride kullanılan bitkinin beklenen büyümesine bağlı olarak cephe ile arasında mesafe bırakılmaktadır (Ottel , 2011). Bu tür bitkilendirme yöntemlerinde, bitkinin kök saldėėı zeminden sulama damlama yöntemiyle gerçekleştirilir ( elik ve diğerleri., 2015).



Şekil 8. Yeşil Cephe için illüstrasyonlar; Doğrudan-Dolaylı ve Sarkıcı Sistemler (Maviş,2025)

4.2 Yaşayan Duvar Sistemleri (LWS)

Blanc'ın 1988 yılında “Yaşayan Duvarlar” olarak isimlendirdiği sistemler binaların dış yüzeylerini kaplamak için canlı bitkilerin keçe sistemleri gibi yöntemlerin kullanılmasıyla kaplanması anlamını taşımaktadır (Çelik ve diğerleri., 2015).

Yaşayan Duvar Sistemleri, Yeşil Cephele göre daha yeni gelişen sistemlerdir. Yüksek yapılarda büyük duvarların bu sayede daha hızlı bir şekilde kaplanması sağlanarak ve kullanılan bitkilerin çeşitliliği sayesinde; ilave olarak daha homojen bir şekilde büyümeleriyle çeşitli mimari türlere uyum sağlayabilmektedirler (Manso & Castro-Gomes, 2014).Çeşitli araştırmacılar Yaşayan Duvarları modüler ve sürekli türlere ayırmakla birlikte sadece bu kriteri dayanarak dikey bahçe sistemlerinin kapsamlı bir sınıflandırma yapılması açısından yetersiz olduğuna dikkat çekmektedirler (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Manouchehri ve arkadaşlarının (2024) son çalışmasına göre Yaşayan Duvarlar alt tabakalarına göre ‘plaka bazlı ve toprak bazlı’ olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Plaka bazlı olanlar kendi içlerinde materyallerine göre keçeli sistemler ve sünger/köpük sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Toprak bazlı olanlar ise yetiştirme yöntemlerine göre cepeli sistemler, saksılı sistemler ve boşluklu sistemler olarak üçe ayrılmaktadır.

Toprak bazlı yaşayan duvar sistemleri (LWS), esas olarak farklı toprak türlerini üreme alanı olarak kullanmaları nedeniyle farklılık gösterirler. Bu sistemler bitki köklerini destekler ve kum, mineral yünü, perlit veya bu malzemelerin bir kombinasyonu üzerine kurulabilirler (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Boşluklu sistemler, yaşayan duvarların yüzeylerinde bitkileri topraklarıyla birlikte sabitleyerek kısmi su emili sağlarlar. Bu sistemlerde cam elyafı, köpük veya geri dönüştürülmüş maddeler gibi malzemeler kullanılabilir (Manouchehri ve diğerleri., 2024) (Şekil 9).



Şekil 9. Boşluklu modüler yaşayan duvar örneği (URL1 ve URL2)

Saksılı sistemlerde ise bitkiler mevcut duvarların ya da destek yapıların üzerine bağlı saksı kutularına dikilerek yetişmektedirler. Bu saksıları HDPE (HighDensityPoly Ethylene), metal veya ahşap gibi malzemelerden yapabilmektedirler (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Saksılı sistemler büyük köklü bitki türlerinin kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Kıasf & Selçuk, 2018) (Şekil 10).



Şekil 10. Saksılı sistem yaşayan duvar örneği (URL3)

Cepli sistemlerde bitkiler suyun kolayca geçişini sağlayacak esnek malzemelerden yapılmış torba benzeri cepler içerisinde topraklarıyla birlikte dikilerek yetişmektedirler (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Bu sistem bitkilerin eğimli yüzeylere uygulanabilirliği olası ortamlar yaratmaktadır (Manso & Castro-Gomes, 2014).

Cepli ve boşluklu sistem kurulumları, serbest drenaj olan bir ortamda bitkiler için optimal besin dengesi sağlamaktadır. Toprak bazlı sistemlerin çoğunda, basit sulama sistemlerinin kurulmasıyla birlikte, kurulum ve bakım maliyetleri daha düşüktür.

Yine de, diğer sistemlere göre dezavantajı bu sistemlerin su tutma kapasitesi ile birlikte sistem ağırlığı diğer sistemlere göre daha fazla yük taşımaktadırlar. Bu sorunun çözülmesi için yeni hafif malzemelerin kullanımı giderek artmaktadır. Bir başka problem ise zaman içinde bu toprağın düzenli olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Plaka bazlı yaşayan duvar sistemlerinde bitkilerin topraksız olarak köklerinin tutunması amacıyla keçe veya liften yapılmış materyaller kullanılır. Bu sistemler ince oldukları için su tutma kapasiteleri düşüktür; üstelik, büyük ve sağlam kökleri olan bitkileri destekleme konusunda da dezavantajlıdır (Manouchehri ve diğerleri., 2024). Köpük katmanlı sistemlerde, aminoplast reçine köpüğünden yapılmış yetiştirme ortamları taşıyıcılara asılı sepetlerin içerisinde bulunmaktadır (Kıasf & Selçuk, 2018).

Devamlı olan yöntemlerde ise sıklıkla keçe tabanlı sistemler kullanılmaktadır (Şekil 11). Bu yöntem daha önceden hazırlanan panellerden farklı olarak inşaat sırasında sahada uygulanmaktadır. Bir PVC plaka üzerine kaplanan keçe tabakaları çelik profilden oluşan bir karkas sistemine sabitlenmiş olup ceplerinin içlerine bitkiler yerleştirilmektedir. Bu teknikte büyük köklü bitkiler cep alanlarının sınırlı olması nedeniyle tercih edilmemektedir (Kıasf & Selçuk, 2018). Keçe, bitkilerin köklerinin gelişmesi açısından toprak görevi gören bir yetiştirme ortamıdır ve dışarıdan sulama sistemine mineraller takviye edilerek yaşamları sağlanır. Mekanik sulama sistemi kullanılarak keçelerin nemli olması bağlı olduğu yüzeye zarar verebileceği için keçe tabakası ile yüzey zemin arasına genellikle PVC gibi su geçirmez bir yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Keçelerden süzülen fazla su alttaki drenaj kanallarında biriktirilerek pompa yardımıyla bitkilerin tekrar sulanmasında kullanılabilir (Tabu, 2019).



Şekil 11. Keçeli sistem yaşayan duvar örneği (Maviş,2020)

4.3. Mumyalanmış Yosun Duvarlar (Preserved Moss Walls)

İç mekan bitkilerinin kullanımının kökenleri belirsizliğini korurken, bir zamanlar sosyal ve eğlence amaçlı tercih edilen türler giderek diğer alanlarda kullanılmaktadır. Son yıllarda, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm gibi temaların dahil edilmesi, bitkileri tasarımın vazgeçilmez bileşenleri haline getirmiştir. Dikey bahçeler, çeşitli teknikler ve malzemelerle dikey yüzeylere uygulanan tarımsal düzenlemelerdir ve artan kentleşme nedeniyle dünya genelinde popülerite kazanmaktadır (Saki, 2020).

Manouchehri ve arkadaşları'nın son çalışmasında belirtilen sınıflandırma genellikle dış mekan dikey bahçe sistemleri üzerinden yapılsa da aslında kullanılan tekniklerin zaman içerisinde iç mekanlarda da kullanılabildiği görülmüştür. Özellikle Blanc'ın Yaşayan Duvar Sistemlerinin bu konuda öncülüğü taşıdığı söylenilmektedir. Mumyalanmış Yosun Duvarlarının tarihi, eski tekniklerin ve çağdaş teknolojinin birleşimini göstermektedir. Yosunun tarihsel kullanımı çoğunlukla pratiktir ancak çağdaş uygulamalarda ekolojik sürdürülebilirlik ve kentsel mimaride estetik iyileştirmeye vurgu yapmaktadır. Yosun kullanan Yaşayan Duvar Sistemleri, son zamanlarda hem estetik hem de çevresel açıdan faydalı hale gelmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Butik Bahçe Korunmuş Yosun Duvar Tasarımı (Maviş,2020)

Yeşil duvarların faydaları göz önüne alındığında, yosunlar, yaşayan duvarı sistemleri için hafif olması, maliyet açısından etkinliği, düşük bakım gereksinimleri, kirlenmeye karşı dayanıklı olması gibi çok avantajlı özellikler sergileyen bitkiler arasında yer alır (Marsaglia ve diğerleri., 2023). Aynı zamanda, toz kirliliğini azaltma, akustik yalıtım sağlama, suyu emme ve tutma yeteneği de dahil olmak üzere birçok çevresel avantaja sahiptir (Radu ve diğerleri., 2015).

Yosunlar, bitki dünyasında taksonomik olarak ikinci en büyük grup olan “bryophytes” bölümünün bir sınıfıdır. Yosunlar genellikle birkaç cm büyüklüğünde ve odunsu gövdesi olmayan canlılardır. En önemli özelliklerinden bir tanesi kuru dönemlerden sonra bile rehidre edildiklerinde metabolizmaları kaldıkları yerden devam etmektedirler. Ekolojik olarak bakıldığında yosunlar minimum ihtiyaçlar ile kayaların üzerinde, ağaç gövdelerinde gibi zorlu şartlarda yetişebilen bitkilerdendir. Boyut olarak küçük olmalarına rağmen ekosistemdeki önemli rolleri mevcuttur.

Yoğun ve sıkı bir kök yapısına sahip olmasıyla yalıtkanlık rolüyle antik dönemlerde giyim ve konut sektöründe kullanılmaktaydı. Aynı zamanda tıp ve gastronomi sektörlerinde de kullanıldığı bilinmektedir. Tasarımsal olarak japon bahçeciliğinde yaygın bir kullanım alanına sahiptir(Marsaglia ve diğerleri., 2023).

Yosun yetiştiriciliği, Japon bahçe kültüründe ortaya çıkmıştır. 18. yüzyılda, Çin Zen ustaları yosunu bahçe tasarımında kullandılar. O dönemde, yosunun varlığı kutsal bir anlam taşıyordu. Çoğu yosun bahçesi Budist tapınakları ve saraylarının yakınında yer alıyordu. Yosun bahçeleri, törensel çay uygulamalarının yükselişiyle birlikte 16. yüzyıl civarında özel sektörde ortaya çıkmaya başladı. Zamanla, yosun hem Japonlar hem de Avrupalılar için dekoratif bir anlam kazandı (Radu ve diğerleri., 2015).

Duvar peyzajında yosun kullanmak, yosunun yüksek pH seviyesini sahip olduğu için uygun alt katmanların anlaşılmasını gerektirir. Daha ticari ve pratik bir kullanım seçeneği, yosunu bir tekstil tabakası veya metal bir ızgara üzerinde dikey desteklerle oluşturulmasıdır. (Radu ve diğerleri., 2015)

Yosunlar, yeşil çatılarda, botanik bahçelerinde ve yeşil duvarlarda da bulunur. Şehir mimarisinde dikey bahçeler ilerledikçe, yosun duvarlarının ve yosundan oluşan diğer dikey kentsel unsurların çeşitli formları titizlikle incelenmektedir. Yosunlar ile yaratıcı tasarımlar yaratılabilir, estetik açıdan hoş bir görünüm sağlar ve kentsel yaşam alanlarını geliştirir. Şehir mimarisinde dikey yeşillik geliştikçe, birçok yosun duvarı ve diğer yosun bazlı dikey kentsel unsurlar şu anda önemli araştırmaların konusunu oluşturmaktadır. Bunlardan bir tanesi Green City Solution'un CityTree'si (Şekil 13), yosunu kentsel mobilyalarla birleştirerek kentsel hava kalitesini artıran bir biyoteknolojik yosun filtresidir. IoT teknolojisini kullanarak yosun kültürlerini kontrol eder, veri toplar ve operatörleri bakım ihtiyaçları hakkında bilgilendirir. 3,5 metre karelik birim, 275 ağaca eşdeğer hava filtreliyor (Julinova & Beckovsky, 2019).



Şekil 13. Green City Solutions Firmasının “City Tree” Ürünü (URL4 - Hitti, 2018)

Bir diğer yosun duvar tekniği, yosunları doğal gliserin veya parafin tekniği kullanılarak korunması yapılır, bu sayede doğal görünümünü korurken diğer yöntemler gibi bakım gerektirmez. Duvar, toprak, altlık veya sulama gerektirmez; ancak doğrudan güneş ışığından korunmalı ve nem oranı %30 ile %80 arasında tutulmalıdır. Korunmuş yosun duvarları esas olarak iç mekan kullanımı için tasarlanmıştır ve önceden hazırlanarak monte edilir (Julinova & Beckovsky, 2019). Stabilizasyon, organizmalardaki doğal sıvıları bir emdirme tekniği ile değiştiren, böylece yaşlanmayı engelleyen ve tazeliği koruyan bir koruma yöntemidir. Stabilizasyon sıvısı, çevre dostu ve biyobozunur bir maddedir ve genellikle gliserindir. Bu işlem, bitkileri mantar, küf, toz ve böceklerle karşı dayanıklı hale getirir. Yerine konulan suyun hacmi, organizmanın nemlenmesini ve ömrünü etkiler. Stabilizasyonun ardından, bitkiler görsel olarak renk değiştirilebilir (Węgrzyński ve diğerleri., 2024). Korunmuş yosun duvarlarda kullanılan türleri ayıracak olursak aslında pek çok yosun çeşidi olmasının yanında yosun duvarlarda ticari olarak kullanılan genellikle 4-5 tip yapısı mevcuttur.

4.3.1. Flat Moss

Genellikle *Hypnum cupressiforme* olarak adlandırılan bu kara yosunu, birçok yosun duvar sanatı kurulumuna yeşil bir temel oluşturur. Halı yosunu olarak da adlandırılabilen bu yosun türü, nemli ormanlık bölgelerde gelişir ve sıklıkla taşlar ve toprak üzerinde koruyucu, halı benzeri katmanlar oluşturur (URL 6), (Şekil 14).



Şekil 14. *Hypnum cupressiforme* Flat Moss örneği (URL 5-12)

4.3.2. Mood Moss

Dicranum scoparium, tümsekler oluşturan ve asidik topraklarda veya kayalık yüzeylerde gelişen canlı yeşil bir yosun türüdür. yaygın olarak 'süpürge çatalı yosunu' olarak adlandırılır ve Kuzey Amerika'ya özgüdür. Beş inç yüksekliğe kadar ulaşan kümeler halinde gelişir, yastık benzeri yamalar oluşturur. Genellikle gölgeli alanlarda en iyi şekilde gelişir. Kısmi güneş ışığına dayanabilirken, genellikle gölgeli alanları tercih eder. Doymuş toprağa veya sürekli nemliliğe dayanamaz. Bu tür, asidik pH'ye sahip toprakları tercih eder (URL 7-8), (Şekil 15).



Şekil 15. *Dicranum scoparium* Mood Moss örneği (URL7)

4.3.3. Bun Moss / Pole Moss

Pole yosunu, yastık yosunu veya top yosunu olarak adlandırılan, taksonomik adı *Leucobryum glaucum* orman zeminlerine veya yuvarlanan tepelere benzeyen yoğun demetler halinde gelişir. Bu dayanıklı yosun, 12-15 cm yüksekliğe ve 50-60 cm genişliğe kadar ulaşan önemli kubbe şeklinde tümsekler oluşturur. Kadifemsi ve narin yapraklar, yosuna sağlam ve esnek bir görünüm kazandırır. Gölge, nemli alanları tercih eder ancak daha kuru, iyi drene edilmiş habitatlarda da bulunur. Sünger yosunu, kadife benzeri, kalın bir derin zümrüt tonu örtüsü ile karakterizedir ve Avrupa ile Kuzey Amerika'nın doğusuna özgüdür (URL 8-9) (Şekil 16).



Şekil 16. *Leucobryum glaucum* Pole Moss Örneği (URL10-11)

4.3.4. Reindeer Moss

Ren geyiği yosunu veya karibu yosunu, dünyanın en eski ve dayanıklı bitki formlarından biri olan bir likendir ve esas olarak kutup ve tundra biyomlarında bulunur. Taksonomik olarak *Cladonia rangiferina* olarak da adlandırılırlar (Şekil 17). Karmaşık, mercan benzeri yapısıyla karakterize edilir. Liken, son derece düşük sıcaklıklara dayanabilir ve dehidre olarak bu koşullar altında uyku durumuna geçebilir. Yaz aylarında ise kayalar üzerinde güneşe uzun süre maruz kaldığında kurur ve ardından parmakla bile ezilerek gri-yeşil bir toza dönüşebilir.

Yeniden su ile temas ettiğinde, bir banyo süngeri gibi esnek hale gelir. Bu likenler, pH değeri 4.5 kadar düşük olan asidik toprakları tercih eder. Yeterli ışıkla, likenler -10° C gibi düşük sıcaklıklarda bile gelişebilir. Süngerimsi yapısı nedeniyle, ren geyiği yosunu oldukça emici olup neredeyse her renge boyanabilir (URL 13-14-15) (Şekil 18).



Şekil 17. *Cladonia rangiferina* Rengeyiği Yosunu Örneği (URL 14-16)



Şekil 18. Mumyalanmış yosun türleri ile yapılan bir çalışma (URL 17)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan kentleşme ve dikey betonlaşma, sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarını ve yeşil alanların kent yaşamına yeniden kazandırılmasını önemli hale getirmiştir. Bu bağlamda dikey bahçe sistemleri, çevresel, estetik ve teknik avantajları sayesinde giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin doğru şekilde planlanması ve uygulanabilmesi için özelliklerinin doğru analiz edilmesi ve karşılaştırılması gerekmektedir.

Literatür incelemesi sonucunda, dikey bahçe sistemlerinin sınıflandırılmasına yönelik farklı yaklaşımların bulunduğu ve terminolojik açıdan tam bir görüş birliğinin henüz sağlanmadığı görülmüştür. Bu durum araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında kavramsal karmaşaya neden olabilmektedir. Bu nedenle, güncel sistemleri kapsayan ve gerektiğinde geliştirilebilen standart bir sınıflandırma yaklaşımının oluşturulması önem taşımaktadır. Yosun duvarlar da son yıllarda yaygınlaşan ve sürdürülebilir tasarım anlayışıyla uyumlu uygulamalardan biridir. Özellikle mumyalanmış yosun sistemleri; düşük bakım gereksinimleri, akustik katkıları ve estetik özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatürde yosun duvarların dikey bahçe sistemleri içerisindeki konumuna yönelik akademik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Manouchehri ve arkadaşlarının (2024) ortaya koyduğu güncel sınıflandırma çerçevesi, mevcut sistemlerin büyük bölümünü kapsayan önemli bir temel sunmaktadır. Ancak gelecekte yapılacak çalışmalarda mumyalanmış yosun duvarların ve benzeri biyofilik uygulamaların da bu sınıflandırmalar içerisinde değerlendirilmesi ve uygun kategoriler altında ele alınması önerilmektedir. Bu sayede hem literatürdeki sınıflandırma eksikliğinin giderilmesine hem de yeni nesil dikey yeşillendirme uygulamalarının daha kapsamlı değerlendirilmesine katkı sağlanabilecektir.

Ayrıca, literatür incelemesi dikey yeşillendirme sistemlerinin hızlı bir şekilde çeşitlendiğini ve yeni malzeme ile uygulama türlerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum, literatürdeki mevcut sınıflandırma yaklaşımlarının düzenli olarak gözden geçirilmesini ve güncellenmesini gerekli göstermektedir. Bu doğrultuda, yapılacak yeni çalışmalarla farklı sistemlerin tanımlanması, terminolojik tutarlılığın sağlanması ve uygulama alanlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesine yönelik çalışmaların artırılması, alandaki bilgi birikiminin daha bütüncül ve sistematik bir şekilde gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Bunun yanında, dikey bahçe sistemlerinin sınıflandırılmasına yönelik standart bir yaklaşımın geliştirilmesi, yalnızca akademik literatür açısından değil, tasarım, uygulama ve bakım süreçlerinde görev alan profesyoneller açısından da önemli faydalar sağlayacaktır.

Ortak bir terminolojinin benimsenmesi, farklı sistemlerin teknik özelliklerinin daha net anlaşılmasına, performanslarının karşılaştırılabilmesine ve proje süreçlerinde daha doğru kararlar alınabilmesine katkı sunacaktır. Özellikle sürdürülebilir kentleşme hedeflerinin ön plana çıktığı günümüzde, dikey yeşillendirme uygulamalarının çevresel performanslarının, bakım gereksinimlerinin, kullanım ömürlerinin ve ekonomik sürdürülebilirliklerinin birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda geliştirilecek kapsamlı sınıflandırma modelleri, hem araştırmacıların hem de uygulayıcıların yeni sistemleri mevcut yapılarla ilişkilendirebilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca biyofilik tasarım anlayışının yaygınlaşmasıyla ortaya çıkan yenilikçi uygulamaların sistematik biçimde tanımlanması, gelecekte gerçekleştirilecek disiplinler arası çalışmalar için önemli bir altyapı oluşturacaktır. Böylece alandaki bilgi paylaşımının, bilimsel iletişimin ve uygulamaya yönelik karşılaştırmalı değerlendirmelerin daha tutarlı, anlaşılır ve sağlıklı biçimde geliştirilmesi mümkün olabilecektir. Bu durum, gelecekteki araştırmalarda yöntemsel uyumun güçlenmesine ve elde edilen bulguların daha etkin değerlendirilmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Bakker, J. (2021). *Improving the Acoustic Absorption of Vertical Greening Systems (By Delft University of Technology)* [Thesis]. Delft University of Technology.
- Çelik, A., Ender, E., & Zencirkıran, M. (2015). Vertical Garden and Practices in Turkey. *in Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 67-70. <https://www.nobel.gen.tr> 8(1),
- Foster, K. P. (1998). *Gardens of Eden: Exotic Flora and Fauna in the Ancient Near East*. In J. Coppock, & J. A. Miller (Eds.), *Transformation of Middle Eastern Natural Environments: Legacies and Lessons* (pp. 320-329).
- Julinova, P., & Beckovsky, D. (2019). *Perspectives of moss species in urban ecosystems and vertical living-architecture: A review*. CRC Press eBooks, 2370–2375. <https://doi.org/10.1201/9780429426506-408>
- Kalay, F., & Özen, E. S. (2021). *Contributions Of Vertical Gardening Applications To The Livable Environment*. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 64–77. <https://doi.org/10.51552/peyad.1008009>
- Kiasif, Ç.G.ve Selçuk, E., (2018). *Yeşillendirilmiş Konut Cephelerin Kentlerin Çevresel Kalkınmasına Etkisi*, YTÜ Mimarlık Fakültesi İstanbul I. Konut Kurultayı, 10-11 Mayıs 2018, İstanbul.
- Manouchehri, M., López, J. S., & López, M. V. (2024). *Sustainable Design of Vertical Greenery Systems: A Comprehensive Framework*. *Sustainability*, 16(8), 3249. <https://doi.org/10.3390/su16083249>

- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2014). *Green wall systems: A review of their characteristics*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>
- Marsaglia, V., Politecnico di Milano, Brusa, G., Independent, Paoletti, I., & Politecnico di Milano. (2023). *Moss as a Multifunctional Material for Technological Greenery Systems*. *The Plan Journal*, 8–1, 85–114. <https://doi.org/10.15274/tpj.2023.08.01.3>
- Ottelé, M. (2011). *The Green Building Envelope* (E. M. Haas, H. D. Van Bohemen, Technische Universiteit Delft, Fachhochschule Neubrandenburg, A. A. J. F. Van Den Dobbelen, C. A. J. Duijvestein, J. N. J. A. Vambersky, A. L. A. Fraaij, K. Van Breugel & Sieca Repro, Eds.) [Proefschrift]. Technische Universiteit Delft.
- Radu, D. M., Trautz, D., Cantor, M., (2015). *A Review: Moss: Decorative and Ecological Potential in Landscape*. In ProEnvironment (Vol. 8, pp. 80–84) University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Faculty of Horticulture, & Faculty of Agricultural Science and Landscape Architecture, University of Applied Sciences Osnabr ck. <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/promediu>
- Rajak, M. K., Kumar, R., & Biswas, R. (2022). *Vertical Greenery Systems: a comprehensive review*. ICRRD Quality Index Research Journal, 3(3).
<https://doi.org/10.53272/icrrd.v3i3.3>
- Saki, S., & Köşkü, U. F. (2020). *   mimarlık ve   vre tasarımında dikey bah   uygulamalarının değerlendirilmesi*. Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi, 15(60), 407-416.
- Siaw Chuing Loo Abdul-Rahman, C. W., Nadzmi Miswan. (2014). *Vertical Greenery Systems (VGS)*. In Open House International [Journal-article].
- Tabu, N. (2019). *Kentlerde Alternatif Bir Yeşil Alan Modeli Olarak Dikey Bahçelerin   rdenmesi; Akdeniz Bölgesinde Uygulanabilecek Alanlar Ve Kullanilabilecek Bitkilerin Araştırılması*. In T.C. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tarboush, O. (2019). *Living Walls And Green Facades: A Study In Nicosia*. In Near East University, NEU.
- W  grzy  ski, W., W  grzy  ska, M., Miech  wka, B., Bielawski, J., & Papis, B. (2024). *Reaction to fire of decorative moss-imitating panels with moss, lichens and algae*. *Journal of Physics Conference Series*, 2885(1), 012035.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2885/1/012035>
- URL1: <https://www.specifiedby.com/biotecture/biopanel-hydroponic-living-wall-system>
[Eri  im Tarihi: 05.01.2025]

- URL2: <https://ksatbiogama.wordpress.com/wp-content/uploads/2021/05/1-1.png> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL3: <https://www.specifiedby.com/biotecture/stackable-modular-living-wall-system> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL4: Hitti, N. (2018, March 21). Moss-covered CityTree bench is designed to combat urban pollution. Dezeen. Retrieved January 5, 2025, from <https://www.dezeen.com/2018/03/21/moss-covered-citytree-bench-combats-urban-pollution-london-uk> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL5: The bryophytes of the spruce forests of South Tyrol: species list, distribution and ecology - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/The-moss-Hypnum-cupressiforme-a-common-species-colonizing-all-the-substrates-in-forests_fig2_291790550 [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL6: Quietearthmoss <https://www.quietearthmoss.com/preserved-moss-walls/sheet-moss/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL7: <https://www.mountainmoss.com/products/dicranum> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL8: <https://www.trees.com/shrubs-and-bushes/moss> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL9: <https://www.gardenia.net/plant/leucobryum-glaucum-pincushion-moss-grow-care-guide> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL10: <https://mossandstonegardens.com/mosses-division-bryophyta/the-science-of-pincushion-moss-cushion-moss-bun-moss-or-pillow-moss/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL11: <https://www.butikbahce.com/pole-moss-topik-yosun/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL12: <https://www.butikbahce.com/yosun-duvar-flat-moss/#> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL13: <https://www.quietearthmoss.com/preserved-moss-walls/reindeer-moss/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL14: <https://greenmountaingreenwalls.com/top-5-moss-types-used-in-preserved-moss-wall-art/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL15: <https://www.homeopathyschool.com/the-school/provings/reindeer-moss/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL16: <https://nordgrona.com/request-samples> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]
- URL17: <https://www.arkitera.com/proje/vitus-commodities-algoritma-fabrikasi/> [Erişim Tarihi: 05.01.2025]