


Öz

Biyoplastikler, kaynakların daha verimli kullanılması, atık döngüsünün azaltılması ve karbon gazı emisyonlarının azaltılması gibi petrol bazlı eşdeğerlerine göre önemli avantajlara sahiptir. Bu makale, ekolojik bir duyarlılıktan yola çıkarak döngüsel ekonominin önemli bileşenlerinden biri olan biyoplastiklerin doğasının deneyimlenmesine odaklanmaktadır. Günümüzde bu yeni malzemeler mühendisler ve tasarımcılar için sanatsal bir deney alanı haline gelmektedir. Makalede, mimarlıkta yeni bir malzemenin keşfi için tasarımcılar tarafından el yapımı olarak üretilen biyoplastiklerin doğası, Jose Ortega y Gasset'in teknolojinin üç aşaması olarak yorumladığı "simyacı, zanaatkar ve teknisyen" kavramları üzerinden incelenmektedir. Çalışmada, Stevens'in nişasta bazlı biyoplastik formülü esas alınarak nişasta, sirke, su, gliserin ve çeşitli biyopolimer malzemelerinin ana bileşenlerinin karıştırılmasıyla üretilen biyoplastikler 2016-2019 yılları arasında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi ve MEF Üniversitesi'nde mimarlık ve tasarım öğrencileriyle düzenlenen stüdyo ve çalışmalar kapsamında incelenmektedir. Her iki çalışmada da öğrencilerin özellikle simyacı ve zanaatkar rolleri üstlenerek yaratım sürecinde malzeme ile etkileşime girerek keşifler yapması sağlanmakta ve malzeme tasarımında dokunsal deneyimler elde edilmektedir. Günümüzde özellikle yapı malzemelerinin üretim süreçleri, tasarımcının dokunsal deneyiminden çok temsiller yoluyla öğrenilmekte/öğretilmektedir. Simyacı ve zanaatkar kavramlarının çalışmalarındaki görünürlüğü, teknolojik çağda *Homo Faber* haline gelen tasarımcının dokunsal deneyiminin mimarlık ve tasarım eğitimine olumlu yansımalarını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda günümüz teknoloji çağında, elle dokunsal olarak deneyimlenen malzeme deneyiminin, bir teknisyenin bakış açısıyla tasarımı odaklı düşünme (*design thinking*) yöntemlerine entegre edilmesi giderek önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoplastik, Malzeme Deneyimi, Haptik Deneyim, El Yapımı Malzeme, Simyacı/Zanaatkar/Teknisyen.

Ortega Y Gasset'in Simyacı/ Zanaatkar/Teknisyeninin Biyoplastik Bağlamında Değerlendirilmesine Deneysel Bir Yaklaşım

An Experimental Approach To The Evaluation Of Ortega Y Gasset's Alchemist/Crafts[Person]/Technician In The Context Of Bioplastics

 Esen Gökçe Özdamar

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Tekirdağ, Türkiye
Başvuru tarihi/Received: 19.02.2021, Revize tarihi/ Revised: 13.10.2023, Kabul tarihi/Final Acceptance: 17.10.2023

Extended Abstract

This article is on understanding the properties of bioplastics, one of the key elements of the circular economy that results from ecological awareness. With their numerous benefits, bioplastics are currently not only one of the cutting-edge building materials in the circular economy but are also being used by many designers, artists, and architects as a means of artistic exploration, experimentation, or expression through alchemy. Bioplastics are materials made from biomass that are biodegradable or biocompatible and contain at least one biopolymer and a plasticizer. Compared to petroleum-based plastics, bioplastics offer many benefits, such as better resource usage, a shorter waste cycle, and lower carbon dioxide emissions. These novel materials are currently used by engineers and designers as a means of artistic experimentation.

This article focuses on the perception, experience, and insightful aspects of starch-based bioplastics produced as handmade surfaces or three-dimensional materials in architecture realized within an interdisciplinary research process, covering the fields of civil engineering, chemistry, and architecture. In order to comprehend the nature of bioplastics, the research highlights concerns about how designers acquire material experience through the undetermined nature and process of production. The research is also built on experiencing and comprehending the paradoxical character of bioplastic, such as its biodegradable qualities, strengths and its decaying nature in the environment in artistic projects.

*The work is examined in light of the formlessness caused by the haptic experience of the students' handcrafted starch-based bioplastics. Based on Stevens' starch-based bioplastic formula, these bioplastics were experimented with 30-40 architecture students in the Architectural Design I-II studio course at Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Architecture, during the 2016-2017 academic year. Besides, various experiments were also conducted in a workshop with 12 architecture and design students at MEF University in 2019. Both studios combined starch, vinegar, water, glycerin, and salt with agar agar, wood ash, tragacanth, sawdust, gum arabic, resin, sunflower oil, sea grass (*Posidonia oceanica*), coffee grounds, egg white, lemon juice, fruit waste, and other biopolymers or fibers. These mixes were cooked in various amounts and dried for 3-4 days in stainless steel, balsa, and cardboard molds, as well as on rubber and fabric surfaces, in an oven at 40-60 °C. The nature of bioplastics experimented with and produced by the students aims to discover new material in architecture within the context of the roles of the designer today, within the concepts of "alchemist, crafts[person], and technician" as interpreted by Jose Ortega y Gasset as the three stages of technology.*

In both studies, students interacted with the material during the creation process and made discoveries, particularly by assuming the roles of alchemist and craftsman, resulting in haptic experiences in material design. In architecture education situations where digital design is becoming more common, knowledge of the source of materials and raw materials has grown. In this context, especially in a technological age where the production processes of building materials are only learned or taught through their representations rather than experiencing them with the designer's direct material experience by haptic experience and the integration of this experience into design thinking methods from a technician's perspective are today.

The prevailing paradigm, which regards natural raw materials as limitless consumable and transformable resources, fosters the technician's drive and desire to control nature. A propensity and approach to nature supporting human aspirations by changing them into activities and requirements such as generating, capturing, and inventing the new is required for such an approach, in which nature is the resource and technology is instrumental. On the other hand, such an approach provides autonomous and personalized material experiences in which the designer can experience the cause while controlling their own actions, which Karana et al. refer to as a "dynamic material experience." This includes the ambiguity between technology and material experience, which produces different effects and results for different designers at different times and places. In architecture, perceiving and interacting with handmade materials gives designers crucial experiences in a variety of domains, ranging from space shaping to material origins. This technique can progress from a technician process in which the architect controls and oversees the materials in design to a process with a more holistic awareness and a focus on learning from material interaction.

*Therefore, the presence of the notions of alchemist and craftsman in the studies demonstrates the positive effects of the designer's haptic experience, which has evolved into *Homo Faber* in a technological age, on architecture and design education. Confronting the random spontaneity of substances or materials as an alchemist or craftsman and observing and contributing to the metamorphosis of matter can be valuable experiences for both designers and aspiring designers. In a world where the designer has become a technician and their resources are becoming increasingly scarce, this approach can assist in establishing a more balanced production-consumption cycle.*

Keywords: Bioplastic, Material Experience, Haptic Experience, Handmade Material Production, Alchemist, Crafts[Person], And Technician.

Cite this article as: Özdamar EG. Ortega Y Gasset'in Simyacı/Zanaatkar/Teknisyeninin Biyoplastik Bağlamında Değerlendirilmesine Deneysel Bir Yaklaşım. Tasarım Kuram 2023;19(40):499-516.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

1. GİRİŞ

“..bir malzemeye dair algımız sadece kısmen görsel bilgiden oluşur. Her birimiz malzemeye karşılaşmamıza anılar ve çağrışımlarımız katarız, böylece her birimizin bir malzemeyi nasıl gördüğü, içsel hayal gücümüz ile malzemenin kendisi arasında bir yerde varolur. Fiziksel malzeme hiçbir zaman izole bir şey değildir; her zaman kültürel ve fiziksel bağlamı, tarihi ve yapma pratikleri ile ilişki içindedir ve yorumlama biçimine göre her zaman kişisel olacaktır” (Dernie ve Gaspari 2016, xi).

Teknoloji konusuyla ilgilenen düşünürlerden Ortega y Gasset’in, *Meditations on Techniques* (1941) adlı kitabında ifade ettiği gibi “teknik” olan öncelikle insan olmakla ilgilidir. İnsanlar keyiften konfora kadar tüm temel ihtiyaçlarını karşılamamanın ötesinde ve ondan farklı olarak teknolojiyi üretir. Teknoloji, “insanın doğaya veya koşullara tepkisidir” (Ortega y Gasset 1941, 95). Teknoloji, insan ihtiyaçlarının her koşulda karşılanmasını garanti altına almak için ortaya çıkan gereksinimleri ortadan kaldırmayı amaçlayan bir eylemdir. Ortega y Gasset’in insanın ihtiyaçlarının ötesinde kendi iradesiyle çevresini şekillendirme eğilimi olarak yorumladığı teknolojiyle teması geçen insan, aynı zamanda dokunarak, yüzleşerek edindiği bilgi ve deneyime dayanarak fiziksel bir dünyada anlam üretmeye başlar. Bu anlamda teknoloji, insanı muhtaç ve zorunlu kılan bir üretim eylemi olarak doğanın reformudur (Ortega y Gasset 1941, 95).

La Vine’a göre, mimarlıkta teknoloji, yalnızca bir yapının performansını hesaplamayı değil, aynı zamanda benzersiz ve temel olanın ana formunu ortaya çıkarmayı ve binanın tasarımında anlam üretmek için “doğal gücünü” yeniden kazanmayı amaçlamaktadır (La Vine 2001, xviii-xix). Yaşadığımız mekanlarda var olan teknolojiler aynı zamanda doğanın gücünün fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak insan varoluşuna bir güç dengesi içinde aracılık eden metaforik bir düşünceyi de ifade etmektedir (La Vine 2001, xviii-xix, 3). Tasarımda teknolojinin görünürlüğü,

hayata dair merak ve keşfetme duygusuyla el uygulamalarından alet kullanımına kadar pek çok ölçek ve yöntemle gerçekleşmektedir.

Mimarlık tarih boyunca bilim ile sanatın, inşaat ile teknolojinin kesişiminde bir uygulama olarak görülmüştür. Geçmişte, mimarın/zanaatkarın, inşaat süreci üzerinde üzerinde tam kontrole sahip olduğu yaygın olarak kabul görmüştür. Ancak Endüstri Devrimi ile birlikte mimar/tasarımcı, zanaatkar/üreticiden ayrılarak teknik bir rol üstlenmiştir (Armstrong, 2001, 503). Bu, mimar/tasarımcının malzemeye ilişkisine ilişkin zanaatkar uygulamalardan, tasarlanan ve icat edilen malzemelerin tasarıma entegre edilmesine yönelik bileşen düzeyindeki endüstriyel ve seri üretim uygulamalarına doğru evrilmiştir. Ancak diğer yandan teknolojinin de etkisiyle böyle bir değişim, Ortega y Gasset’in teknisyen kavramı bağlamında mimarlığın entelektüel bir disiplin olarak algılanması üzerinde daha güçlü bir etki yaratmıştır.

Günümüzde mimarlık uygulamaları ve eğitim çerçevesinde malzemelerle deneyim yoluyla yüzleşmek giderek önem kazanmaktadır. Teknolojinin yeni arayışlara yol açtığı buluş odaklı yaklaşım ve eğilimler, mühendislerin yanı sıra mimar ve sanatçıların da pratiği haline gelmiştir. Bu bağlamda mimarı, tasarımcıyı ve sanatçıyı simyacıya, zanaatkara ya da teknisyene dönüştüren süreçler artan bir eğilimle daha görünür olmaya başlamıştır.

Günümüzde birçok mimarlık okulunda öğrenciler, malzeme alanı derslerinde deneysel malzeme çalışmaları ile karşılaşmakta ve tasarım düşüncesi ile etkileşimlerinde, malzeme tamamen teknik özellikleri veya performansı açısından tartışılmakta veya okulda üretilen uygulama ve uygulamalar aracılığıyla öğrenilmektedir. Ancak malzemelerin deneyimlenmesine yönelik deneysel çalışmalar ve tasarımlar, tasarımcı adaylarının malzemelerin keşfine ilişkin tasarım yöntemleri geliştirme konusunda farkındalık geliştirmelerine yardımcı olabilir. Bu amaçla yurt dışında mimarlık ve tasarım eğitiminde disiplinlerarası

etkileşimle lisansüstü programlarda ve laboratuvarlarda araştırmaya dayalı deneysel tasarımlar yapılmaktadır. Bu araştırmalar tasarım stüdyolarında malzemeleri sadece teknik özellikleri açısından değil, keşfetme ve deneyimleme yaklaşımıyla ele alınmaktadır. Örneğin Delft Teknik Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü'nde *Material Driven Design* lisansüstü dersi kapsamında malzemelerin anlamı ve duyuşal deneyimine yönelik biyobazlı malzeme üretimi gerçekleştirilmektedir (*TU Delft (t.y.)*). Benzer şekilde, Institute for Advanced Architecture of Catalonia (*IAAC*) Fab Textiles atölyesinde tekstilde küresel bir inovasyon ekosistemi için jelatin bazlı biyoplastik numuneler üzerindeki malzemenin doğasını bilim, zanaat ile anlamak için çeşitli ve benzer deneysel çalışmalar yürütülmektedir (*FabTextiles 2017*). M.I.T. Mimarlık Bölümü'nde ise disiplinlerarası bir tasarım araştırma merkezi olan Self-Assembly adlı laboratuvarında kendinden montajlı ve programlanabilir malzeme teknolojilerindeki araştırma ve deneyimlerle yenilikçi malzeme tasarımı çalışılmaktadır (*Self-Assembly Lab (t.y.)*). Texas Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde 2014 yılında düzenlenen bir atölyede, biyobozunur plastikler ve %100 yenilenebilir, kompostlanabilir malzemelerin dijital fabrikasyon ve CNC yönlendirmeli akrilik kalıplara dökülmesiyle biyoplastikler üretilmiştir. Özel olarak tasarlanmış yarı saydam biyoplastik levhalardan yapılan heykelsi formlar, sağladıkları sürükleyici deneyimler nedeniyle malzemenin akışkanlık ve işlenebilir şeffaflık gibi estetik davranışlarını gözlemlemek amacıyla atölyede gerçekleştirilmiştir (*UTSOA 2014*). Marilu Valente'nin Westminster Üniversitesi'nde mimarlık alanında *BioPlastic Morphologies* başlıklı yüksek lisans çalışması kapsamında, el yapımı nişasta bazlı biyoplastikler kullanılarak tuğla ve çeşitli yüzeyler gibi üç boyutlu malzemeler tasarlanmıştır (*Valente 2013*). Oxford Brookes Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde gerçekleştirilen bir başka lisansüstü çalışmasında ise biyoplastik malzeme ve çelik donatı ile

güçlendirilerek yapısal ve yalıtkan kompozit duvar tasarımı gerçekleştirilmiştir (*Jones (t.y.)*).

Geçmişte Bauhaus eğitiminde olduğu gibi, el deneyiminin önem kazandığı, malzeme ve onun kimyasıyla fiziksel yüzleşmenin yer aldığı eğitim yöntemleri, başka bir deyişle görme okulundan dokunma okuluna kayan tasarım pratikleri birçok yeniliği ortaya çıkarmıştır. Sanat alanında Focillon ve Dewey'in yorumladığı şekliyle tasarımcının düşünme ve yansıtma süreçlerine katılma ve malzemeye dahil olma sürecindeki rolü önem kazanmıştır. Karana, Barati, Rognoli ve Zeeuw van der Laan (*2015a, 38*)'in belirttiği gibi "malzeme odaklı tasarım" yöntemi (*MDD: Material Driven Design*), tasarımcılara malzemeleri keşfetme konusunda deneyim kazanma konusunda önemli bir fayda sağlamaktadır. Bu yaklaşım, ürün ve malzeme arasındaki yakın etkileşimi, malzemelerin teknik ve duyuşal özelliklerini anlama konusunda tasarımcılara yol göstermektedir. Malzemelerin fiziksel etkileşimi veya elle müdahale ve malzemelerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan estetik deneyimler, yaratıcı süreci olumlu yönde etkilemektedir (*Karana, Pedgley ve Rognoli 2015 b, 17; Parisi, Rognoli ve Sonneveld 2017, S1169*).

2. YÖNTEM

Mimari tasarım eğitiminde biyoplastik gibi doğal hammaddelere dayalı yeni geliştirilen bir malzemenin şekillerinin araştırılması giderek artmaktadır. Bu çalışmada, geniş bir çeşitliliğe sahip biyoplastikleri anlamaya yönelik deneylerin ve deneysel arayışların mimarlık ve tasarım pedagojisine yapabileceği katkının önemi vurgulanmaktadır. Çalışmada, günümüzde giderek ön plana çıkan, döngüsel ekonominin önemli bileşenlerinden biri olan ve petrol bazlı türevlere göre önemli avantajlara sahip olan biyoplastiklerin doğasını mimari açıdan anlamak için disiplinler arası ve deneysel bir araştırma ele alınmaktadır. Çalışmada yeni bir malzeme olarak nişasta bazlı biyoplastikler Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Güzel Sanatlar,

Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde 2016-2017 yarıyılında yürütülen Mimari Tasarım I-II stüdyosu dersinde 30-40 arasında mimarlık öğrencisi ile yapılan denemeler ve 2019 yılında MEF Üniversitesi'nde 12 mimarlık ve tasarım öğrencisiyle gerçekleştirilen bir çalıştay kapsamında merak ve keşifle gelişen deneysel üretimler incelenmiştir. Öğrenciler tarafından stüdyo ve atölyede el yapımı olarak üretilen nişasta bazlı biyoplastikler, dokunsal deneyimin getirdiği biçimsizlik olgusu ve doğanın yeniden keşfi bağlamında tartışılmıştır. Öğrencilerin ürettiği biyoplastikler ve malzemenin şekillerini keşfetmeye yönelik deneyler, Ortega y Gasset'in simyacı, zanaatkar ve teknisyen kavramları çerçevesinde tasarımcının günümüzdeki rolleri bağlamında yorumlanmıştır.

3. TEKNOLOJİNİN AŞAMALARI: ORTEGA Y GASSET'İN SİMYACI, ZANAATKAR VE TEKNİSYEN KAVRAMLARI

Rossi, *Francis Bacon: From Magic to Science (1968)*, kitabında Rönesans Dönemi'nde sihir ve simyanın doğanın gizli güçlerini ortaya çıkaran ve doğayla uyum içinde olan süreçlerden oluştuğunu belirtir. Rossi'ye göre mucizeler genellikle sanattan çok doğaya dayanan mucizelerdir. Doğanın dikkatli kaşifleri olan sihirbazlar, doğadaki aktif şeyleri pasif olanlarla birleştiren ve sonuçları tahmin etmeyi başaran kişilerdir (Rossi 1968, 18-19).¹ Orta Çağ ve Rönesans'ta uygulanan bir kimya ve spekülatif felsefe türü olarak simya, maddeyi değiştirmeye yönelik farklı yöntemlerle ilgilenmiştir (Rognoli ve Ayala Garcia 2019, 108, 109). Rönesans Dönemi'nde simya; sınırsız merak, macera dolu girişimlere duyulan zevk ve sihir ve büyücülükte batıl inançlara yol açan eleştiri eksikliğiyle karakterize edilmiştir (Tramer, Voltz, Lahmani ve Szczepinska-Tramer 2007, 6). Modern bilimin temelini oluşturan sihirbaz ve simyacıların yaptığı çeşitli deneyler, izleyicilerin sonuçların nasıl üretildiğini anlayamadığı mucizevi denemelerdir. Ancak sihirbaz ve simyacılar aslında bir dizi doğal uygulama yapan dikkatli doğa gözlemcileridir. Cam,

mıknatıs ve matbaa gibi günlük yaşamın teknolojik gelişmeleri anlaşılınca kadar mucizevi nesnelere olarak görülmesi buna örnek olarak verilebilir (Ellis Eugenia 1997, 38). 16. ve 17. yüzyıllarda bilimsel devrime kadar malzeme simyası (*material alchemy*) ile Aristoteles'in fiziğe dayalı görüşü arasında yakın bir ilişki görülmüştür (Tramer vd. 2007, 13). Modern kimya, teorisini doğrulayan veya çürüten güzel bir sonuç elde etmek için üzerinde çalıştığı sistemi dünyanın geri kalanından mümkün olduğunca izole etmeye ve tüm parayla doldurmaya çalışmıştır. Dünyadaki tüm maddi ve manevi varlıklar arasındaki sonsuz ilişkiler zincirine ve bunun herhangi bir parçasını diğerlerinden ayırmanın imkansız olduğuna inanan simyacı için kuramın yanlışlanabilirliğinin ve bilimsel statüye ulaşmasının bir yeri olmamıştır (Tramer vd. 2007, 13)

Ortega y Gasset'in de benzer şekilde ifade ettiği gibi simya süreci, teknolojinin üç aşamalı gelişiminin ilk aşaması olan "şans" (*chance*) kavramı ile benzerlik göstermektedir (Ortega y Gasset 1972, 307). Teknolojinin ikinci ve üçüncü aşamaları "zanaatkar" (*artisan*) ve "teknisyen" (*technician*)'dir (Ortega y Gasset 1972, 308). Jacques Ellul, *Technological Society (1954)* adlı kitabında tekniğin ya da teknik faaliyetin, insanın en ilkel faaliyeti olarak keşif olgusu içerisinde yer aldığını belirtir. Ellul tekniği ikiye ayırır: *Homo Faber* (yapıcı, alet yapan, teknik insan) ve sihirbaz insan (*man the magician*). *Homo Faber* alışlagelmiş sorunları somut bir şekilde ortaya koyarken, sihirbaz, manevi bir sürecin belirli sonuçlarına ulaşmak amacıyla "ritüeller, formüller ve prosedürler" yoluyla değişmez bir süreç olarak kesin sonuç veren gizemli, hazır bir formülle uğraşır. Sürecin sonunda büyülü teknikler hızla katı sistemler haline gelir ve buluş ortaya çıkar (Ellul 1964, 24; Ellis Eugenia 1997, 39). Ellul, el yapımı tekniğini bir icat (*invention*) ve keşif olarak görürken, Ortega y Gasset'a göre icat, rutin ya da mekanik biryol izlediği için bu süreçte henüz karşımıza çıkmamaktadır (Ortega y Gasset 1972, 309; Ellis Eugenia 1997, 39).² Buna göre, şans ile ortaya çıkan şey doğaya

1. Bu düşünceler Alman hezarfen, doktor ve okült yazar Heinrich Cornelius Agrippa von Nettesheim G. Agrippa'nın *De incertitudine et vanitate scientiarum* (Cologne, 1527) adlı kitabında dile getirilmiştir.
2. Ortega y Gasset'in teknoloji üzerine düşünceleri *Meditación de la Técnica: Ensimismamiento y Alteración* (Self-Absorption and Alteration) (1939) ve *Meditación de la Técnica ve Toward a Philosophy of History* (1941, New York: W. W. Norton) kitabının *Man the Technician* adlı bölümünde ve *Philosophy and technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology* kitabında *Thoughts on Technology* (1972) bölümünde yer almaktadır. Ancak Ortega y Gasset'in bu düşüncenin temelleri *Meditations on Quixote* (1914) kitabında bulunabilir.

bağımlıdır, icat gücünden uzaktır ve bir sihirbazın yaptığına benzemektedir (Ortega y Gasset 1972, 307; Ellis Eugenia 1997, 39).

Tekniğin ikinci aşaması olan zanaatkarlık (artisan) aşamasıdır (Ortega y Gasset 1972, 309). Zanaatkar henüz bir buluşun olmadığı, aksine rutin ve mekanik işlerin yapıldığı bir durumdur. Zanaatkarın zihni geriye döndürür ve yeni olasılıklara kapalıdır. Bu aşama mekanik sanat olarak tanımlanır ve henüz teknolojiyi bilmeyen zanaatkar, doğal olmayan ve herkes için ortak olmayan belirli bir faaliyetlerle uğraşan bir teknisyene benzer (Ortega y Gasset 1972, 309; Ellis Eugenia 1997, 39).³

Teknolojinin üçüncü aşaması teknisyendir. Ortega y Gasset'a göre icat henüz teknisyen aşamasında görünmez çünkü teknoloji onu kullanan insandan ayrılmamıştır. Alet hala elle ilişkilendirilir ve zanaatkarı aletten özgürleştiren makinenin icadıyla buluş belirtmeye başlar. Bu aşamada makine kendi kendine çalışır, el işi artık mekanik üretime dönüşür, teknisyen de makinenin bakımını üstlenen kişi haline gelir. Teknoloji insanlardan bağımsız hale gelir ve insan ve doğa arasında aracılık etmeye başlar. Aletten özgürleşen teknisyen, boş kalarak bir mucit rolüne yaklaşır (Ortega y Gasset 1972, 310-312; Ellis Eugenia 1997, 39).⁴

Ortega y Gasset'ın tanımladığı bu roller ve etkileşim biçimleri olarak sımyacı, zanaatkar ve teknisyen kavramları, mimarlık ve tasarım eğitiminde ve pratiklerinde giderek daha görünür hale gelmektedir. Geçmişte mimarın tasarım sürecinde sımyacı ve zanaatkar arasında rol oynadığı bir örnek, Frederick Kiesler'in modernite ve Kartezyen düşüncenin eleştirisi olarak bir dizi mekan prototipi üzerinden tasarladığı *Sonsuz Ev* (Endless House) olarak verilebilir. Kiesler'in korrealizm kavramını ele aldığı ve farklı ölçeklerde çok sayıda prototip ve modelden oluşan *Sonsuz Ev* denemelerinde önemli olan, süreç ve ürünün el yapımı ile iç içe geçmesidir. *Sonsuz Ev*'in tasarım sürecinde el yapımı prototiplerde şekil alma doğrusal bir süreçle işlemez; süreç ne kadar planlı olursa olsun, malzemeyle temasın getirdiği gözlem ve bilgi ürünün diline yansır, diğer bir deyişle,

biri diğerini takip etmez (Özdamar 2017, 223). Kiesler'in ağırlıklı olarak prototip yapımında kullandığı doğal kauçuk, elastik bir malzeme olarak mekanın programını ve atmosferini oluşturur (Özdamar 2017, 233).

Kiesler'in *Sonsuz Evi*'nin tasarım sürecinde malzeme ve mekanın bir arada yoğrulduğu ve tasarımcının dönüştüğü dokunma deneyiminin zenginliği biyoplastiklere teknisyen yaklaşımı bağlamında da tartışılabilir. Mimarın tasarım sürecinde teknisyen rolünü üstlendiği örneklerden biri Greg Lynn'in *Embriyolojik Ev* (1998)'idir. ABS plastikten üretilen ve biyomorfolojik prototipler olarak tasarlanan *Embriyolojik Ev*, yalnızca formun bir sonucu değil, aynı zamanda modelin ve dijital hesaplamalı arayüzün bir evrimi olarak içerik, bağlam ve duysal ortam arayışının bir ifadesidir. Bu süreçte Ortega y Gasset'in teknisyen kavramı, elin tek başına üretmekte zorlanacağı bir işlevi, üretim tekniklerini kullanarak tersine çevirir. Tasarımda malzeme; yeni bir ürün, bileşen veya teknolojinin kullanılması gibi salt indirgenmiş bir yaklaşım yerine, tasarımcının düşünme biçimini etkileyebilecek ve dönüştürebilecek önemli bir içerik haline gelir. *Sonsuz Ev* ile *Embriyolojik Ev*'in ortak özelliği evrimsel biyoloji ve biyomorfolojik modellere göre şekillenmeleridir (Özdamar 2017, 220).

4. PLASTİKLER VE BİYOPLASTİKLER

Plastik kelimesi kolay şekil alma özelliğini ve geniş bir alana yayılan üretim potansiyelini ifade etmektedir. Latince'de "şekil verebilen veya kalıplanabilen" anlamına gelen *plasticus* kelimesi, Yunanca'da "kalıplama için uygun" anlamına gelen *plastikos* sözcüğünden türetilmiştir (*Plastic (t.y.)*).⁵ Almanca'da plastik kelimesi sentetik malzeme anlamına gelen *kunststoff* kelimesinden türetilmiştir (*Engelsmann, Spalding ve Peters 2010, 9*).

Plastikler, modern üretim teknikleriyle icat edildikleri 1940'lı yıllardan bu yana, çeşitliliği ve ucuzluğu nedeniyle en değer verilen malzemelerden biri haline gelmiştir. Çoğunluğu petrolden üretilen plastikler, 1970'li yıllardan bu yana pet

3. Zanaatkarlık, 16. ve 17. yüzyıllarda teknik ve mekanik yöntemlere artan ilginin bir uzantısı olarak kabul edilmiştir. Zanaatkarın, mühendisin, teknisyenin, denizcinin ve mucidin başarıları entelektüel başarılarla eşit önemde görülüş ve bu konu Bacon, Galileo ve Harvey gibi birçok düşünür tarafından ele alınmıştır (Rossi 1968, 1-2).
4. Francis Bacon'a göre bu durum, bir boşluk durumu olarak, her şeyin sihirle gerçekleştiği bir dünya yaratır ve insanı icat etme ihtiyacından kurtarır (Ellis Eugenia 1997, 39).
5. Sanatta plastik, "kalıplanan veya yaratılan bir şey" ve "şekil alan" anlamına gelen *plassein* ve *plastos* kelimelerinden türetilmiştir. Tıp alanında kan plazması, neoplazi vb. gibi kelimeler plastik kelimesinden türetilmiştir (*Plastic (t.y.)*).

şişe gibi ambalaj ve ürün tasarımından strüktürel yapı malzemelerine, ulaşımdan (otomobil, uçak vb.), elektrikli ekipmanlarına, biyomedikal cihazlardan araçlara (eldiven, maske vb.) ve günlük tüketim ürünlerine kadar (oyuncak, kamera, saat vb.) birçok alanda kullanılmaktadır (Pilla 2011, xxi; Stevens 2002, 8-9). Ancak küresel ekonominin önemli bir bileşeni olarak petrol bazlı plastiklerin bu denli yaygın kullanımı, yalnızca yüksek enerji tüketimine ve sera gazı emisyonlarına neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda toksik kimyasalların salınımına neden olmakta ve doğrudan ya da dolaylı olarak yeraltı sularına ve okyanuslara karışarak ekosisteme zarar vermektedir (World Economic Forum 2016, 17; Thompson, Moore, vom Saal ve Swan 2009).

Doğal plastiklerin ise kauçuk gibi öncülleri 500 yıldan daha fazla bir süredir kullanılmaktadır (Engelsmann vd. 2010, 9). Ancak biyoplastiklerin gelişiminde önemli bir etken Ken Yeang'ın da ifade ettiği gibi 1883 yılında süt, pancar, mısır, patates ve tahıllarda bulunan mayalı şekerden elde edilen polilaktik asidin bulunması olmuştur. İlk biyolojik plastikler de selüloz veya saf sebze liflerinden yapılmıştır. Polilaktik asit, gübrelenmesi veya toprağa gömülmesi durumunda ayrışabilen özelliği ile cerrahi dikiş ve vidalarda da kullanılmıştır (Yeang 2012, 396). 1940'lı yıllardan itibaren seri üretimde petrol bazlı plastiklere doğal alternatifler aranmaya başlanmıştır. Modern üretim teknikleriyle biyoplastiğe yönelik ilk üretimlerden biri Henry Ford'un 1941 yılında ürettiği soya fasülyesi plastiğinden geliştirdiği otomobil prototip olmuştur. Ford, otomobilin üretimi için soya fasülyesi, kenevir vb. tarım ürünleri gibi yenilenebilir kaynaklardan ürettiği yeni bir plastik türünü otomobil panellerinde kullanmıştır. II. Dünya Savaşı nedeniyle bu üretim biçimi sekteye uğramış olsa da, otomobilde petrol bazlı plastik kullanımı yaygın bir hale gelmiştir (Stevens 2002, 115). II. Dünya Savaşı'ndan 1970'li yıllara kadar bu alanda çok fazla gelişme yaşanmamış, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizinin ardından ise fiyatların artışıyla birlikte petrol kökenli polimerler yerine sürdürü-

lebilir alternatifler aranmaya başlanmıştır (Yılmaz ve Beyatlı 2003, 1). Bu yaklaşım, alternatif hammaddelere dayalı malzeme arayışı doğrultusunda gelişerek birçok araştırmacı ve endüstrinin ilgisinin biyobazlı ve biyoçözünür plastiklere yönelmesine neden olmuştur (Pilla 2011, xxi). 1980'li yıllarda kimya şirketleri tarafından biyoçözünür poşetler ve plastikler geliştirilmiştir. Ancak bu ürünler plastiklerden dört kat daha masraflı olmaları ve kullanım sonrasında kompostlama arazileri olmaması gibi dezavantajlar nedeniyle yaygınlaşmamıştır (Yeang 2012, 396).

Petrol bazlı plastiklerden farklı olarak biyolojik bazlı plastikler (biyoplastikler); sürdürülebilir, çoğunlukla biyolojik olarak parçalanabilen (biyoçözünür) (Kaplancalı, 2014), biyoyumlu veya en az bir biyopolimer/ler, plastikleştirici ve diğer katkı maddelerinden oluşan, biyokütle bazlı yeni malzemelerdir (Stevens 2002, 48, 105). Biyoplastiklerin önemli özelliklerinden bazıları; çevresel, sosyal ve ekonomik potansiyele sahip yenilikçi bir endüstri yaratmaları, karbon emisyonlarının azaltılması kriterlerinde önemli bir yere sahip olması, biyobazlı plastiklerin mevcut mekanik geri dönüşüm akışlarına uygun olması, normal veya endüstriyel olarak uygun tesislerde kompostlanabilir olmaları yer almaktadır (European Bioplastics 2016). Biyoplastiklerin bir kısmı polisakkarit içeren şeker kamışı, soya fasülyesi, mısır nişastası, patates, tapiyoka (manyok) gibi bitkilerden elde edilmektedir (Yeang 2012, 396). Nişasta bazlı biyoplastiklerin temel bileşenleri jelatin (hayvanlardan elde edilen protein), düşük maliyetli bir hammadde olan nişasta (buğday, mısır, patates, soya vb. bitkilerden elde edilen tarımsal polisakkarit), sorbitol ve plastikleştirici olarak gliserol (gliserin)'dür. Bu bileşenler kaynama noktasının altında (95°C) ısıtılarak peşisıra fırında kurutulmaktadır. Bu yöntemle elde edilen biyoplastiklerin iki zayıf noktası bulunmaktadır. Bunlardan birincisi malzemenin neme karşı hassas olması, diğeri ise mekanik dayanımının yeterince yüksek olmamasıdır. Bu zayıflıkları gidermek amacıyla biyoplastiğe üç veya daha fazla polimer eklenerek kompozit malzeme

oluşturulabilmektedir (Muneer, 2014, 3). Biyoplastikler ağırlıklı olarak ambalaj endüstrisinde (yiyecek/içecek hizmetleri), tarım ve botanik ürünler, elektronik ürünler, otomotiv, tüketici ürünleri ve ev aletlerinde lif malzemesi olarak kullanılmakta ve bu ürünlerin uygulama alanı giderek artmaktadır (Yeang 2012, 6). Günümüzde en çok kullanılan biyoplastikler; polilaktik asit (PLA), polihidroksibütirat (PHB), soya bazlı plastikler, selüloz polimerleri, nişasta bazlı biyoplastikler, bitkisel yağdan üretilen biyoplastikler vb.'dir (Pilla 2011, 2). Bu kategorilerin dışında, petrol bazlı plastiklerde olduğu gibi, gelecekte sentetik polimerlerden (PBAT, PCL, PUR vb.) üretilen biyoplastiklerin yerini eşdeğer biyobazlı polimerlerin alacağı belirtilmektedir (Pilla 2011). Biyoplastiklerin üretimi 1990'lı yıllarda sandalye, yağmurluk gibi birçok kısa ve uzun ömürlü endüstriyel ürünün tasarımında başlamış olsa da inşaat alanındaki kullanımı henüz yeterince gelişmemiştir. Öte yandan doğada biyolojik olarak parçalanabilen atık oluşturan biyoplastiklerin, biyolojik olarak parçalanabilir olmaları nedeniyle uzun ömürlü ürün tasarımında sorunlara neden olduğu bilinmektedir. Biyoplastikleri petrol bazlı plastiklerden ayırmanın ve değerlendirmenin zorluğunun yanı sıra üretim maliyetlerinin yüksek olması da bu malzemelerin olumsuz özellikleridir (Yeang 2012, 396).

Stevens'in da ifade gibi, eğer bir paradigma değişimi olmazsa, biyoplastik ürünler gelecekte bir paradigma değişimi yaratabilir veya niş pazarda sınırlı sayıda ve kapasitede üretim alanı bulabilir (Stevens 2002, 159). Yakın gelecekte biyoplastik üretimi için kullanılan tarım alanlarının giderek azalması nedeniyle birçok tarımsal atıktan faydalanmanın yanı sıra diğer bir alternatif olarak süperkritik karbondioksit (supercritical CO₂) ve metan gazından biyoplastik üretilebileceği öne sürülmektedir (Peters 2014; Yeang 2012, 396).⁶ Gelecekte biyoplastik sektörünün ivme kazanacağı ve mimarlık ve inşaat alanında biyoplastik üretim potansiyelinin daha da önem kazanacağı ileri sürülebilir (Özdamar, Ateş, Bal ve Şentürk 2017, 4). Günümüzde biyoplastikler

sadece malzeme ve kimya mühendislerinin çalışma alanı olmayıp birçok sanatçı, tasarımcı ve mimar için de giderek sanatsal bir keşif ve deney alanı haline gelmektedir. Deneysel üretimler yapan birçok sanatçı, sımyacı yaklaşımıyla biyoplastiğin biyobozunur ve geçici doğasını deneyerek ve keşfederek, biyoplastiğin kullanım çeşitliliği konusunda farkındalık yaratmaktadır.

5. BİYOPLASTİK ÜRETİMİNDE SİMYACI, ZANAATKAR VE TEKNİSYEN

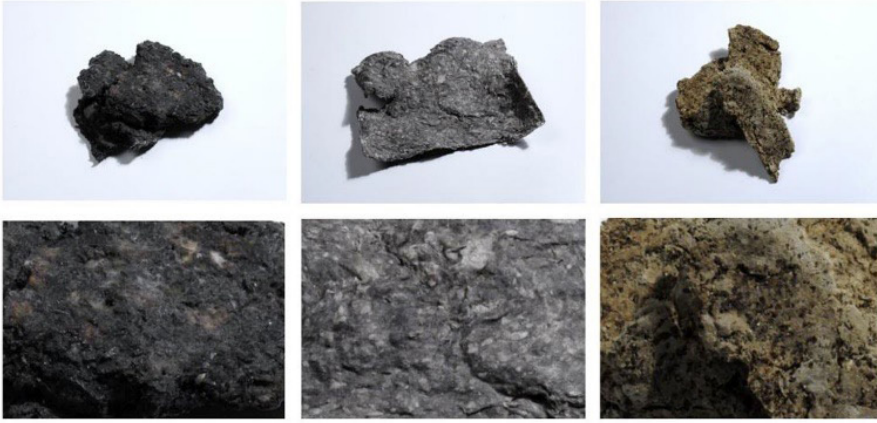
Ortega y Gasset'ın doğa ve insan üretimi arasındaki ilişkiyi anlamak, anlamlandırmak ve üretmek için ayırdığı üç farklı süreç, biyoplastik gibi doğası henüz tam olarak keşfedilmemiş kompozit bir malzemeyle yüzleşmeye yönelik bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Sımyacı ve zanaatkar yaklaşımıyla gerçekleştirilen deneylerden biri de Meredith Miller'ın Michigan'da gerçekleştirdiği (De)composing Territories, From Kitchen to Field, Çözünen Bölgeler, Mutfaktan Araziye (2012) adlı sanat projesidir. Miller, yerleştirme işinde nişasta ve şeker karışımını kalıplayarak elliden fazla biyoplastik panel üreterek yaklaşık 2000 m²'lik bir araziye çevreler. Biyoplastik çitler, yağmur ve sıcaklık gibi dış hava koşullarının etkisiyle zamanla eriyip yok olur. Miller'a göre proje, mimarlığın sosyal ve maddi ortamına doğru genişleyen, mimarlığın sınırlarını araştıran, mimari araştırmaların sorunsallarından biri olan "nedensellik duygusuna direnen" haline gelir (Miller 2014) (Resim 1).

Benzer şekilde sanatçı Juliette Pepin de, kağıt, kağıt külü, keçe ve beton gibi bir çok hammaddeyi saf biyoplastiğe dönüştürerek bir sımyacı gibi yeni keşifler yaparken; Johan Viladrich ise nişasta, reçine, sedir, ceviz, taş tozu, kemik ve kan gibi bileşenlerden oluşan biyoplastikler üretir (Resim 2, 3).

6. Biyoplastiklerin testleri ISO (International Organization for Standardization), CEN (Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardisation), American Society for Testing and Materials (ASTM) gibi birçok uluslararası ve ulusal standart tarafından yapılmakta olup, malzemenin çekme dayanımı ve uzama gerilimi, mukavemet, dayanıklılık ve toprak ve solucan toksisitesi testlerinden başlayarak (Stevens 2002, 75, 185) birçok karmaşık testten geçmesi gerekmektedir. Bu süreç, fiziksel özellikleri ölçme prosedüründen daha karmaşıktır (European Bioplastics 2019; Stevens 2002, 180). Çevre kirliliğinin ve petrol bazlı plastiklerin azaltılmasına yönelik birçok ülkede alınan çevre politikaları doğrultusunda, biyoplastiklerin yakın gelecekte Türkiye'de de yapı malzemesi ve malzemesi olarak daha da önem kazanacağı ve endüstriyel tasarım alanlarında kullanım alanlarında gelişeceği ileri sürülebilir.



Resim 1. El yapımı biyoplastik çitler, Meredith Miller (Miller 2014)

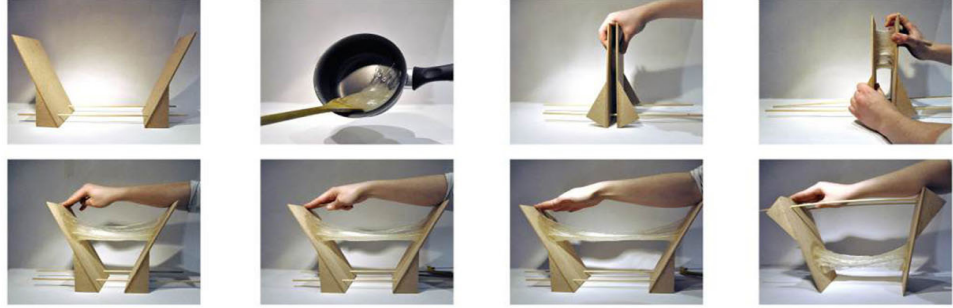
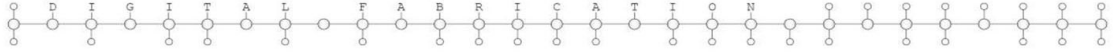


Resim 2. Kağıt, kağıt külü, keçe ve beton katkıli biyoplastik, Juliette Pepin (Pepin 2014)



Resim 3. Hayvan derisi tutkallı, kan ve taş tozu katkıli biyoplastik, Johan Viladrich (Soldan sağa doğru) (Viladrich 2014).





Resim 4. Biyoplastik tuğla,
Marilu Valente (Valente
2013)

Biyoplastikler alanındaki diğer bazı örnekler ise; Cecilia Cecchini'nin bakterilerin fermentasyonu ile yaptığı ekoderi malzemeleri (Cecchini 2017, S1602) ve endüstriyel tasarımcı Aagje Hoekstra'nın Coleoptera adlı projesi kapsamında Hollanda'da hayvancılıkta kullanılan böceklerden ürettiği obje ve takı tasarımları verilebilir (Howarth 2013). Bir diğer deney ise Harvard Üniversitesi'nde geliştirilen Shrilk biyoplastiktir. Shrilk, karides kabuklarının kitosan haline dönüştürülmesi ve ipek proteini ile birleştirilmesiyle üretilen, biyolojik olarak parçalanabilen, şeffaf biyoplastik bir gıda ambalajıdır (WYSS Institute 2016). Bu üretimler, Roma Dönemi'nden bu yana kullanılan, lak böceğinden elde edilen, müzik aletleri ve mobilyalarda cila olarak kullanılan gomalak (shellak, shellac), kehribar ve gutta percha (güta perka) gibi reçine bazlı ya da hayvan

patates nişastasından el yapımı yaptığı biyoplastik tuğla ve yüzey denemeleridir. Stevens'in biyoplastik tanımına dayalı olarak birbirinin varyasyonları olan bu deneyler malzemenin çekme dayanımını ve esnekliğini anlamayı ve ölçmeyi amaçlamaktadır (Valente 2013) (Resim 4).

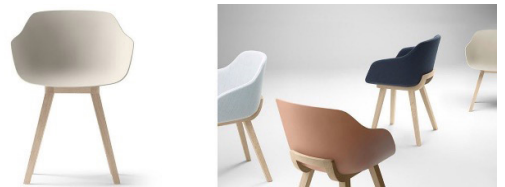
Ortega y Gasset'in teknisyenin farklı derecelerdeki üretimine dair örneği, Jean Louis Iratzoki ve Anders Lizaso'nun biyoplastik sandalye prototipinde (2014) ve Stuttgart Üniversitesi ITKE (Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen)'nin Arboskin pavyonunda (2013) belirir. Alki, meşe bir konstrüksiyon üzerine monte edilen ve pancar, mısır gevrekleri, şeker kamışı gibi parçalar ve geri dönüştürülebilir bitki bazlı polimerlerden oluşan biyoplastik bir kabuktan oluşan bir sandalye prototipidir (Kuskoa Bi Chair 2014) (Resim 5).



Resim 5. Alki, Biyoplastik sandalye, Kuskoa Bi Chair, 2014, Jean Louis Iratzoki ve Anders Lizaso (Kuskoa Bi Chair 2014).

kemik ve boynuzları gibi kolajen bazlı hammaddelere benzer bir şekilde günümüzde de biyoplastik yapımında kullanılmaktadır (Stevens 2002, 105). Bunların yanı sıra, günümüzde gübre ve inek dışkısı gibi hammaddelerden biyoplastik ve biyotekstiller de üretilmektedir (Essaïdi 2016).

Zanaatkar ile teknisyen arasındaki aşamaya bir örnek, Marilu Valente'nin



Bir diğer üretim ise mevcut bir seminer salonuna yangın merdiveni alanı olarak eklenen ve 145 m² yüzey alanına sahip bir kabuk olarak tasarlanan Arboskin pavyonudur (Arboskin 2013). Pavyon, yüksek sıcaklıklarda üretilen, CNC kesim ve parametrik tasarım yaklaşımıyla üretilen, alev geciktirici özelliğe sahip modüllerden oluşur. Nişasta, selüloz, lignin ve biyopolimer

katkı maddeleri içeren %90'ı yenilenebilir biyoplastik modüller bir iskelet sistemi üzerine monte edilmektedir. Bir cephe araştırması kapsamında üretilen, mimarinin estetik ve dokunsal beklentilerini gösteren, işlevsel ve yapısal taleplere yanıt veren bu model (*Köhler-Hammer vd. 2016, 331*), biyoplastiğin dış hava koşullarındaki yapısal dayanıklılığını ve performansını keşfetmeye yönelik bir arayüz olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada teknisyen, teknoloji ve araçlarla yeniyi keşfetme ve yaratma yaklaşımını benimser (*Resim 6*).

6. BİYOPLASTİKLERE DENEYSSEL VE DENEYİMSSEL BİR YAKLAŞIM

Tasarım sürecinde el ile deneyim kazandırılması kapsamında, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi'nde Mimari Tasarım I ve II stüdyoları kapsamında 30-40 mimarlık öğrencisi ile el yapımı olarak üretilen ve keşiflerle zenginleştirilen nişasta bazlı biyoplastiklerin doğasını anlamaya odaklı deneysel üretimler gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerden çeşitli biyoplastik yüzey deneyleri yaparak üç boyutlu numuneler üretmeleri ve bunları işlevsel bir ürüne



Araçtan özgürleşen bir teknisyenin üretimine bir örnek, Danimarka'da François Roche ve Stéphanie Lavaux tarafından gerçekleştirilen Things that Necrose (*2016*) adlı deneysel pavyondur. Bir sergi kapsamında üretilen pavyon, malzemenin süreci ve yok oluşuna dair tektonik bir arayış, izleyicilerin ayrışma hızını kontrol edebildiği ve zaman içinde, sis aracılığıyla yok oluşuna tanıklık edebildiği bir deneyim arayüzü (*New Territories 2010*) olarak malzemenin, süreç ve yok oluşuna dair tektonik bir arayış olarak belirir. Bu pavyonda teknisyenin görünürlüğü sınırsız olarak algılansa da malzemenin dönüşümünü gözlemleme ve ölümüne tanıklık etme bağlamında teknisyen simyacı rolünü üstlenmektedir.

dönüşürmeleri istenmiştir.

Çalışmada esas olarak patates nişastası bağlama/yapıştırma özelliğinin mısır ve buğday gibi diğer nişasta türlerine göre daha etkili olması nedeniyle tercih edilmiş, bazı deneylerde ise daha güçlü bağlayıcı özelliğe sahip tapyoka (*manyok*) nişastası kullanılmıştır. Temel bileşenlerini nişasta, sirke, su, gliserin ve tuzun oluşturduğu el yapımı biyoplastiğe, agar agar, odun külü, talaş, arap zambakı, reçine, ayçiçek yağı, deniz eriştisi (*Posidonia oceanica*), kahve telvesi, yumurta akı, kavun ve kabak çekirdeği zarı, biyopolimer olarak birçok bitki ve meyve atıklarının lifleri, kanola, çeltik ve melas katkılı pelet çeşitleri, talaş gibi bağlayıcı

Resim 6. Arboskin Pavyonu, Stuttgart, ITKE (Köhler-Hammer vd. 2016, 342).

bileşenler katılarak karışım kompozit hale getirilmiştir. Biyoplastiğin suya karşı direncini arttırmak için içerisine farklı miktarlarda balmumu ve kitre eklenmiş ancak hava sıcaklığına bağlı olarak balmunun eridiği gözlemlenmiştir (Resim 7, 8, 9). Bu karışımlar farklı oranlarda bir araya getirilerek pişirildikten sonra paslanmaz çelik, balsa ve karton kalıplarda, kauçuk ve kumaş yüzeylerde 40-60°C sıcaklıktaki fırında 3-4 gün boyunca

kurutulmuştur. (Özdamar, Ateş, Bal ve Şentürk 2017, 40, 47, 48, 50; Özdamar ve Bal 2017, 576-577; Özdamar ve Ateş 2018). Kalıp tasarımında kolay şekillendirilebilen malzemeler denenmiştir ancak sıvı formda elde edilen biyoplastik karışımın kalıplanması veya yüzeye uygulanması sırasında sıklıkla oluşan çatlaklar nedeniyle malzemeye daha fazla rijitlik kazandıran üç boyutlu kalıplar kullanılmıştır.



Resim 7. Nişasta bazlı biyoplastik üretim sürecinden görüntüler; karıştırma, pişirme, kalıplama ve kurutma, Future Architecture Platform ve MAXXI Foundation'ın izin ve desteği ile (Bioplarch 2017).

Resim 8. Biyoplastiğin hammaddeleri (Özdamar ve Bal 2018, 76; BioPPAW çalıştay broşüründen, 2016)

malzemeler (5x5x5 cm küp numune için)

miktar

nişasta



50 gr

gliserin



15 gr

sirke



15 gr

su (arı)



150 gr

tuz



5 gr

1 çorba kaşığı = 15 gr

1 bardak nişasta = 125 gr
(1 bardak su = 240 gr)

(1 bardak su = 16 çorba kaşığı)



Resim 9. Kahve telvesi, kopolimer ve pelet katkıları ile üretilen üç boyutlu biyoplastik denemeler ve (yukarıdan aşağıya) Biyoplastik denemeler (Future Architecture Platform ve MAXXI Foundation'ın izin ve desteği ile, Roma, 2016)



Resim 10. Simyacı ve zanaatkar üretimi arasında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Mimarlık Bölümü I. sınıf öğrencileri tarafından üretilen biyoplastik denemeler; pişirme ve kalıplama süreci (2016-2017).

Çalışmalar, ağırlıklı olarak simyacı ve zanaatkar arasında bir ara kesitte, farklı katkı maddeleri ve pelet türleri ile öğrencilere verilen saf biyoplastik formülünün geliştirilmesine yönelik deneysel bir yaklaşımla ele alınmıştır. Pişirilip ve etüvde kurutularak gerçekleştirilen üretimlerde, malzemenin şeklinin gözlemlenmesi amacıyla paslanmaz çelik ve ahşap kalıplar ile EVA ve kauçuk zeminler üzerinde yüzeyler elde edilmiştir. Malzemenin malzemenin şekline göre aydınlatma elemanları, iç ve dış mekânlarda kullanılacak dekoratif yüzeyler ve ürünler tasarlanmıştır. Daha sonra öğrenciler, bir teknisyen rolü üstlenerek seri üretililecek endüstriyel bir ürünün tasarımı için geliştirdikleri biyoplastik formülleri, alet veya tekniklere değil, tasarıma odaklanan bir süreci deneyimlemiştir. Bu süreç, öğrencilere Ortega y Gasset'in üç rol deneyimindeki sıralı roller hiyerarşisinden çok, yeni bir malzemenin tasarımında tasarım sürecini etkileyen rollerin ne kadar iç içe olabileceğine dair bir deneyim kazandırmıştır (Resim 10, 11, 12).





Resim 11. Sımyacı ve zanaatkar üretimi arasında üretilen biyoplastik denemeler (2016-2017) (59 gram agar 2017).

Resim 12. Zanaatkar üretimi olarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Mimarlık Bölümü I. sınıf öğrencileri tarafından üretilen biyoplastik tasarımlar (59 gram agar 2017).



Bu çalışmanın ardından 2019 yılında MEF Üniversitesi'nde "Recipes for Future Materials" (*Geleceğin Malzemeleri için Tarifler*) başlıklı bir çalıştay gerçekleştirilmiştir. Yazar ve Şermin Şentürk'ün yürüttüğü çalıştayda 12 mimarlık ve tasarım öğrencisinden Stevens'in biyoplastik formülünü kendi yöntemleriyle geliştirerek sımyacı ve zanaatkar rolümü üstlenerek ürün tasarımları ve hayata geçirmeleri

istenmiştir. Ancak robotik modelleme veya üç boyutlu baskı tekniklerinin sürece dahil edilmemesi öğrencilerin teknisyen rolünü daha derinlemesine deneyimlemelerinde eksiklikler yaratmıştır. Öğrencilerin ürettiği ürünler, kullanılan paslanmaz çelik kalıpların rijit formundan dolayı ağırlıklı olarak modüler tasarımlı olmasına rağmen bazı öğrencilerin kalıp yerine doğrudan malzemeye temas ederek

çeşitli deneysel arayışlara giriştikleri

gözlenmiştir (Resim 13, 14, 15).



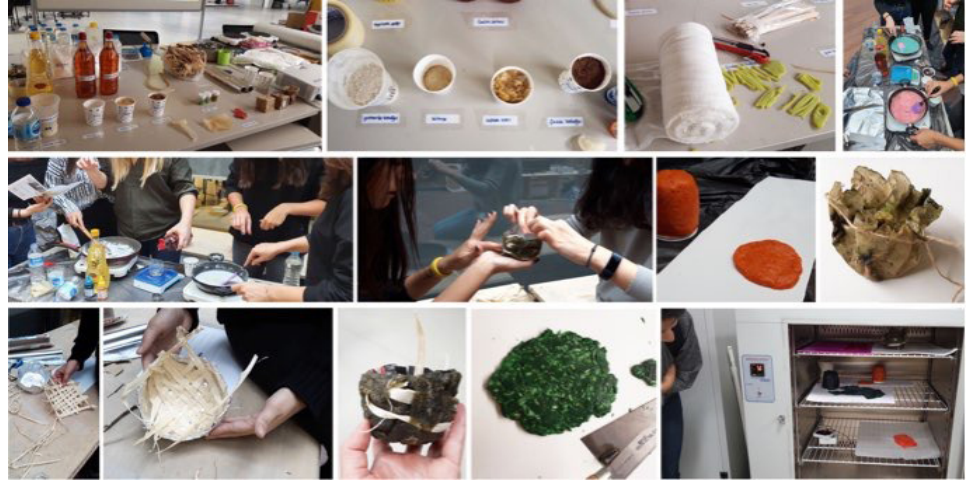
Resim 13. Prototipleşmeye doğru: Simyacı-zanaatkar arası üretim yaklaşımı olarak mimarlık ve tasarım öğrencileri tarafından üretilen biyoplastik defter kabi ("Recipes for Future Materials" (Geleceğin Malzemeleri için Tarifler) çalıştayı, MEF Üniversitesi, 30-31 Ekim 2019 (Fotoğraf: Yazar).



Resim 14. Prototipleşmeye doğru: Zanaatkar-teknisyen arası üretim yaklaşımı olarak cam elyaf katkılı bir biyoplastik kalemlik üretimi, MEF Üniversitesi, 2019 (Fotoğraf: Mehmet Öztürk, Zeynep Özkan, Resul Emre Kaba).



Resim 15. Sımyacı-zanaatkar-teknisyen arası üretimleri olarak mimarlık ve tasarım öğrencileri tarafından üretilen biyoplastikler, 2019 (Fotoğraf: Yazar, Mehmet Öztürk, Zeynep Özkan).



Her iki stüdyo çalışmasında da öğrencilerin özellikle sımyacı ve zanaatkar rollerini üstlenerek üretim sürecinde malzeme ile etkileşime girmesi ve keşifler yapması, malzeme tasarımında dokunsal deneyim kazanmalarını sağlamıştır. Dijital tasarımın giderek yaygınlaştığı mimarlık eğitim ortamlarında malzeme ve hammaddelerin kaynağı konusunda farkındalık oluşmuştur. Bu bağlamda, özellikle yapı malzemelerinin üretim süreçlerinin, tasarımcının doğrudan dokunsal temasıyla deneyimlemek yerine, yalnızca temsilleri aracılığıyla öğrenildiği/öğretildiği bir teknoloji çağında, elle dokunsal olarak yaşanan malzeme deneyimi ve bir teknisyenin bakış açısıyla tasarım odaklı düşünme yöntemlerine dönüşen bu deneyim günümüzde mevcuttur. giderek önem kazandığı söylenebilir.

Armstrong'un (2001, 503) da belirttiği gibi tarih boyunca mimarlık, sanat ve üretim (zanaat) geleneklerinin çatışmasında mühendislik ve bilimle eş tutulmuş ve mimar veya tasarımcı, zanaatkar/üreticiden kopmuştur. Malzemelerle düşünmek ve malzemeler hakkında düşünmek farklı süreçlerdir. Malzemelerle düşünmek, malzemeyi tasarım amacına uygun hareket etmeye zorlayarak doğrudan veya dolaylı olarak şekillendirerek yapılar oluşturan tasarımcının zihnidir. Malzemeler üzerine düşünmek ise hem tasarımın sonucu hem de mikro düzeydeki bileşenleri açısından daha karmaşık bir süreçle ilgilidir (Özdamar 2020, 328). Bu bağlamda Ortega y Gasset'in

belirttiği gibi günümüz insanı bir bakıma *Homo Faber* olabilir ancak *Faber* sadece fiziksel üretimle sınırlı kalmamalı, ruhsal yaratıcılığı da içermelidir. *Homo Faber*'in icat ettiği hayat, tıpkı bir romanın ya da oyunun yaratılması gibi, insan hayatı olarak adlandırılan refah durumudur (Ortega y Gasset 1964, 334-335; Mitcham 1994, 47). Tasarım bağlamında ele alındığında, fiziksel üretim ihtiyacının ve teknisyen rolünün ötesinde, malzeme ve tasarımlarla doğrudan etkileşim, tasarımcının ve tasarım evreninin dünyadaki varoluş durumumuzu anlaması ve yeni olanı keşfetmesi için önemli gereksinimlerdir.

Gerek mimari tasarım ve üretim süreci süreçleriyle karşılaşma sürecinde, gerekse mimari eğitiminde kullanılan teknolojiler sadece kullanım ve performans açısından bakıldığında, değişim ve üretim olasılıklarını kavranabilir ve bu da sürdürülebilirliğin belirlenimsizlik odaklı farklı boyutlarını tanımak için önemli bir adım oluşturabilir (Özdamar, Ateş, Bal ve Şentürk 2017, 51). Malzemenin alımlayıcı tarafından edinilen deneyimi, gerek serbest form bulma süreçlerinde, gerekse etkileşimli bir gözlem ile keşfedilen yeni bir bilgi alanı olması açısından önemlidir. Karana vd. (2015 a, 38)'nin ifade ettiği gibi, hem Itten'in, hem de Moholy-Nagy'nin yaklaşımları, materyal tasarımında duyuşal karşılaşmaların ve uygulamalı manipülasyonun rolünü vurgularken, tasarım etkinliklerini nihai tasarımlarda istenen deneyimleri zenginleştirmeye

teşvik etmeye yardımcı olabilir. Bauhaus eğitiminden bu yana tasarım, teknoloji ve zanaat arasında malzeme ile yüzleşmede elde edilen bilginin dönüşmesi oldukça önemlidir. Günümüzde bu yaklaşım, doğayı kontrol altına alan ve hammaddeyi insan yapımı bir dünyaya hizmet veren araçsal bir şey olarak görmekten uzak bir çerçevede ele alınmalıdır. Böylesi bir yaklaşım, aynı zamanda doğanın özüne inebilen simyacı ve yeniyi yakalayabilme potansiyeli olan teknisyen arasında ayrım yaratan bir düşünceden uzaklaşmaya yardımcı olabilir.

7. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMALAR

Doğada bulunan hammaddeleri tüketilebilir ve dönüştürülebilir sonsuz birer kaynak olarak gören hakim paradigma, beraberinde doğayı kontrol altına almaya yönelik bir teknisyen eğilimini de gündeme getirmektedir. Doğanın bir kaynak, tekniğin de araçsal bir faktör olduğu böylesi bir yaklaşım, malzeme arayışlarında da her daim yeni olanı yaratma, yakalama ve icat etme gibi eylem ve ihtiyaçlara dönüşerek doğanın insan ihtiyaçlarına hizmet etmesi yönündeki bir eğilimi ve arayışı da beraberinde getirmektedir.

Diğer bir açıdan, böylesi bir yaklaşım, teknoloji ve malzeme deneyimi arasında belirlenimsizliği de içeren farklı zaman ve yerlerde, farklı tasarımcılar için farklı etkiler ve sonuçlar veren “dinamik malzeme deneyimi” olarak tasarımcının kendi eylemlerinin kontrolü ile nedenini deneyimleyebileceği özerk ve kişiselleştirilmiş malzeme deneyimleri sağlamaktadır (Karana vd. 2015 b, 25-26). Mimarlık alanında malzemeleri elle deneyimleme ve onlarla etkileşime geçme biçimi, mekanların şekillendirilmesinden malzemenin nereden geldiğine kadar geniş bir yelpazede tasarımcılara önemli deneyimler sağlamaktadır. Bu yaklaşım, mimarın tasarımda malzemeleri kontrol ettiği ve denetlediği teknisyenlik sürecinden, daha bütünsel duyarlılığa sahip, malzemeyle etkileşimden öğrenmeye odaklanan bir sürece evrilebilir.

Ortega y Gasset’ın simyacı, zanaatkar veya teknisyenin rollerine dair farkındalığı, mimarlık ve tasarım öğrencilerinin giderek *Homo Faber*’e dönüşen fabrikasyon çağında malzemeleri maddeye dokunarak ve kavrayarak keşfetmeleri açısından önem kazanıyor. Bir simyacı veya zanaatkar olarak maddelerin veya malzemelerin rastgele kendiliğindenliğiyle yüzleşmek ve maddenin dönüşümüne tanıklık etmek ve katkıda bulunmak, tasarımcılar için olduğu kadar potansiyel tasarımcılar için de zenginleştirici deneyimler yaratabilir. Bu yaklaşım, tasarımcının teknisyen haline geldiği ve kaynaklarının giderek azaldığı bir dünyada daha dengeli bir üretim-tüketim döngüsü yaratılmasına yardımcı olabilir.

Teşekkürler

Bu araştırma Esen Gökçe Özdamar tarafından Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’nde 2016-2017 yılları arasında yürütülüp tamamlanan NKUBAP.08. GA.16.050 numaralı araştırma projesinden elde ettiği deneyimlere dayanarak geliştirilmiştir. Proje Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje araştırmacıları: Öğr. Gör. Ahmet Bal (İnşaat Mühendisi), Şermin Şentürk (Mimarlık öğrencisi), Danışman: Prof. Dr. Murat Ateş (Kimya mühendisi) (Nisan 2016-Ekim 2017). Proje aynı zamanda, Avrupa Birliği Creative Europe Programı çerçevesinde kurulan ilk mimarlık platformu Future Architecture Platform tarafından açılan bir fikir yarışmasında dereceye girerek 2016-2017 yılları arasında Ljubljana Future Architecture Festival, Prishtina Architecture Week, Tirana Architecture Week kapsamında bir dizi çalıştay ve seminerler ile desteklenmiş ve İtalya MAXXI Müzesi’nde sergilenmiştir. Bu makalede ele alınan stüdyo ve çalıştay işleri yine aynı kurumda yazarın yürüttüğü 2016-2017 eğitim-öğretim yılında Mimari Tasarım I-II dersleri kapsamında ve 2019 yılında MEF Üniversitesi’nde gerçekleştirilen çalıştay üretimlerine dayanmaktadır. Bu kapsamda yapılan etkinlikler ve makalenin kuramsal altyapısı ise proje kapsamı

dışında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı Macide ve Muhlis Özdamar'a ve etkinliklere katılan tüm öğrencilerime ve katılımcılarıma teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- 59 gram agar (2017, 07 Aralık). 30 Aralık 2022 tarihinde http://59gramagar.blogspot.com/2017/12/blog-post_7.html adresinden erişildi.
- Arboskin (2013). ArboSkin: Fassaden Mock-Up aus dauerhaften und rezyklierfähigen Biokunststoffen. 02 Ocak 2022 tarihinde <https://renewable-carbon.eu/news/wp-content/uploads/2013/10/Presstext-Biokunststoff-Fassade-ITKE.pdf> adresinden erişildi.
- Armstrong, P. J. (2001). The Material Imagination: Architecture and the Craft of Making. In 89th ACSA Annual Meeting, 503-509. 19 Ekim 2023 tarihinde <https://www.acsa-arch.org/proceedings/Annual%20Meeting%20Proceedings/ACSA.AM.89/ACSA.AM.89.87.pdf> adresinden erişildi.
- Bioplarch (2017, Temmuz 22). A Research on starch based bioplastic, MAXXI Müzesi sergisinden. 22 Temmuz 2022 tarihinde <https://youtu.be/EAA514wWS6E> adresinden erişildi.
- Cecchini, C. (2017). Bioplastics Made from Upcycled Food Waste: Prospects for their Use in the Field of Design. The Design Journal, 20:sup1, S1596-S1610, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14606925.2017.1352684>.
- Dernie, D. ve Gaspari, J. (2016). Material Imagination in Architecture. London and New York: Routledge.
- Ellis Eugenia, V. (1997). CeciTueraCela: Education of the Architect in Hyperspace. Journal of Architectural Education, 51(1), 37-45. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10464883.1997.10734745>.
- Ellul, J. (1954). The Technological Society. (J. Wilkinson, Çev.) New York: Vintage Books (Orijinali: La Technique ou L'enjeu du siècle, 1954).
- Engelsmann, S., Spalding, V. ve Peters, S. (2010). Plastics, in Architecture and Construction. Basel: Birkhauser.
- Essaïdi, J. (2016). Mestic Manure-derived Bioplastic. 11 Mart 2022 tarihinde <http://jalilaessaïdi.com/cowmanure/> adresinden erişildi.
- European Bioplastics. (2016, April). Bioplastics and The Circular Economy. 22 Mayıs 2022 tarihinde http://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP_PP_Circular_economy_package.pdf adresinden erişildi.
- European Bioplastics (2019, April). Bioplastics–Industry Standards & Labels. Fact Sheet. 10 Aralık 2022 tarihinde https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EUBP_FS_Standards.pdf adresinden erişildi.
- FabTextiles (2017, March 02). The Secrets of Bioplastic. 10 Ocak 2023 tarihinde <http://fabtextiles.org/the-secrets-of-bioplastic/> adresinden erişildi.
- Howarth, D. (2013, October 30). Coleoptera. Coleoptera Plastic Made of Beetles by Aagje Hoekstra. 11 Haziran 2022 tarihinde <https://www.dezeen.com/2013/10/30/coleoptera-plastic-made-of-beetles-by-aagje-hoekstra/> adresinden erişildi.
- Jones, T. (ty.). Bioplastics: Screening & Forming. Oxford Brookes School of Architecture. 10 Ekim 2022 tarihinde <http://theojones.com/project/bioplastics/> adresinden erişildi.
- Kaplanlı, K. (2014, September 17). Biyoplastik Malzemelerin Ambalaj Uygulamaları. Uluslararası Plastik Ambalaj Teknolojileri Kongresi. 10 Aralık 2022 tarihinde http://www.turkishpic.com/upload/files/file/2_Natureworks.pdf adresinden erişildi.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. ve Zeeuw van der Laan, A. (2015 a). Material driven design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. International Journal of Design, 9 (2), 35-54. 12 Temmuz 2021 tarihinde <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1965/693> adresinden erişildi.
- Karana, E., Pedgley, O. ve Rognoli, V. (2015 b). On Materials Experience. Design Issues, 31 (3), 16-27. doi:http://dx.doi.org/10.1162/DESI_a_00335, 2015.
- Köhler-Hammer, C., Knippers, J. ve Hammer, M. R. (2016). Bio-based Plastics for Building Facades. In Pacheco-Torgal, F., Rasmussen, E., Granqvist, C. Ivanov, V., Kaklauskas, H. and Makonin, S. (Ed.), Start-up Creation, The Smart Eco-Efficient Built Environment, No. 66 içinde (329-346). Cambridge: Woodhead Publishing. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100546-0.00013-3>.
- Kuskoa Bi Chair. (2014). The First Bioplastic Chair. 10 Kasım 2017 tarihinde <http://alki.fr/en/new/6220/The-First-Bioplastic-Chair/> adresinden erişildi.
- La Vine, L. (2001). Mechanics and Meaning Architecture, Minneapolis, Minnesota: University of Minnesota Press.
- Miller, M. (2014). Bioplastics, Arpa Journal. Test Subjects, no. 1. 12 Aralık 2015 tarihinde <http://www.arpajournal.net/bioplastics-2/> adresinden erişildi.
- Mitcham, C. (1994). Thinking through Technology, The Path between Engineering and Philosophy, Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Muneer, F. (2014). Bioplastics from natural polymers. Introductory paper at the Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Sciences, 4, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. 15 Şubat 2022 tarihinde https://pub.epsilon.slu.se/11915/1/muneer_f_20150220.pdf adresinden erişildi.
- New Territories. (2010). Things Which Necrose. 04 Şubat 2015 tarihinde <http://www.new-territories.com/twhichnecrose.htm> adresinden erişildi.
- Ortega y Gasset, J. (1941). Man the technician. J. Ortega y Gasset (Ed.), Toward a Philosophy of History içinde (87-161) 1st ed. (H. Weyl, Çev.), New York: WW. Norton & Company.
- Ortega y Gasset, J. (1964). Obras Completas (1933-1941), Tomo V. Sexta edición. Madrid: Revista de Occidente. 23 Nisan 2022 tarihinde <https://archive.org/embed/ortega-y-gasset-obras-completas.-tomo-v-ocr-1964> adresinden erişildi.
- Ortega y Gasset, J. (1972). Thoughts on Technology. C. Mitcham, and R. Mackey, (Eds.), Philosophy and Technology; Readings in the Philosophical Problems of Technology içinde (290-313). New York: Free Press.
- Özdamar, E. G. (2017). Learning from Kiesler's Haptic Experience with Model Making: Dissections of Harekattepe Tumulus. Journal of Architecture and Life, 2 (2), 219-236. doi: <http://dx.doi.org/10.26835/my.336907>.
- Özdamar, E. G. ve Bal, A. (2017). Investigating Starch Based Bioplastic as a Construction Material.

- In Tavit, A. ve Çelik, O. C (Eds.), ICBEST, Istanbul Technical University, Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelope (564-578). Istanbul: Istanbul Technical University.
- Özdamar, E. G., Ateş, M., Bal, A. ve Şentürk, Ş. (2017). Biyoplastik: Mimarlıkta Deneysel Bir Biyomorfoloji. BAP Raporu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, 1-160. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://hdl.handle.net/20.500.11776/2528> adresinden erişildi.
- Özdamar, E. G. ve Bal, A. (2018). Bioplarch: Experiencing Eco-Materials, Forum A + P, 20, 74-83.
- Özdamar, E. G. ve Ateş, M. (2018). Rethinking Sustainability: A Research on Starch Based Bioplastic. Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies, 3 (3), 249-260. doi: <http://dx.doi.org/10.29187/jscmt.2018.28>.
- Özdamar, E. G. (2020). The Alchemist Architect: Towards Exploring Materials. Garip, E. and Garip, S. (Eds.), Handbook of Research on Methodologies for Design and Production Practices in Interior Architecture içinde (pp. 325-342). Hershey: IGI Global, doi: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-7998-7254-2.ch015>.
- Parisi, S., Rognoli, V. ve Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering. An Inspirational Approach for Experiential Learning and Envisioning in Product Design Education. The Design Journal, 20:sup1, S1167-S118, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14606925.2017.1353059>.
- Pepin, J. (2014, May 15). Research Book Bioplastic. 12 Aralık 2015 tarihinde <https://issuu.com/juliette-pepin/docs/bookletbioplastic> adresinden erişildi.
- Peters, S. (2014). Material Revolution 2: New Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture. Basel, Switzerland: Birkhäuser.
- Pilla, S. (Ed.) (2011). Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications. Hoboken, NJ, Wiley; Salem, Mass: Scrivener Pub.
- Plastic. (ty.). Online Etymology Dictionary, Merriam-Webster.com. 21 Aralık 2022 tarihinde <https://www.etymonline.com/word/plastic>, https://www.etymonline.com/word/plasma?ref=etymonline_crossreference adresinden erişildi.
- Rognoli, V. ve Ayala Garcia, C. (2019). Material Activism. New Hybrid Scenarios Between Design and Technology. Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicación, vol. 70, 105-115, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi70.1143>.
- Rossi, P. (1968). Francis Bacon: From Magic to Science. (S. Rabinovitch, Çev.). London: University of Chicago Press.
- Self-Assembly Lab (ty.). MIT. 10 Ocak 2023 tarihinde <https://selfassemblylab.mit.edu/> adresinden erişildi.
- Stevens, E. S. (2002). Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal F. S. ve Swan, S. H. (2009). Plastics, the Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364, 2153-2166. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>.
- Tramer, A., Voltz, R. Lahmani, F. ve Szczepinska-Tramer, J. (2007). What is (was) Alchemy? Acta Physica Polonica A, vol. 112 (Supplement), 5-18. doi: <http://dx.doi.org/10.12693/APhysPolA.112.S-5>.
- TU Delft (ty.). Alive and Kicking: Designing with Living Materials. 10 Ocak 2023 tarihinde <https://www.tudelft.nl/en/stories/articles/alive-and-kicking-designing-with-living-materials> adresinden erişildi.
- UTSOA (2014, Kasım 18). Bioplastics Workshop. The University of Texas at Austin, School of Architecture. 10 Ocak 2023 tarihinde <http://soa.utexas.edu/events/bioplastics-workshop> adresinden erişildi.
- Valente, M. (2013). (Bio)plastic Morphologies. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://wewanttolearn.wordpress.com/2013/03/01/bioplactic-morphologies/> adresinden erişildi.
- Viladrich, J. (2014). Bioplastic - Tools and Recipes. 11 Ağustos 2017 tarihinde <https://issuu.com/johanviladrich/docs/plastic> adresinden erişildi.
- Yeang, K. (2012). Ekotasarım: Ekolojik Tasarım Rehberi. İstanbul: Yem Yayın.
- Yılmaz, M. ve Beyatlı, Y. (2003). Biyoplastik: Poli-β-Hidroksibütirat (PHB). Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 01(09), 1-33. 10 Ocak 2016 tarihinde www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030901.pdf adresinden erişildi.
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company. (2016). The New Plastics Economy—Rethinking the future of plastics. 21 Temmuz 2022 tarihinde <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications> adresinden erişildi.
- WYSS Institute. (2016). Shrilk Biodegradable Plastic. 02 Haziran 2018 tarihinde <https://wyss.harvard.edu/technology/chitosan-bioplastic/> adresinden erişildi.