

EKOLOJİK RESTORASYON VE TASARIMIN KESİŞİMİ: SERAMIĞIN KRİTİK EKOSİSTEMLERDEKİ ROLÜ

• Arş. Gör. Nihal TURAN GÜL*

ÖZET

Seramik, tarih boyunca ekonomik, sosyal ve kültürel değişimler, bilimsel ve teknolojik gelişmeler, sanat hareketleri ve disiplinler arası yaklaşımlar gibi birçok dinamiğin etkileşimiyle şekillenmiş ve farklı bağlamlarda yeniden konumlanarak kullanılmıştır. Günümüzde ise fiziksel dayanıklılığı, doğal süreçlerle uyumluluğu ve sürdürülebilir üretim potansiyeli sayesinde daha büyük çevresel sistemlerle bütünleşerek ekolojik restorasyon projelerinde de önemli bir tasarım ögesi haline gelmiştir. Bu çalışma, seramik malzemenin kritik ekosistemlerde gerçekleştirilen ekolojik restorasyon projelerindeki rolünü ve sürdürülebilir tasarım süreçlerine katkısını incelemektedir. Nitel araştırma yöntemiyle yürütülen çalışmada, literatür taraması ve seçilmiş uygulama örnekleri analiz edilmiştir. Bulgular, ekolojik temelli seramik üretimlerinin, ekolojik tasarım ve restorasyon disiplinlerinin tarihsel gelişimiyle paralellik gösterdiğini ortaya koymuştur. 20. yüzyılda ekolojik duyarlılığın artmasıyla birlikte, seramik malzeme sürdürülebilir yapı elemanları, doğal su filtreleme sistemleri ve çevre dostu tasarımlar gibi alanlarda kullanılmaya başlanmış; biyobozunur katkılar ve düşük enerjiyle pişirilen seramikler gibi yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmiştir. 21. yüzyılda ise küresel iklim krizi ve ekolojik sürdürülebilirlik ihtiyacı, seramiğin kullanım alanlarını genişletmiş; bu malzemeyi 3D baskı teknolojileri ve biyomimikri destekli uygulamalarla mercan resiflerinden kentsel sürdürülebilirlik projelerine kadar uzanan bir yelpazede ekosistemlerin yeniden canlandırılmasına katkıda bulunan bir malzeme haline getirmiştir. Sonuç olarak, çalışma, seramiğin ekolojik krizlere duyarlı tasarım süreçlerinde kritik bir rol oynayabileceğini vurgulamakta ve onu küresel çevresel dinamiklere entegre bir malzeme olarak konumlandırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik tasarım, Ekolojik restorasyon, Seramik, Sürdürülebilirlik.

* Adıyaman, Güzel Sanatlar, Seramik, nturangul@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9538-1165

ECOLOGICAL RESTORATION AND THE INTERSECTION OF DESIGN: THE ROLE OF CERAMICS IN CRITICAL ECOSYSTEMS

• Res. Assist Nihal TURAN GÜL*

ABSTRACT

Throughout history, ceramics have been shaped by the interaction of various dynamics, including economic, social, and cultural changes, scientific and technological advancements, art movements, and interdisciplinary approaches. Today, due to its physical durability, compatibility with natural processes, and sustainable production potential, ceramics have become a significant design element in ecological restoration projects by integrating with broader environmental systems. This study examines the role of ceramic material in ecological restoration projects conducted in critical ecosystems and its contribution to sustainable design processes. The research was conducted using a qualitative methodology, including a literature review and analysis of selected case studies. The findings reveal that ecologically based ceramic productions parallel the historical development of ecological design and restoration disciplines. With the rise of ecological awareness in the 20th century, ceramic materials began to be used in areas such as sustainable building components, natural water filtration systems, and environmentally friendly designs; innovative approaches such as biodegradable additives and low-energy-fired ceramics were also developed. In the 21st century, the global climate crisis and the need for ecological sustainability have further expanded the application areas of ceramics, transforming the material into a contributor to ecosystem revitalization across a wide spectrum—from coral reef restoration to urban sustainability projects—through 3D printing technologies and biomimicry-supported applications. In conclusion, this study emphasizes that ceramics can play a critical role in design processes sensitive to ecological crises and positions the material as an integrated component of global environmental dynamics.

Keywords: Ecological design, Ecological restoration, Ceramics, Sustainability.

* Adıyaman, Fine Art, Ceramic, nturangul@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9538-1165

1. GİRİŞ

İnsanın içinde bulunduğu çevre üzerindeki olumsuz etkisi binlerce yıl öncesine kadar uzansa da bu etkinin büyüklüğü ve karmaşıklığı 20. yüzyıldan itibaren dramatik bir şekilde artmıştır. Sanayi Devrimi sonrası hızlanan endüstrileşme, fosil yakıt kullanımı ve kontrolsüz kentleşme, doğanın döngülerini bozmuş; küresel ısınma, habitat tahribi ve biyoçeşitlilik kaybı gibi sorunlara yol açmıştır. Oluşan bu sorunların çok katmanlı ve birbirine bağlı yapısı, çözüm arayışlarını disiplinler arası iş birliklerine yönlendirmiş; böylece tasarım ve ekolojik restorasyon uygulamalarının bir araya gelmesi ve yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi kaçınılmaz hâle gelmiştir. Bu kapsamda, ekolojik restorasyon, bozulmuş ekosistemlerin iyileştirilmesi ve doğal süreçlerin yeniden desteklenmesi amacıyla geliştirilen bir çözüm olarak ön plana çıkmıştır. Erken uygulamalarında doğal afetlerin tahribatını gidermek gibi amaçlarla başlayan ekolojik restorasyon uygulamaları, daha sonra kıyı alanları, ormanlar, sulak alanlar, çayır ekosistemleri, tatlı su sistemleri ve kurak alanlar gibi kritik ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesi hedefleriyle genişlemiştir. Ekolojik tasarım uygulamaları ise hem doğal süreçleri taklit eden hem de bu süreçleri destekleyen yöntemlerle, sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamada temel bir rol üstlenmiştir. Bu süreçte, seramik, fiziksel dayanıklılığı, çevre dostu yapısı ve 3D baskı gibi yeni teknolojilerle uyumluluğu sayesinde, ekolojik restorasyon projelerinde sürdürülebilir ve etkili bir malzeme olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, mercan resiflerinin restorasyonunda kullanılan 3D baskılı seramik yapılar, gözenekli yapıları sayesinde deniz canlıları için ideal yaşam alanları sunmuş ve biyolojik çeşitliliği artırmıştır. Maas Nehri kıyısındaki gelgit resifleri ise, seramiğin dayanıklı ve hafif yapısıyla erozyonu önlemiş ve mikro habitat çeşitliliğini desteklemiştir. Son olarak, Rain Reef- BlueCity Projesi'nde, seramik malzemeler hem kentsel mikro iklimi iyileştirmiş hem de biyolojik çeşitliliği artıran yenilikçi çözümler sunmuştur. Bu projeler, tasarımın ve yenilikçi malzemelerin, özellikle seramiğin, doğa ile uyumlu çözümler geliştirmedeki potansiyelini ortaya koyarken, ekolojik restorasyonun sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek için kritik bir araç olduğunu göstermektedir.

2. EKOLOJİK RESTORASYONDA SERAMİK KULLANIMI: KRİTİK EKOSİSTEMLER İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER

2.1. Tarihsel Süreçte Ekolojik Temelli Tasarımlar

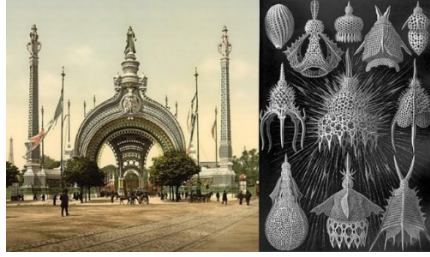
Ekoloji, canlıların hem kendi aralarındaki hem de çevreleriyle olan ilişkilerini tek tek veya birlikte inceleyen bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu, t.y.). Bu kavram, ilk kez 1866 yılında Alman biyolog Ernst Haeckel tarafından, organizmaların

hem organik hem de inorganik çevreleriyle olan etkileşimlerini açıklamak için kullanılmıştır (Pimm ve Smith, 2025) Haeckel'in ekolojiyi bir bilimsel disiplin olarak temellendirdiği bu yaklaşım, zamanla insan-doğa ilişkisini yalnızca anlamakla kalmayıp, bu ilişkiyi daha sürdürülebilir bir çerçevede yeniden yapılandırma çabalarını da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda, ekolojinin ilkeleriyle şekillenen ekolojik tasarım kavramı, insan ihtiyaçlarını karşılarken çevresel dengeyi gözetten bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır.

Ekolojik tasarım terimi ilk kez, Sim Van der Ryn ve Stuart Cowan tarafından 1996 yılında yayımlanan *Ecological Design* (Ekolojik Tasarım) isimli kitapta “yaşayan süreçlerle bütünleşerek çevresel açıdan yıkıcı etkileri en aza indiren her türlü tasarım” olarak tanımlanmıştır (Van der Ryn ve Cowan, 1996:18). Geniş bir çerçeveye sahip olan bu kavramın hem teorik hem de pratik olarak uygulanabilirliğini artırmak için belirlenen ilkeler, insan ihtiyaçlarını karşılama, ekosistemlerin bütünlüğünü koruma, doğanın tasarımlarını taklit etme, sürdürülebilir ekonomiye geçiş, ekolojik ekonomi kullanımı, doğal ekosistemleri ve biyoçeşitliliği koruma ile çevre eğitimi ve bilinci artırma olarak belirlenmiştir (Shu-Yang vd., 2004:97).

Ekolojik tasarım, insanın tasarım aracılığıyla doğayı gözlemlemesinden, onun süreçlerini teknolojiyle yeniden üretmesine ve insan etkisinin kabul edildiği modern yorumlara kadar geniş bir gelişimi temsil eder. İnsan yapımı tasarımlar için doğal süreçlerden ve ekosistemlerden ilham alınan erken dönem yaklaşımlar, 19. yüzyılın ortalarından itibaren belirginleşmeye başlamıştır. Bu yaklaşımların temelini atan eserler arasında, Henry David Thoreau'nun bireyin doğayla uyum içinde yaşayabileceğini göstererek ekolojik farkındalığı artırdığı *Walden* (1854) ve Charles Darwin'in canlıların çevresel koşullara uyum sağlayarak evrimleştiğini ortaya koyduğu *Origin of Species* (1859) eseri öne çıkar.

20. yüzyılın başında, doğanın biçimsel ve işlevsel yapısına dair bilimsel ve estetik yaklaşımlar önem kazanmıştır. Ernst Haeckel, *Art Forms in Nature* (1899–1904) adlı eserinde, doğadaki formları hem bilimsel hem sanatsal bir titizlikle belgelemiştir; D'Arcy Thompson ise *On Growth and Form* (1917) isimli kitabında büyüme ile biçim arasındaki ilişkiyi geometrik ve morfolojik açılardan ele almıştır. Bu dönemde Raoul Francé'nin geliştirdiği *Biotechnik* kavramı da doğadaki biyolojik süreçlerin teknik problemlere çözüm sunabileceğini ileri sürerek ekolojik düşüncenin tasarımıyla ilişkisini güçlendirmiştir (Kallipoliti, 2018: 9, 16). Bu çalışmaların, doğanın bir sanat ve tasarım unsuru olarak ele alınmasını teşvik ederek, Arts and Crafts ve Art Nouveau sanatçılarının eserlerinde doğadan ilham alan formlar, desenler ve yapıların belirginleşmesine zemin hazırladığı söylenebilir. Örneğin; René Binet'in Görsel I'de yar alan Porte Monumentale (1900) eseri, Ernst Haeckel'in Arts Forms in Nature kitabındaki mikroskobik organizmaların formlarından ilham alarak Art Nouveau'nun doğa temelli tasarım anlayışını yansıtmaktadır.



Görsel 1. (Soldaki) René Binet, *Porte Monumentale*, (Sağdaki) Ernst Haeckel, *Radiolarians* (Blandino, 2021).

II. Dünya Savaşı sonrası yaşanan endüstriyel ve çevresel dönüşümler, tasarım süreçlerinin ekolojik sürdürülebilirlik ve çevresel farkındalık odaklı bir doğrultuda ilerlemesine zemin hazırlamıştır. Buckminster Fuller, 1954 yılında patentini aldığı Geodezik Kubbe-leri ve Ian McHarg, 1969 yılında yayımladığı *Design with Nature* isimli kitabı ile tasarım süreçlerinde çevresel sürdürülebilirlik ve ekolojik prensiplerin önemini vurgulamış, bu alanlarda öncü yaklaşımlar geliştirmişlerdir (Chu, 2018:122; McHarg, 1992). Howard ve Eugene Odum'un enerji akış diyagramları ve John McHale'in küresel kaynak yönetimi önerileri, ekolojik sorunların sistematik bir yaklaşımla ele alınmasını sağlamış; Stewart Brand'in *Whole Earth Index* girişimi ise açık kaynak bilgi paylaşımını temel alarak ekolojik tasarım, sürdürülebilir yaşam ve düşük maliyetli, erişilebilir çözümler için 'kendin yap' kültürünü desteklemiştir. (Odum, 1971; Whole Earth Index, t.y.). Sanat ve tasarımın merkezine doğayı yerleştiren bu yaklaşımlar, 1960'lardan itibaren Toprak Sanatı (Land Art), Çevresel Sanat (Environmental Art) ve Ekolojik Sanat (Ecological Art) gibi akımlar içinde yer alan sanatçıların üretimlerine de yansımıştır. Doğal çevreyle uyumlu üretim süreçleri geliştirerek çevresel bilgelik ve sürdürülebilirlik konularında daha gerçekçi ve etkin çözümler sunan Patricia Johanson ve Agnes Denes gibi sanatçıların çalışmaları, bu yaklaşıma örnek olarak gösterilebilir.

Patricia Johanson'nun ABD'nin Teksas eyaletinde gerçekleştirdiği Fair Park Lagoon projesi, balçıkla kaplı ve ekolojik işlevini kaybetmiş bir alanı temizleyerek gölü yok olmaktan kurtarmayı ve 255 farklı bitki ile hayvan türüne uygun bir ekosistem oluşturmayı hedeflemiştir (Ak, 2021) (Görsel 2). Projede, göl çevresindeki peyzajın tasarımında seramik gibi dayanıklı ve işlevsel malzemeler kullanılmış, ziyaretçiler ve hayvanların geçişine uygun yollar tasarlanmıştır. Bu çalışma, doğal ekosistemin yeniden canlandırılması, biyoçeşitlilik artışı, ekolojik denge ve sürdürülebilirlik açısından ekolojik tasarım hedefleri ile örtüşmektedir.



Görsel 2. Patricia Johanson, Leonhardt Lagoon Projesi, 1985, (Dominic, 2021).

Agnes Denes'in *Wheatfield – A Confrontation* isimli projesi, 1982 yılında New York'ta, Dünya Ticaret Merkezi'nin yakınında iki dönümlük bir alanda gerçekleştirilmiştir (Görsel 3). Denes, ekonomik sistemlerin doğa üzerindeki etkisini sorgulamak amacıyla bir buğday tarlası oluşturmuş ve modern şehirleşme ile doğal kaynakların korunması arasındaki çelişkiye dikkat çekmiştir. Proje hem çevre bilincini artırmayı hem de şehir içindeki doğal ekosistemlerin korunması gerekliliğini vurgulamıştır. 450 kilogram buğday hasadı yapılan proje, hasatın dünya çapında çevresel sanat etkinliklerinde sergilenmesiyle küresel bir mesaj taşıyan bir çevresel sanat eseri haline gelmiştir (Denes, t.y.). İnsan ihtiyaçlarını karşılama, ekolojik ekonomi kullanımı ve çevre eğitimi ile bilincini artırma gibi ekolojik tasarım ilkeleriyle doğrudan ilişkili olan Denes'in bu projesi, sürdürülebilirliğin şehirleşme ile nasıl bir arada var olabileceğini etkili bir şekilde ortaya koymuştur.



Görsel 3. Agnes Denes, *Wheatfield, A Confrontation*, 1982, Manhattan (Denes, t.y.).

1960'lardan itibaren ekolojik temelli sanat ve tasarım uygulamaları, doğa-insan ilişkisini yeniden ele alarak çevresel farkındalık ve ekosistem korumasında önemli bir rol oynamıştır. 21. yüzyılda ise, bu yaklaşımlar küresel ısınma, biyoçeşitlilik kaybı, şehirleşme

ve iklim adaleti gibi karmaşık sorunlara odaklanmış; teknoloji ve sürdürülebilirliği birleştiren yenilikçi yöntemler geliştirilmiştir. Bu dönemde, insan-doğa ilişkisi eleştirel bir bakışla incelenirken, çevresel tahribatın estetik, etik ve toplumsal boyutları sorgulanmış; ekolojik tasarım, eleştirel ve yenilikçi çözümler sunan bir disiplin olarak yeniden şekillenmiştir. Tüm bu gelişmeler, Antroposen kavramını insan etkisinin ekolojik ve toplumsal sonuçlarını tartışmaya açan güçlü bir düşünsel çerçeve haline getirmiştir. İlk olarak 1980’lerde biyolog Eugene Stoermer tarafından ortaya atılan Antroposen (İnsan Çağı) kavramı, 2000 yılında Paul Crutzen tarafından akademik çevrelerde yaygınlaştırılmıştır (Kallipoliti, 2018:30). Kavram her ne kadar kelime anlamı itibarıyla ‘insan çağı’ olarak yorumlansa da coğrafya ile felsefe arasındaki bir ara düzlemde, insanın kontrolünde bir gezegenden ziyade, insan etkisiyle her geçen gün daha kırılgan hale gelen ve insanın kontrolü dışında gelişen bir gezegeni tarif etmiştir (Boyacıoğlu vd., 2020:32).

Bu çağın getirdiği zorlukları anlamak ve ele almak için önemli teorik çerçeveler sunan düşünürlerden biri de hyperobjects (hipernesneler) ve dark ecology (karanlık ekoloji) kavramlarını geliştiren Timothy Morton olmuştur (Cucuzzella, 2021:5). Morton hipernesneleri zaman ve mekânda genişleyen, doğrudan algılanması zor olan nesneler olarak tanımlar. Küresel ısınma, biyosfer, nükleer atıklar, plastik kirliliği, kapitalizm gibi olgular hipernesne kategorisine girer. Kendileriyle ilişkilenen varlıklara yapışarak onları etkileyen, ancak doğrudan gözlemlenemeyen bir varlık alanı oluşturan bu nesneler, zaman içinde genişler ve çoğu zaman insanlar tarafından fark edilmesi güç olan bir etkiye sahiptir (Morton, 2021:18). Morton bu teorik çerçeveyi 2016 yılında yayınlanan *Karanlık Ekoloji* isimli kitabında genişletmiş ve insanın doğa ile olan ilişkisini eleştirel bir perspektiften yeniden değerlendirmiştir. *Karanlık ekoloji*, doğanın insan varoluşundan ayrı bir şey olduğu fikrini reddeden ve insanın daha geniş bir ekolojik ağın ayrılmaz bir parçası olduğunu vurgulayan bir yaklaşımdır. Morton, çevresel sorunların karmaşıklığını ve eylemlerimizin bireysel seçimlerin ötesindeki uzun vadeli sonuçlarını anlamının önemine dikkat çeker. Bu yaklaşım, idealize edilmiş ‘doğa’ kavramını terk ederek, insan dışı dünyayla birlikte yaşamanın gerekliliğini vurgular. Morton’a göre, ekolojik farkındalık, her zaman tüm sonuçları öngöremeyeceğimizi kabul eden bir bilinç hâlini içerir (Sus, 2024). İnsanın çevresel etkileriyle yüzleşmesini sağlayan bu teorik yaklaşımlar, 21. yüzyılda sanatsal ve tasarımsal pratikler aracılığıyla da ifade edilen bir bilinç hâline gelmiştir. Örneğin, Mel Chin’in *Revival Field Project*’i, Jason deCaires Taylor’ın *Molinere Underwater Sculpture Park*’ı ve Anab Jain ile Jon Ardern’in *Superflux* kolektifi bünyesinde gerçekleştirdiği *Mitigation of Shock* gibi projeler, ekolojik kaygılarla şekillenen sanat ve tasarım uygulamalarının önemli örneklerindendir.



Görsel 4. Mel Chin, *Revival Field Project*, 1990, (Lang, 2020).

Mel Chin'in Dr. Rufus Chaney ile iş birliği yaparak 1990-1993 yılları arasında Minnesota, St. Paul'daki Pig's Eye Çöp Sahası'nda hayata geçirdiği Revival Field projesi, ağır metallerle kirlenmiş toprakları temizlemek için hiperakümülatör bitkilerin kullanımını temel almıştır (Görsel 4). Hiperakümülatör bitkiler, topraktaki toksik metalleri bünyelerine alarak çevrenin arındırılmasına katkı sağlar. 1993 yılında proje alanından alınan biyokütle örneklerinin bilimsel analizi, test edilen bitkiler arasında en yüksek hiperakümülatör kapasitesine sahip olan *Thlaspi* türünün yaprak ve gövdelerinde önemli miktarda kadmiyum biriktiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, mevcut yüksek maliyetli ve verimsiz iyileştirme yöntemlerine kıyasla, yerinde ve düşük teknoloji bir çözüm olan Green Remediation (Yeşil İyileştirme) yönteminin potansiyelini doğrulamıştır (Lang, 2020:6, 7). Mel Chin'in *Revival Field* projesi, 21. yüzyılın doğa-insan ilişkisi, bilimsel müdahale, etik sorumluluk ve doğanın çift yönlü (hem yıkıcı hem yaratıcı) karakteri gibi temel kavramlarıyla güçlü bir uyum içindedir. Proje hem bir çevresel iyileştirme girişimi hem de çağın eleştirel söylemini somutlaştıran bir sanat çalışması olarak değerlendirilebilir.



Görsel 5. Jason deCaires Taylor, *Molinere Underwater Sculpture Park*, 2006 (Taylor, t.y.).

Jason deCaires Taylor'ın Karayip Denizi'nde oluşturduğu Grenada Su Altı Heykel Parkı, dünyanın ilk su altı heykel parkı olarak kabul edilir (Görsel 5). İklim krizi, çevre aktivizmi ve doğanın yenileyici gücü gibi temaları işleyen bu heykel serisi, deniz canlıları için bir habitat oluştururken insanlığın kırılganlığını ve deniz dünyasıyla ilişkisini vurgular. Taylor'ın çalışmaları, düşük karbonlu ve pH nötr malzemelerle üretilmiş, doğayla iş birliği içinde dönüşen eserlerdir. Her heykel, çeşitli deniz canlıları için yeni yaşam alanları sağlarken turistleri doğal, hassas bölgelerden uzaklaştırarak etkili bir yapay resif görevi görür. Bu eserler, çevresel tehditlere karşı yenilenme ve umut mesajı taşır. 2023 yılında Taylor, parkı The Coral Carnival adlı 25 heykelden oluşan yeni bir seriyle genişletmiştir. İlk kez renk kullanılan bu heykeller, doğal pigmentlerle boyanmış ve deniz canlılarının kolonileşmesine uygun dokularla tasarlanmıştır (Taylor, t.y.). Taylor'ın yenilikçi yaklaşımları, sanat ve tasarımın çevresel farkındalık yaratma ve ekolojik krizlerle başa çıkma da nasıl etkili bir araç olabileceğini gösterirken, Morton'un teorik çerçevesiyle uyumlu bir şekilde, insan ve doğa arasındaki ilişkiyi eleştirel bir perspektiften yeniden düşünmeyi teşvik eder.



Görsel 6. *Superflux Tasarım Stüdyosu, Mitigation of Shock, Yerleştirme, 2019, Londra (Frearson, 2019)*

Kurucuları Anab Jain ve Jon Ardern olan Superflux tasarım stüdyosunun *Mitigation of Shock* (2019) isimli projesi, karanlık ekoloji kavramıyla güçlü bir bağ kurarak, iklim değişikliği sonrası bir dünyada hayatta kalma ve adaptasyon süreçlerini ele almaktadır (Görsel 6). Proje, gelecekteki kriz senaryolarını somutlaştırarak, insanlığın hipernesneler (örneğin, iklim değişikliği) karşısındaki kırılganlığını ve doğayla iç içe geçmiş karmaşık ilişkisini vurgular. İnsan ve doğa arasındaki ilişkiye dair eleştirel yaklaşımlar, insanın çevre üzerindeki etkisini ve bu etkiyle yüzleşmenin zorunluluğunu ortaya koyarken, Superflux'un bu yerleştirmesi, idealize edilmiş bir doğa fikrini terk eder ve belirsizliklerle dolu bir dünyada yeni yaşam stratejileri geliştirmenin gerekliliğini vurgular. Projenin distopik atmosferi, Timothy Morton'un karanlık ekoloji kavramıyla örtüşerek, çevresel farkındalığın yalnızca estetik bir mesele değil, hayatta kalma sorunsalı olduğunu da gözler önüne serer (Frearson, 2019).

2.2. Ekolojik Restorasyon

1988 yılında kurulan Society for Ecological Restoration - SER (Ekolojik Restorasyon Derneği), ekolojik restorasyonu, “bir alanı tanımlanmış, yerli ve tarihsel bir ekosistemi kurmak amacıyla bilinçli olarak değiştirme süreci” olarak tanımlamıştır (Higgs, 2003:107). Bu sürecin amacı, belirtilen ekosistemin yapısını, işlevini, çeşitliliğini ve dinamiklerini taklit etmektir. Ekosistemlerin tarihsel bağlamına güçlü bir vurgu yapan bu tanım, değişen çevresel koşullar ve ihtiyaçlar doğrultusunda, 2004 yılında SER tarafından daha geniş bir çerçevede yeniden düzenlenmiştir. Bu yeni tanıma göre, “ekolojik restorasyon, bozulmuş, zarar görmüş veya tahrip edilmiş bir ekosistemin iyileşmesine yardımcı olma süreci” olarak ifade edilmiştir (Hourdequin, 2013:120). Böylece ekolojik restorasyon kavramı, belirli tarihsel bir ekosistemi yeniden yaratma amacından, ekosistem işlevlerini iyileştirmeyi ve gelecekteki çevresel koşullara uyum sağlamayı hedefleyen daha esnek bir yaklaşıma evrilmiştir. Bu değişim, ekolojik restorasyonun günümüzde daha geniş bir uygulama alanına sahip olmasını sağlamıştır.

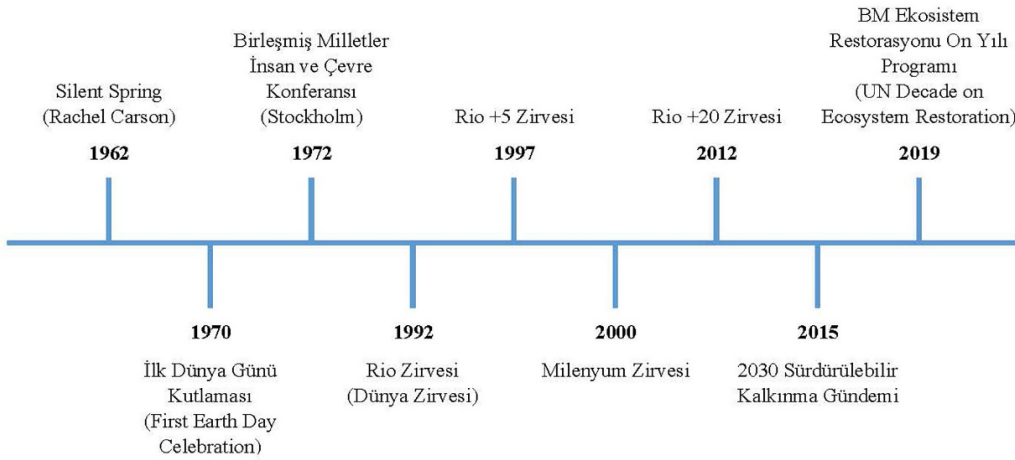


Görsel 7. a) Wisconsin Üniversitesi Madison Arboretumu'nda Curtis Prairie Restorasyon Projesi Kapsamında Yapılan Restorasyon Çalışmaları Sırasında Çekilmiş Arşiv Fotoğrafı. b) Aynı Alanın Restorasyon Sonrası Güncel Görünümü (Society for Ecological Restoration, [SER], t.y)

Ekolojik restorasyon, tarih boyunca çeşitli uygulamalar ve projelerle şekillenmiş ve günümüzde küresel çevre politikalarının önemli bir parçası haline gelmiştir. 1930'lu ve 1940'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde Dust Bowl felaketi sonrası başlatılan tarım alanı iyileştirme çalışmaları ile Avustralya'nın Murray-Darling Havzası'ndaki kuraklık sonrası gerçekleştirilen toprak rehabilitasyon projeleri, doğal kaynak yönetimi ve koruma bağlamında ekolojik restorasyonun öncül örnekleri arasında yer almıştır (Rodriguez, 2024; World Wide Fund for Nature [WWF] Türkiye, 2012). Bununla birlikte, uluslararası ölçekte bilimsel olarak tanımlanmış ilk ekolojik restorasyon projesi ise, 1936 yılında Dr. Theodore Sperry tarafından, Aldo Leopold ve William Longenecker'ın gözetimi ve desteğiyle Wisconsin Üniversitesi'ne bağlı Madison Arboretumu'nda başlatılan

ve hala devam eden Curtis Prairie Restorasyon Projesi olmuştur (Jordan, 2010:99, 107) (Görsel 7). Bu projenin yürütülmesinde önemli katkıları bulunan Aldo Leopold'un A Sandy County Almanac (Bir Kum Yöresi Almanacağı) (1949) isimli kitabı, ekolojik restorasyon alanındaki etik yaklaşımların temel taşlarından biri olarak kabul edilmiştir (Leopold, 2013).

1960'lı ve 1970'li yıllar, birbirinden farklı uluslararası ekolojik organizasyon, sempozyum, kuruluş ve eylemlerin ortaya çıkmasıyla ekolojik yaklaşımların ivme kazandığı dönem olmuştur (Kartal ve Kartal, 2020) (Görsel 8). 1962 yılında Rachel Carson tarafından yayımlanan Silent Spring (Sessiz Bahar) isimli kitap, çevre bilinci, ekosistemlerin korunmasının önemi, politik ve hukuki yönlendirme ile ekolojik yaklaşımların teşviki gibi noktalara dikkat çekerek ekolojik restorasyon çalışmalarının öneminin daha geniş kitlelerce anlaşılmasını sağlamıştır (Carson, 1962). 22 Nisan 1970 yılında ilk Earth Day (Dünya Günü) ABD'de milyonlarca insanın katılımıyla kutlanmış ve çevre farkındalığını artırmak için uluslararası bir harekete dönüşmüştür (Poynting ve Molloy, 2024).



Görsel 8. Küresel Çevre Gündemlerine Ait Seçili Uluslararası Gelişmeler (1962–2019), (Turan Gül, 2025).

1972 yılında Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı, çevre sorunlarına yönelik küresel iş birliğinin temelini atmıştır. Çevreyle ilgili uluslararası düzeyde ilk büyük konferans olan bu etkinliğin önemli sonuçlarından biri Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) kurulması olmuştur (Kayhan, 2013). 1992 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Rio de Janeiro'da düzenlenen United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) (Çevre ve Kalkınma Konferansı) kapsamında gerçekleştirilen Rio Zirvesi, çevre ve kalkınma arasındaki ilişkiyi ele alarak sürdürülebilir kalkınma kavramını küresel gündeme taşımış ve uluslararası iş birliği için önemli bir çerçeve oluşturmuştur. Rio Deklarasyonu'nun 7. İlkesi, devletlerin

ekosistemlerin bütünlüğünü koruma ve onarma sorumluluğunu vurgulamıştır. Ayrıca zirve sırasında kabul edilen Agenda 21 (Gündem 21) eylem planı, bozulmuş ekosistemlerin restorasyonu ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi somut hedefler ortaya koymuştur (Boon, 1992). Rio Zirvesi'nde kabul edilen ilkeler ve eylem planları, ekosistemlerin korunması ve restorasyonu konusunda uluslararası iş birliğini teşvik etmiştir. Bu doğrultuda, Rio Zirvesi +5 (1997), Milenyum Zirvesi (2000), Rio +20 Zirvesi (2012) ve 2030 Gündemi (2015) gibi uluslararası girişimler, bozulmuş ekosistemlerin onarımı ve çevresel sürdürülebilirlik için önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. Günümüzde BM'nin 2021-2030 Ekosistem Restorasyonu On Yılı programı, ekolojik restorasyonu iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybıyla mücadelede kritik bir araç olarak görmektedir (Conferences | Environment and Sustainable Development [UNEP], t.y.).

2.3. Ekolojik Restorasyonda Seramik Kullanımı: Kritik Ekosistemler için Sürdürülebilir Çözümler

Kritik ekosistem terimi, genellikle çevresel duyarlılığı yüksek, biyolojik çeşitlilik açısından zengin ve ekolojik işlevleri bakımından önemli alanları ifade eder. Bu ekosistemler, su arıtımı, karbon depolama, toprak oluşumu ve erozyon kontrolü gibi hayati ekosistem hizmetleri sunar. Ayrıca, nadir veya tehlike altındaki türlerin yaşam alanlarını barındırarak biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunurlar ([DenizBank], t.y.). Ancak günümüzde hem doğal hem de insan kaynaklı tehditler nedeniyle kıyı alanları, ormanlar, sulak alanlar, çayırılar, tatlı su sistemleri ve kurak bölgeler gibi birçok ekosistem ciddi şekilde zarar görmekte; bu da onların işlevlerini sürdürebilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, söz konusu ekosistemlerin korunması ve restorasyonu hem biyolojik çeşitliliğin sürekliliği hem de ekosistem hizmetlerinin devamlılığı açısından kritik bir gereklilik haline gelmiştir.

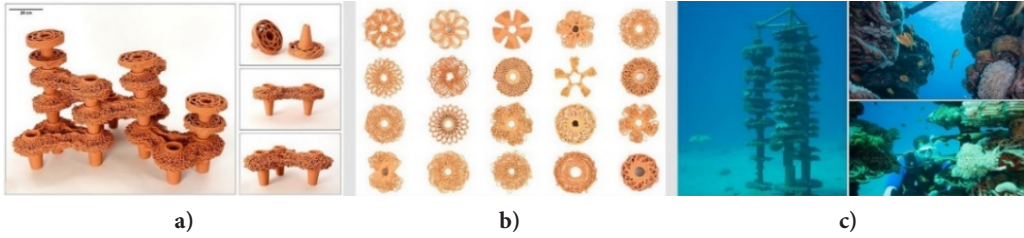
Bu bağlamda seramik malzeme, 1960'lı yıllardan itibaren ekolojik restorasyon projelerinde kullanılan çok yönlü bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Seramiğin kimyasal kararlılığı, biçimlendirme esnekliği ve uzun ömürlü yapısı, uygun üretim teknolojileriyle birleştirildiğinde çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sunabilir. Ayrıca, beton, plastik ve ahşap gibi alternatiflere kıyasla; kullanım sürecinde toksik salınım yapmaması, mikro-habitat oluşumuna elverişli yüzey özellikleri ve doğal çevreyle estetik uyumu sayesinde avantajlıdır. Bununla birlikte, ekolojik restorasyon projelerinde seramik malzemenin kullanımı, doğal ortamlara uyumlu yapısal ve estetik olanaklar sunsa da çeşitli teknik ve çevresel sınırlılıkları da beraberinde getirmektedir. Üretimin ilk aşamasında başlayan bu sınırlılıklar, kil madenciliğinin habitat tahribatı, biyolojik çeşitlilik kaybı ve toprak erozyonuna yol açmasıyla belirginleşir (Muthukannan, vd., 2018:319, 324). Üretim sürecinde ise yüksek enerji ve su kullanımı, toksik gaz salınımı ve fosil yakıt tüketimi gibi

etkenler çevresel tehditleri artırır (Fang ve Chen, 2020:3). Ayrıca, yüksek gözenekliliğe bağlı su emme eğilimi ve diğer beton türlerine kıyasla daha kırılğan bir yapıya sahip olması, seramik esaslı malzemelerin fiziksel zorlanmaların yoğun olduğu alanlarda yapısal dayanımını olumsuz etkileyebilir (O'Reilly ve Willerth, 2024:5, 8). Tüm bu sınırlamalara karşın, çevresel etkileri en aza indirilmiş, sürdürülebilir yöntemlerle üretilen seramik malzeme, ekolojik restorasyon projelerinde zarardan çok fayda sağlayabilecek potansiyele sahiptir denilebilir.

2.3.1. Deniz ekosistemlerinin restorasyonunda seramik kullanımı: Gravity-Stimulated Printing Design (GSPD) Project

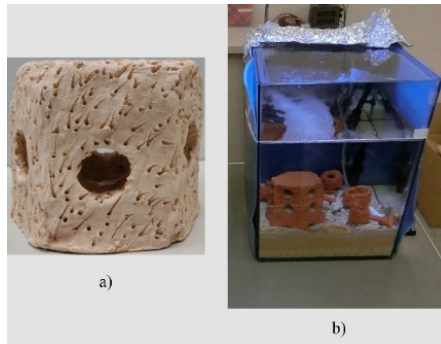
Deniz ekosistemleri, okyanuslar, denizler, kıyı bölgeleri ve bunlarla ilişkili habitatları içeren, biyoçeşitliliğin yüksek olduğu karmaşık ekosistemlerdir. Bu ekosistemler, besin döngüsü, karbon depolama ve iklim düzenleme gibi hayati işlevlere sahiptir. Mercan resifleri, deniz ekosistemlerinin en önemli bileşenlerinden biridir ve kıyı koruma, habitat sağlama ve biyolojik çeşitliliği destekleme açısından kritik bir rol oynar. Ancak mercan resifleri, iklim değişikliği ve okyanus asitlenmesinden kaynaklanan küresel tehditlerin yanı sıra, tarımdan gelen besin ve tortu girdisi, deniz kirliliği, aşırı avlanma ve yıkıcı balıkçılık uygulamaları gibi kara tabanlı kirliliğin yerel etkilerine karşı en savunmasız ekosistemler arasında yer almaktadır (Global Coral Reef Monitoring Network ([GCRMN], 2024). Benzer şekilde, büyük ölçekli fırtınalar ve kasırgalar gibi doğal etkenler de mercan resiflerinin bozulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çok yönlü tehditler, özellikle 20. yüzyılın sonlarından itibaren mercan resiflerinin ekolojik dengesini büyük ölçüde zedeleyerek, koruma ve restorasyon odaklı yaklaşımların uygulanmasını zorunlu kılmıştır.

Mercan resiflerinin restorasyonu, 1960'larda yerel hasarları sınırlı müdahalelerle ele alma çabalarıyla başlamış, 2000'lerde yerel stres faktörlerine odaklanarak mercan fidanlıkları ve yapay yapılarla iyileşmeyi hedeflemiş, 2016'dan itibaren ise mikro parçalanma, larval yayılım ve genetik bankacılık gibi yeni teknolojilerle verimliliği artırmayı ve turizm odaklı projelerde ticarileşmeyi hızlandırmayı amaçlamıştır (National Oceanic and Atmospheric Administration (Goergen vd., 2020). Bu gelişmelerle birlikte, günümüzde mercan resifi onarımında etkili ve sürdürülebilir çözümler arayışı daha da artmış, yeni teknolojik ve mühendislik temelli yöntemlerin önemi iyice belirginleşmiştir. Son yıllarda, geleneksel koruma yöntemlerini tamamlayıcı nitelikteki yenilikçi teknolojiler ve mühendislik uygulamaları ön plana çıkmıştır. Özellikle 3D baskılı terracotta bloklar, ekolojik restorasyon çalışmalarında ilgi çeken ve umut vadeden çözümlerden biri olarak kabul edilmektedir.



Görsel 9: a) GSPD Yöntemi ile Üretilen Modüler Seramik Resif ve Modüler Birim Detayları, b) Yerçekimi Etkili Seramik Baskı Tasarımlarının Kuşbakışı, c) GSPD Yöntemi ile Üretilen Modüler Seramik Resiflerin Su Altı Görüntüleri, (Berman vd., 2023)

Bu doğrultuda, mercan resiflerinin restorasyonu için geliştirilen yenilikçi 3D baskı teknikleri dikkat çekmektedir. Örneğin; İsrail’de gerçekleştirilen bir çalışmada, Technion - Israel Institute of Technology (Haifa) ve Ben Gurion University of the Negev (Eilat Kampüsü) akademisyenleri, mercan resiflerinin restorasyonu için yenilikçi bir 3D baskı yöntemi geliştirmiştir. Gravity-Stimulated Printing Design, GSPD (Yerçekimi Etkili Baskı Tasarımı) adını taşıyan bu yöntem, seramik malzeme ile çalışmayı mümkün kılmıştır. Bu yöntem, yazıcı başlığının hareket yolunu doğrudan kontrol ederek yerçekimini aktif bir tasarım aracı olarak kullanmış ve seramik malzemenin doğal akışını yönlendirmiştir. Böylece, geleneksel 3D baskıdan farklı olarak, daha organik ve çeşitli formlar oluşturulması mümkün olmuştur. GSPD yöntemiyle üretilen modüler seramik yapılar, mercan resiflerinin yapısal karmaşıklığını taklit edecek şekilde tasarlanmıştır; her segmentin benzersiz bir form alması sağlanmıştır. Akabe Körfezi’nde 12 metre derinliğe yerleştirilen prototipler, zamanla mercanlar, balıklar ve diğer deniz canlılarının habitatı hâline gelmiştir (Berman vd., 2023) (Görsel 9). Bu projede seramik, plastik özelliği ve form oluşturma esnekliği sayesinde, doğal mercan resiflerinin karmaşık yapısal özelliklerini taklit ederek hem işlevsel hem de estetik gereklilikleri karşılayan tasarımlar oluşturmaya olanak tanımıştır.



Görsel 10. a) Üretilen Seramik Resif Prototipi, b) Araştırma Kapsamında Laboratuvarda Kurulmuş bir Akvaryum Fotoğrafı (Kalam vd., 2018).

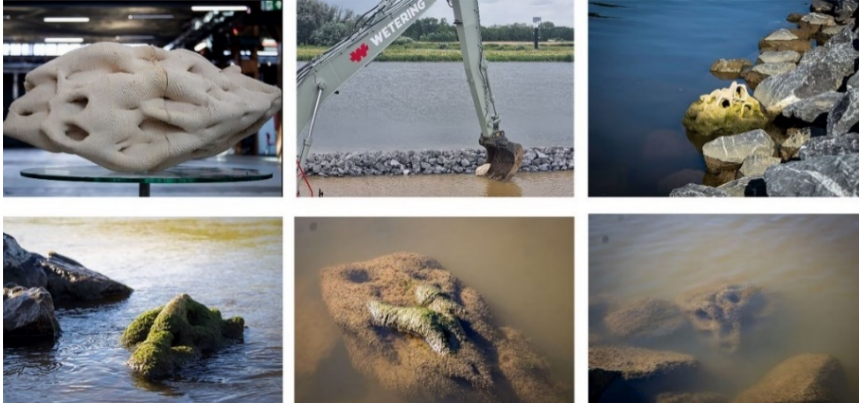
Seramik malzemelerin ekolojik restorasyonda geniş bir deniz canlıları yelpazesi için yaşam alanı oluşturma açısından kritik bir rol oynayabileceğini gösteren başka bir çalışma da çevre dostu yapay resiflerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Japonya'daki Shizuoka Üniversitesi tarafından yürütülen bu araştırmada, altıgen sütun formuna sahip yapay resifler el yapımı seramik prototipler kullanılarak geliştirilmiş ve 3D baskı yöntemi yerine geleneksel şekillendirme ve pişirme süreçleri tercih edilmiştir. Üretilen seramik prototipler, iki farklı akvaryum ortamında test edilmiş ve doğal mercan kalıntıları ile kıyaslanmıştır (Görsel 10). Bu bağlamda, mercan kalıntıları, seramik malzemelerin performansını değerlendirmek ve doğal bir referans noktası sunmak için kullanılmıştır. Bu kıyaslama sonucunda, seramik malzemelerin pH açısından nötr, toksik olmayan ve mekanik olarak dayanıklı olduğu, aynı zamanda plankton ve bentik organizmaların gelişimini destekleyerek deniz ekosistemleri için uygun bir habitat oluşturduğu tespit edilmiştir (Kalam vd., 2018:1). Bu çalışma, seramik malzemenin, plastik özelliği ve sürdürülebilirliği gibi temel avantajlarının yanı sıra, mekanik dayanıklılığı ve erozyona karşı direnci sayesinde ekolojik restorasyon projelerinde yalnızca ekonomik bir çözüm sunmakla kalmayıp, tasarım süreçlerine yenilikçi bir perspektif kazandırabileceğini de ortaya koymaktadır. Özellikle, malzemenin yüksek su absorpsiyon kapasitesi ve mikro düzeydeki gözenekli yapısı, deniz canlıları için ideal bir yaşam alanı sağlarken, altıgen sütun formundaki tasarımların sağlamlık ve dayanıklılık açısından başarılı performans sergilediği gözlemlenmiştir.

2.3.2. Kıyı ekosistem restorasyonunda seramik kullanımı: Maaskracht Projesi ve 3D baskılı seramik gelgit resifleri

Kıyı ekosistemleri, karasal ve sucul alanlar arasındaki ekotonlar olarak tanımlanır ve yüksek biyolojik çeşitlilik ile ekosistem hizmetleri açısından kritik bir rol oynar. Ancak, bu ekosistemler aynı zamanda insan faaliyetleri nedeniyle en fazla değişime uğrayan ve zarar gören alanlar arasındadır. Bu nedenle, kıyı ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi ve restorasyonu hem biyolojik çeşitliliğin korunması hem de insanların refahı açısından büyük bir önem taşımaktadır (Capon, 2020).

Kıyı ekosistemlerinin restorasyonu, doğal dengenin yeniden sağlanması ve biyolojik çeşitliliğin artırılması için dünya genelinde çeşitli projelerle desteklenmektedir. Bu kapsamda, Hollanda'nın Oeffelt bölgesinde, Rijkswaterstaat ve Urban Reef iş birliğiyle yürütülen Maaskracht Projesi, Maas (Meuse) Nehri kıyısındaki erozyonu önlemek ve biyolojik çeşitliliği artırmak amacıyla hayata geçirilmiştir. Maas Nehri restorasyonu, 1993 ve 1995 yıllarındaki büyük taşkınların ardından, nehrin doğal dengesini yeniden kazanması ve taşkın yönetiminin geliştirilmesi amacıyla başlatılmıştır. Bu süreçte taş dolgular, çakıl yatağının güçlendirilmesi ve taşkın yataklarının alçaltılması gibi yöntemlerle akış

dinamikleri desteklenmiş, habitat çeşitliliği artırılmıştır. Hidromorfolojik süreçlerin yeniden canlandırılmasıyla sedimantasyon ve erozyon dengelenmiş, balık popülasyonları ve sucul bitki çeşitliliği artmıştır. Özellikle akıntıyı seven (rheophilic) balık türlerinin sayısı belirgin şekilde yükselmiş, yeni türler bölgeye yerleşmiş ve mevcut popülasyonlar güçlenmiştir. Bu gelişmeler, Maas Nehri ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini önemli ölçüde artırmıştır (Van Looy ve Kurstjens, 2021). Tüm bu çalışmalar, olumlu sonuçlar vermiş olsa da Maas Nehri kıyılarını daha etkili ve uzun vadeli koruma altına almak için yenilikçi çözüm arayışlarına devam edilmiştir. Bu bağlamda, Rijkswaterstaat ve Urban Reef iş birliğiyle yürütülen Maaskracht Projesi kapsamında Maas Nehri kıyısındaki erozyonu önlemek ve biyolojik çeşitliliği artırmak amacıyla 3D baskı teknolojisi kullanılarak üretilen pişirilmiş kil malzemeden yapılmış gelgit resifleri (tidal reefs) kıyı koruma yapıları olarak kullanılmıştır (Görsel 11).



Görsel 11. Maaskracht Projesi kapsamında 3D baskılı seramik gelgit resiflerinin tasarımı, yerleştirilmesi ve doğal ekosistemlerle uyum sağlayarak biyolojik çeşitliliği artırma sürecini gösteren fotoğraflar (Urban Reef, t.y.).

Proje kapsamında yapılan analizlerde gözenekli 3D baskı seramik resiflerin, geleneksel taş dolgu yöntemlerine kıyasla birçok avantaja sahip olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, aynı hacimdeki taş dolguya oranla, 3D baskılı seramik yapıların yüzey alanı yaklaşık 4,5 kat daha büyüktür ve bu sayede mikrohabitat çeşitliliği ile biyolojik çeşitliliği destekleyen karmaşık boşluklar barındırır. Ayrıca, bu seramik yapılar, taş dolgulardan çok daha hafif olduğu için lojistik açıdan kolaylık sağlamakta ve ekosistemlere müdahale sırasında çevresel yükü azaltmaktadır. Bu özellikleriyle seramik, biyolojik çeşitliliği destekleyen uzun vadeli ve çevre dostu bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Proje, aynı zamanda yerel kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanılmasını hedeflemekte ve bölgedeki biyokütle ve sedimentlerin yeniden değerlendirilmesini içeren sürdürülebilir bir gelecek vizyonu taşımaktadır ([Urban Reef], 2024). Henüz pilot aşamada olan bu yenilikçi

yaklaşım, projenin sonunda elde edilecek veriler ışığında değerlendirilecektir. Bu değerlendirme, seramik yapıların diğer yöntemlere göre hangi koşullarda daha avantajlı ve etkili olduğunu belirlemeye yönelik önemli veriler sunacaktır denilebilir.

2.3.3. Kentsel resif restorasyonunda seramiğin kullanımı: Rain Reef-Blue City Project (Rotterdam)

Kentler, karasal, tatlı su ve kıyıl ekosistemlerle iç içe geçmiş, insan etkisinin baskın olduğu sosyo-ekolojik sistemlerdir. Günümüzde aşırı kentleşmenin bir sonucu olarak, bu sistemlerde artan beton ve asfalt yüzeyler doğal su döngüsünü bozarak yeşil alanların azalmasına ve ekosistem dengesinin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu durum, özellikle suyun doğal akışının engellenmesi ve yüzey akışının artması gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Yağmur suyu yönetimi, bu sürecin yarattığı sel, taşkın ve mikro iklim bozulmalarını önlemeye yönelik sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Özellikle kentlerdeki geleneksel altyapı sistemlerinin yetersiz kaldığı alanlarda, yeşil altyapı çözümleri (yeşil çatılar, yağmur bahçeleri ve geçirgen yüzeyler) su akışını düzenleyerek hem taşkınları önler hem de ekosistemlerin yeniden canlanmasını destekler. Ayrıca, yağmur suyunun buharlaştırılmasıyla kent içindeki ısı adası etkisini azaltarak mikro iklimin iyileşmesine katkıda bulunur (Dinçer ve Yılmaz, 2022).



Görsel 12. Rain Reef - BlueCity projesinde kullanılan seramik yapılar (Urban Reef, t.y.)

Söz konusu sorunlara çözüm üreten güncel bir uygulama olarak, Urban Reef'in önde gelen projelerinden biri olan Rain Reef - BlueCity, hem yağmur suyu yönetiminin hem de mikroiklim iyileştirme uygulamalarının bir arada değerlendirildiği dikkat çekici bir örnek sunmaktadır (Görsel 12). Haziran 2022 - Aralık 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilen Rain Reef – BlueCity projesi, kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliği artırmak ve

ekolojik restorasyonu desteklemek amacıyla uygulanmıştır. Rotterdam'da hayata geçirilen bu proje, seramik malzemelerin çevre dostu özelliklerini ve yenilikçi tasarımını kullanarak kentsel resifler oluşturmayı hedeflemiştir. Proje kapsamında, yağmur suyunu toplamak ve biyolojik çeşitliliği desteklemek için seramikten yapılmış dört benzersiz resif geliştirilmiştir. Bu resifler, çevrelerinden ortalama iki derece daha serin mikro iklimler yaratarak hem bitki hem de hayvan yaşamını destekleyen bir ortam sunmuştur. Seramik malzemelerin toksik olmaması, pH uyumu ve dayanıklılığı sayesinde, bu yapılar kentsel alanlardaki ekosistemlerin yeniden canlanmasına katkıda bulunmuş; bu yönüyle kritik ekosistemlerin restorasyonunda seramiğin oynadığı rolü göstermiştir (Urban Reef, t.y.). Rain Reef projesi, yağmur suyunun yönetimini optimize ederken seramik malzemelerin çevre dostu ve estetik işlevselliğini vurgulamış, yapay resiflerin işlevselliğini deniz ortamlarının ötesine taşıyarak kentsel yaşam alanlarına entegre etmenin mümkün olduğunu kanıtlamıştır. Hibrit tasarımıyla disiplinler arası bir yaklaşımı yansıtan proje, kentsel resiflerin çevreye duyarlı bir şekilde oluşturulmasının başarılı bir örneğidir.

3. SONUÇ

Ekolojik temelli tasarım, 19. yüzyılın sonlarında doğanın döngülerini anlamaya yönelik bilimsel çabalarla başlamış ve Ernst Haeckel'in ekoloji kavramını tanımlamasıyla teorik bir temel kazanmıştır. Sanayi Devrimi sonrası hızlanan endüstrileşmeye paralel olarak artan çevresel sorunlar, doğal süreçleri taklit ederek çevresel sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlayan ekolojik temelli ilk tasarım uygulamalarının gelişmesine zemin hazırlamıştır. 1930'lu ve 1940'lı yıllarda ABD'nde ve Avusturya'da oluşan çevresel krizler, toprak kaybını önlemek, su kaynaklarını korumak ve doğal dengeyi yeniden sağlamak amacıyla geniş ölçekli ekolojik restorasyon projelerinin hayata geçirilmesine neden olmuş ve bu alandaki erken uygulamalara zemin hazırlamıştır. 1960'lardan itibaren, çevresel farkındalığın artması ve yeni teorik yaklaşımların gelişmesi, ekolojik restorasyonun sanat ve tasarım disiplinleriyle daha fazla etkileşim içine girmesine zemin hazırlamıştır. Bu dönemde, doğayla uyumlu üretim süreçleri, biyolojik çeşitliliği destekleyen tasarım yaklaşımları ve sürdürülebilir malzeme kullanımı ön plana çıkmıştır. 21. yüzyılda çevresel sorunların bireysel algıyı aşan büyüklük ve karmaşıklığı, ekolojik tasarım yaklaşım ve uygulamalarının daha eleştirel ve yenilikçi bir perspektifle ele alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu dönemde, teknoloji ve bilimsel yenilikler, ekolojik tasarımın restorasyon projelerine entegrasyonunu artırmış; bozulmuş ekosistemlerin onarımında daha etkili ve sürdürülebilir çözümler sunulmasını sağlamıştır.

Günümüzde küresel iklim krizi ve ekolojik sürdürülebilirlik ihtiyacı, yeni malzeme

teknolojilerinin ve doğa ile uyumlu tasarım yaklaşımlarının önemini her zamankinden daha fazla gündeme getirmektedir. Bu bağlamda incelenen örneklerde, seramiğin sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler sayesinde ekolojik restorasyon süreçlerinde etkin biçimde yer aldığı gözlemlenmektedir. Örneğin, mercan resiflerinin restorasyonunda kullanılan 3D baskılı seramik yapıların, deniz canlıları için yeni habitatlar sağladığı ve doğal resiflerin işlevselliğini artırdığı literatürde ifade edilmektedir. Benzer şekilde, Maas Nehri kıyısındaki gelgit resiflerinin, mikrohabitat çeşitliliğini destekleyen detaylı tasarımı ve hafif yapısıyla çevresel müdahaleyi minimize ederek sürdürülebilir bir çözüm olarak öne çıktığı belirtilmektedir. Kentsel mikro iklimin iyileştirilmesine yönelik geliştirilen Rain Reef - BlueCity projesinde ise, seramiğin kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliği artıran ve ekolojik döngüleri destekleyen bir malzeme olarak değerlendirildiği görülmektedir. Tüm bu örnekler üzerinden, seramiğin ekolojik restorasyon süreçlerinde yalnızca bir yapı malzemesi değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliği destekleyen ve kritik ekosistemlerin yeniden canlandırılmasına katkı sunan yenilikçi bir araç olarak ele alındığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ak, G. K. (2021). Sanat ve doğa ilişkisinde ekolojik yaklaşımlar. *Sanat ve İnsan Dergisi*, 5(1), 247-260, <https://zenodo.org/records/13307441>.
- Berman, O., Weizman, M., Oren, A., Neri, R., Parnas, H., Shashar, N., & Tarazi, E. (2023). Design and application of a novel 3D printing method for bio-inspired artificial reefs. *Ecological Engineering*, 188, 106892. <https://doi.org/10.1016/j.eco-leng.2023.106892>
- Blandino, G. (2021, 16 Nisan). The incredible naturalist's drawings that inspired Art Nouveau. blog. by Pixartprinting. <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/drawings-ernst-haeckel/>
- Boon, F. K. (1992). The Rio Declaration and its influence on international environmental law. *Singapore Journal of Legal Studies*, 347-364. <http://www.jstor.org/stable/24866183>.
- Boyacıoğlu, C., Ayıran, N., Gökmen, P. G. (2020). Antroposen-İnsan çağı. *Mimarlık Dergisi* 412, Mart-Nisan 2020, 32-35. <http://www.mo.org.tr/>
- Capon, J. S. (2020). Riparian Ecosystems. M. I. Goldstein, D. A. DellaSala (ed.). *Encyclopedia of the world's biomes içinde*, (2020, s.s. 170-176). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11884-6>
- Carson, R. (1962). *Silent spring*. ABD: A Crest Reprint. https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Silent_Spring-Rachel_Carson-1962.pdf.
- Chu, H. Y. (2018). The evolution of the fuller Geodesic Dome: From black mountain to drop city. *Design and Culture*. 10(2), 121-137. <http://doi.org/10.1080/17547075.2018.1466228>
- Cucuzzella, C. (2021). Making the invisible visible: Eco-Art and design against the Anthropocene. *Sustainability*, 13(7), 3747. <https://doi.org/10.3390/su13073747>
- Denes, A. (t.y.). Agnes Denes. <http://www.agnesdenesstudio.com/works7.html> adresinden erişilmiştir.
- DenizBank. (t.y.). Ekosistem nedir ve ekosistemi oluşturan unsurlar nelerdir? DenizBank. <https://www.denizbank.com/blog/surdurulebilirlik/ekosistem-nedir-ve-ekosistemi-olusturan-unsurlar-nelerdir-109491> adresinden erişilmiştir.

- Dinçer, T., Yılmaz, S. (2022). Yeşil altyapı sistemleri kapsamında yağmur suyu yönetimi: Malatya kent örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1088–1101. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1177827>
- Fang, M., ve Chen, H. (2020). Advantages and disadvantages of ceramic materials in environmental art. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 782, 022030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/782/2/022030>
- Frearson, A. (2019, 31 Aralık). Superflux imagines how we might adapt to life in a climate crisis. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2019/12/31/superflux-mitigation-of-shock-climate-change-future-imagined/>
- Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN). (2025). The status of coral reefs of the world: 2025. GCRMN. <https://gcrmn.net/2025-report/>
- Goergen, E.A., Schopmeyer, S., Moulding, A.L., Moura, A., Kramer, P., Viehman, T.S. (2020).
- Coral reef restoration monitoring guide: Methods to evaluate restoration success from local to ecosystem scales. National Centers for Coastal Ocean Science (NOAA). <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/27135>
- Higgs, E. (2003). *Nature by design: People, natural process, and ecological restoration*. MIT Press
- Hourdequin, M., (2013). Restoration and history in a changing world: A case study in ethics for the Anthropocene. *Ethics and the Environment*, 18(2), 115-134. Indiana University Press. <https://www.jstor.org/stable/10.2979/ethicsenviro.18.2.115>
- Jason deCaires Taylor, (t.y.). Jason deCaires Taylor. <https://underwatersculpture.com/>
- Jordan, W. R. III. (2010). Some reflections on Curtis Prairie and the genesis of ecological restoration. *Ecological Management & Restoration*, 11(2), 99-107. <https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2010.00526.x>
- Kalam, M. A., Mieno, T., Casareto, B. E. (2018). Development of artificial reefs using environmentally safe ceramic material. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 8(1), Article 253. <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000253>
- Kallipoliti, L. (2018). History of Ecological Design. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.144>

- Kartal, H.B. ve Kartal A.N. (2020). İnsan ve doğa ilişkisi üzerine bir deneme: 1960 ve 1970’lerde çevrecilik yaklaşımları. *Kent akademisi, Kent Kültürü ve Yönetimi Dergisi*. 13(4). 761-770. <https://doi.org/10.35674/kent.795143>
- Kayhan, A. K. (2013). Birleşmiş milletler çevre programı üzerine bir inceleme. *Public and Private International Law Review*, 33 (1), 61 – 90. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/411325> adresinden erişilmiştir.
- Lang, M. (2020, Ocak 18). Green rivers and contaminated soil. [Konferans Sunumu], *Mansions of the Future Symposium*, Lincoln, Birleşik Krallık’ta sunulan bildiri. <https://www.researchgate.net/publication/344872874>.
- Leopold, A. (2013). Bir kum yöresi almanağı. (U. Özdağ (Çev.). Hacettepe Üniversitesi Yayınları (1949).
- McHarg, Ian L. (1992). *Design with Nature*. New York: J. Wiley.
- Morton, T. (2021). *Hipernesneler* (S. Gürses, Çev.). Tellekt Yayınları (2013).
- Muthukannan, M., Sankar, A., Ganesh, C. (2018). The environmental impact caused by the ceramic industries and assessment methodologies. *International Journal for Quality Research*, 13(2), 315–334. <https://doi.org/10.24874/IJQR13.02-05>
- Odum, H. T. (1971). *Environment, power, and society*. Wiley-Interscience.
- O’Reilly, L. M., Willerth, S. M. (2024). Evaluating the biocompatibility of ceramic materials for constructing artificial reefs. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1292584. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1292584>
- Pimm, S. L., Smith, R. L. (2025). *Ecology*. Encyclopedia Britannica. 15 Ocak 2025 tarihinde, <https://www.britannica.com/science/ecology>
- Poynting ve Molloy (2024, 22 Nisan). What is Earth Day, when is it and what has it achieved? BBC. <https://www.bbc.com/news/science-environment-68610073>
- Rodriguez, E. (2025). *Dust Bowl*. Encyclopedia Britannica Editörleri. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/place/Dust-Bowl>
- Shu-Yang F., Freedman B., Cote R. (2004). Principles and practice of ecological design. *Environmental Reviews*, 12 (2), 97-112. 10.1139/a04-005.
- Society for Ecological Restoration, (t.y.). ABD: Wisconsin: Curtis Prairie Restoration. Society for Ecological Restoration, <https://old.ser-rrc.org/project/usa-wisconsin-curtis-prairie-restoration/>

- Sus, V. (2024, 26 Ağustos). What is Timothy Morton's dark ecology? TheCollector. <https://www.thecollector.com/what-is-timothy-morton-dark-ecology/>
- Türk Dil Kurumu, (t.y.). Ekoloji. sozluk.gov.tr Güncel Türkçe Sözlük içinde. 10, Ocak, 2025, tarihinde <https://sozluk.gov.tr/?ara=ekoloji> adresinden erişilmiştir.
- United Nations (UNEP). (t.y.). Conferences: Environment and Sustainable Development. United Nations. <https://www.un.org/en/conferences/environment>
- Urban Reef (2024, 18 Eylül). Projects. Urban Reef. <https://www.urbanreef.nl/projects>
- Van Looy, K., Kurstjens, G. (2020). 30 years of river restoration: Bringing the River Meuse alive! European Centre for River Restoration (ECRR). <https://www.ecrr.org/Publications/id/1090>
- Van der Ryn, S., Cowan, S. (1996). Ecological design. Island Press.
- Whole Earth Index (t.y.). Whole earth index. 5 Mart, 2025 tarihinde <https://wholeearth.info/> adresinden erişilmiştir.
- World Wide Fund for Nature [WWF] Türkiye, (2012, 2 Şubat). Çılgın rüyalar, boş umutlar: Havzalar arası su transferi. Sivil Toplum Geliştirme Merkezi. <https://www.stgm.org.tr/sites/default/files/2020-09/cilgin-ruyalar.-bos-umutlar-havzalar-ara-si-su-transferleri.pdf>