

Geri Dönüştürülmüş 3D Betonla Sürdürülebilir Kampüs Mobilyası Tasarımı

Tuğçe KALAYCI^{1*}, Alım Selin MUTDOĞAN²

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mimarlık Tasarım Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 80010, Osmaniye

²Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 06800, Ankara

¹<https://orcid.org/0000-0003-4876-3974>

²<https://orcid.org/0000-0002-5845-123X>

*Sorumlu yazar: tugcekalayci@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 20.02.2025

Kabul tarihi: 26.06.2025

Online Yayınlanma: 16.09.2025

Anahtar Kelimeler:

Geri dönüştürülmüş beton

3d beton

Sürdürülebilir tasarım

Kampüs mobilyası

İç mimarlık

ÖZ

Günümüzde tasarım eğitimi, yalnızca estetik ve işlevsellik değil; çevresel sürdürülebilirlik, yenilikçi üretim teknikleri ve malzeme farkındalığı gibi çok boyutlu yetkinlikleri de kapsayan bütüncül bir yaklaşıma dönüşmektedir. Bu bağlamda çalışma, iç mimarlık öğrencilerinin geri dönüştürülmüş 3D beton kullanarak sürdürülebilir kampüs mobilyaları tasarladıkları deneyim temelli bir eğitim sürecini ele almaktadır. Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü ile Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü iş birliğinde yürütülen projeye 36 öğrenci katılmıştır. Katılımcılardan, 3D beton baskı teknolojisini kullanarak çevre dostu, kullanıcı odaklı ve üretilebilir kampüs mobilyaları tasarlamaları beklenmiştir. Fonksiyonellik ve sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda öne çıkan projeler, otobüs durağı yeniden tasarımı, bisiklet kullanıcıları için oturma modülleri, güneş enerjili birimler ve çok işlevli kentsel donatılar üzerine odaklanmıştır. Bulgular, geri dönüştürülmüş 3D betonun iç mimarlık eğitiminde hem teknik hem kavramsal kazanımları desteklediğini, disiplinler arası iş birliğini teşvik ettiğini ve sürdürülebilir tasarım anlayışını güçlendirdiğini göstermektedir.

Sustainable Campus Furniture Design with Recycled 3D Concrete

Research Article

Article History:

Received: 20.02.2025

Accepted: 26.06.2025

Published online: 16.09.2025

Keywords:

Recycled concrete

3d concrete

Sustainable design

Campus furniture

Interior Architecture

ABSTRACT

Design education today is transforming into a holistic approach that encompasses not only aesthetics and functionality but also multidimensional competences such as environmental sustainability, innovative production techniques and material awareness. This study addresses an experience-based educational process in which interior architecture students design sustainable campus furniture using recycled 3D concrete. The project was carried out in collaboration with Hacettepe University Faculty of Fine Arts, Department of Interior Architecture and Environmental Design and Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering. 36 students participated in the project. Participants were expected to design environmentally friendly, user-oriented and manufacturable campus furniture using 3D concrete printing technology. The projects that stood out in line with functionality and sustainability criteria focused on bus stop redesign, seating modules for bicycle users, solar-powered units and multifunctional urban equipment. The findings show that recycled 3D concrete supports both technical and conceptual gains in interior architecture education, encourages interdisciplinary collaboration and strengthens the understanding of sustainable design.

To Cite: Kalayci T., Mutdogan AS. Geri Dönüştürülmüş 3D Betonla Sürdürülebilir Kampüs Mobilyası Tasarımı. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2025; 8(4): 1907-1925.

1. Giriş

İklim değişikliği, yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal düzeyde de etkileri giderek daha fazla hissedilen çok boyutlu bir mesele olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, yapı ve tasarım disiplinleri, söz konusu küresel soruna yönelik çözüm arayışlarında çevresel sürdürülebilirliği gözeten yaklaşımlara daha fazla yer vermektedir (Kobaş ve ark., 2011; Gökşen ve ark., 2017; Yüksel ve ark., 2019; Balçık ve ark., 2023). Kaynak tüketimi, atık yönetimi ve karbon salımı gibi faktörlerin yapı üretim süreçleriyle doğrudan ilişkili olması, alternatif malzeme kullanımı ve yenilikçi üretim tekniklerinin önemini artırmaktadır. Bu bağlamda, geri dönüştürülmüş beton gibi çevresel etkisi azaltılmış malzemelerin ve 3D baskı gibi dijital üretim yöntemlerinin tasarım ve eğitim süreçlerine entegrasyonu, güncel araştırmalarda öne çıkan konular arasında yer almaktadır (Cohen, 2021; Özeren ve ark., 2023; Qurraie ve ark., 2024; Zhang, 2024). Küresel ölçekte karbon emisyonlarının azaltılması, bu hedeflere ulaşmada temel önceliklerden biridir ve bu emisyonların önemli bir bölümü, fosil yakıtlara dayalı enerji üretiminden kaynaklanmaktadır. İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan geleneksel Portland çimentosu da bu soruna katkı sağlayan başlıca etmenlerden biridir; zira üretim süreci yüksek enerji tüketimiyle birlikte yoğun karbondioksit (CO₂) salımına yol açmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir yapı anlayışını destekleyen yeni nesil malzemelere olan ilgiyi ve gereksinimi her geçen gün artırmaktadır.

İnşaat sektörü, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları bakımından önemli bir etki alanına sahiptir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) 2009 tarihli "Bina ve İklim Değişikliği" başlıklı raporunda, küresel ölçekte binalardan kaynaklanan karbon salımının yıllık 86 milyar ton olduğu ve bu değer 2030 yılına kadar artış göstereceği ifade edilmektedir. Aynı raporda, ABD'de inşaat sektörünün sera gazı emisyonları açısından üçüncü büyük kaynak olduğu belirtilmektedir. Türkiye ise hem inşaat sektöründeki gelişim eğilimi hem de coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinin potansiyel etkileriyle karşı karşıya olan ülkelerden biridir. UNEP'in "Akdeniz'de İklim Değişikliği" raporunda, Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden etkilenme düzeyinin küresel ortalamanın üzerinde olabileceğine dikkat çekilmektedir. Bu bağlamda, inşaat sektöründe çevresel etkileri azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmesi, bölgesel düzeyde de önem arz etmektedir.

Türkiye'de bu bölge içinde yer aldığından inşaat sektöründe acil önlemler alınması gereklidir. Bu anlamda Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de inşaat sektörünün sürdürülebilir olması için çeşitli uygulamalar hayata geçirilmeye başlanmıştır. İnşaat atıklarının azaltılması, inşaat malzemelerinde geri dönüştürülebilir veya geri dönüşümü yapılmış malzemelerin kullanılması, yapılarda pasif sistemler kullanılarak enerji ihtiyaç yükünün azaltılması, inşaat atıklarının yeniden kullanılması için çeşitli araştırmaların gerçekleştirilmesi gibi birçok farklı alanda araştırmalar yapılmaktadır (Stein ve ark., 1994; Öztürk, 2000; Huang ve ark., 2002; Samton, 2003; Kartam ve ark., 2005). Bu atıkların geri kazanımı ve tekrar kullanımı, çevresel ve ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de özellikle 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen 7,8 Mw ve 7,5 Mw büyüklüklerindeki deprem felaketlerinin ardından ağır hasar alan veya yıkılan binalardan

oluşan bölgelerde 6303 Sayılı Kentsel Dönüşüm Yasası uyarınca bu mevcut yapıların yıkılması gerekmekte ve bu da büyük ölçüde inşaat yıkıntı atıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yıkıntı alanları hem doğal çevreye zarar vermekte hem de baş edilemeyecek moloz döküm alanları yaratmaktadır. Araştırmalara göre 6 Şubat depreminden sonra sadece Maraş ve Hatay bölgelerinde oluşan moloz 138 milyon tondur. Bu inşaat atığı yeniden inşaatına başlanan bölgeler için doğal dengeyi bozacak bir tehdit unsuru olarak görülmektedir (Kaplan ve Soyluk, 2024).

İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüştürülmesine yönelik ilk çalışmalar, İkinci Dünya Savaşı'nın ardından başlamıştır (Poon, 2007; Rao ve ark., 2007). İnşaat ve yıkıntı atıkları; başta beton olmak üzere kum, çakıl, tuğla, seramik, doğal taşlar, moloz, asfalt, ahşap, metal, cam, plastik, halı parçaları, yalıtım malzemeleri gibi birçok farklı bileşenden oluşabilir. Bunun yanı sıra, asbest ve kurşun gibi insan sağlığına zararlı bazı maddeleri de içerebilir (Öztürk, 2000; Samton, 2003; Rakshvir ve ark., 2006; Esin ve ark., 2007). Genel olarak, inşaat yıkıntı ve atıklarının yönetimi katı atık yönetimiyle benzer bir sistemle ele alınmaktadır. Süreç; atık miktarının azaltılması, kullanılabilir malzemelerin yeniden değerlendirilmesi, geri dönüştürülmesi ve kalan atıkların uygun alanlarda depolanması şeklinde ilerlemektedir. İnşaat yıkıntı atıklarıyla ilgili araştırmalarda öncelikli olarak atık miktarını en aza indirme gereği vurgulanmaktadır (Samton, 2003; Esin ve ark., 2007).

Geleneksel beton üretiminin çevresel etkilerini azaltma çabaları, geri dönüştürülmüş betonun kullanımını giderek daha önemli hale getirmiştir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının değerlendirilmesiyle elde edilen geri dönüştürülmüş beton, sürdürülebilir yapı malzemeleri arasında öne çıkarken, malzeme israfını en aza indirerek döngüsel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda, son yıllarda inşaat sektöründe devrim yaratan 3D beton baskı teknolojisi hem malzeme kullanımında verimliliği artırmak hem de sürdürülebilir ve özelleştirilebilir yapılar üretmek amacıyla dikkat çekmektedir. Geri dönüştürülmüş beton bileşenlerinin 3D baskı süreçlerine entegrasyonu, gelecekte çevre dostu yapı sistemlerinin yaygınlaşmasını destekleyebilme potansiyeli taşımaktadır.

3D yazdırılan beton, bilgisayar kontrollü robotik sistemler aracılığıyla beton malzemenin katmanlar halinde sıralı olarak yerleştirilmesiyle üretilmektedir. Bu teknoloji, önceden hazırlanmış dijital tasarımları takip ederek 3D eklemeli üretim veya dijital imalat olarak adlandırılan süreci gerçekleştirme (Nilimaa,2023) ve inşaat sektöründe verimliliği artırma, özelleştirilmiş tasarımlar sunma ile çevresel sürdürülebilirliği destekleme gibi avantajlarıyla önemli bir yenilik olarak öne çıkmaktadır.

Geleneksel beton döküm yöntemlerinden farklı olarak, 3D baskı sürecinde iskele veya kalıp desteğine ihtiyaç duyulmamaktadır. Beton, bilgisayar kontrollü sistemler aracılığıyla otomatik olarak katman katman yerleştirilerek inşa edilir. Bu yöntem; hızlı üretim, esneklik ve kalıp gerektirmemesi gibi avantajlar sunmaktadır (Wang ve ark., 2024). Ancak, kalıpsız üretim süreci, yüzeyin daha hızlı kurumasına ve buharlaşma oranının artmasına neden olabilir. Bu durum, 3D baskılı beton yapılarının kısıtlamalara tabi tutulduğunda büzülme ve çatlamaya karşı daha hassas hale gelmesine yol açmaktadır (Ma ve ark., 2024).

3D baskılı betonun öne çıkan özellikleri arasında yüksek geometrik esneklik, düşük işçilik maliyeti, hızlı inşaat süreci ve azaltılmış çevresel etkiler bulunmaktadır. Bununla birlikte, 3D baskılı betonların basınç dayanımı oldukça yüksek olup, genellikle basınca maruz kalan yapısal bileşenlerde tercih edilmektedir (Pen ve ark., 2023) Son yıllarda, 3D beton baskı teknolojisi mimari ve inşaat sektörlerinde yaygınlaşmaya başlamıştır. İlk olarak küçük ölçekli yapısal olmayan elemanlarla başlayan uygulamalar, zamanla ofis binaları, laboratuvarlar, yayalar için köprüler, konut yapıları ve hatta motorlu araç trafiğine uygun köprüler gibi daha büyük ölçekli projelere dönüşmüştür (Tay ve ark., 2017).



Şekil 1. Hacettepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü İleri Yapı Malzemeleri Araştırma Laboratuvarında 3D beton baskı görüntüleri (Yazarın kişisel arşivi, 2024).

Teknoloji desteği ile ölçek olarak büyüyen projelerde, yapıların yaşam döngüsü boyunca tanımladığı enerji verimliliği, malzeme kullanımı, atık yönetimi ve iklimle uyum gibi kriterlerin de dikkate alınması kaçınılmaz hâle gelmektedir. Geri dönüştürülmüş yapı malzemeleri, özellikle beton gibi çevresel etkisi yüksek olanların yeniden kullanımı, bu süreçte hem doğal kaynakların korunmasına hem de döngüsel ekonomiye katkı sağlamaktadır (USGBC, 2023; Cemex Ventures, 2024). Bu bağlamda, geri dönüştürülmüş betonun 3D baskı teknolojisiyle entegre edilmesi, sürdürülebilir yapı üretiminin teknik ve estetik boyutlarını bir araya getiren yenilikçi bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Bu yaklaşım yalnızca profesyonel uygulama düzeyinde değil, aynı zamanda tasarım eğitiminde de doğrudan karşılık bulmaktadır. Çünkü sürdürülebilirlik, mimarlık ve iç mimarlık disiplinleri açısından yalnızca çevresel kaygılarla sınırlı bir kavramsal çerçeve sunmamakta; aynı zamanda tasarımın ekonomik, sosyal ve kültürel boyutlarını da kapsayan bütüncül bir yaklaşım biçimi olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda-sürdürülebilirlik ilkelerinin öğrenciler tarafından yalnızca kuramsal düzeyde kavranması yeterli olmamakta; bu ilkelerin tasarım sürecine entegrasyonunun uygulamalı ve deneyim temelli öğrenme yollarıyla desteklenmesi gerekmektedir. 3D baskı teknolojisinin tasarım eğitimine entegre edilmesi, öğrencilere dijital tasarımları üretilebilir gerçek nesnelere dönüştürme

imkânı sunmakta; böylece tasarımın teknik sınırlılıkları, malzeme davranışları ve üretim süreçleri hakkında doğrudan deneyim kazandırmaktadır.

Çalışma kapsamında paylaşılan teorik verileri uygulamaya geçirmek amaçlı ele alınan kent ve kampüs mobilyaları, mimari sürdürülebilirliğin somutlaştığı önemli tasarım ölçeklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu tür yarı kamusal veya kamusal donatılar, yalnızca işlevsel ihtiyaçlara yanıt vermekle kalmayıp; kullanıcı konforunu artırma, sosyal etkileşimi destekleme ve çevresel farkındalık oluşturma gibi daha geniş bağlamsal işlevleri de yerine getirmektedir. Aynı zamanda bu mobilyalar, yerleştirildikleri fiziksel çevreyle ilişkili olarak kamusal mekânın kimliğini biçimlendirme potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle, kent ve kampüs mobilyası tasarımı yalnızca biçimsel estetik düzeyde değil; sürdürülebilirlik ilkeleri, malzeme seçimi ve üretim yöntemleriyle birlikte ele alınması gereken çok boyutlu bir tasarım alanı olarak öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda, geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı ve düşük atık üreten üretim tekniklerinin tercih edilmesi, söz konusu mobilya tasarımlarının sürdürülebilirlik ekseninde yeniden düşünülmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yapı yıkıntılarından elde edilen geri dönüştürülmüş beton gibi alternatif malzemeler, döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu olarak değerlendirilmekte ve karbon salımını azaltmaya yönelik somut katkılar sunmaktadır. Bu malzemelerin 3D beton baskı teknolojisiyle bir araya getirilmesi ise, üretim süreçlerinde verimliliği artırmakta; kalıpsız ve esnek üretim yapısıyla biçimsel çeşitliliği desteklemektedir. Geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha az kaynak tüketen bu teknoloji hem ekonomik hem çevresel açıdan sürdürülebilir tasarım çözümlerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir.

Bu bağlamda, 3D beton baskı teknolojisi ile çalışan mühendislik, malzeme bilimi ve çevre tasarımı gibi disiplinlerle iş birliği, öğrencilerin tasarımlarını teknik ve çevresel kriterler doğrultusunda değerlendirmelerini sağlamaktadır. (Şensoy ve ark., 2015; Şekerci ve ark., 2023; Ümütlü ve ark., 2024). Bu çerçevede Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü ve Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümü ile ortak bir çalışma yapılmıştır. İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı öğrencilerinin eğitim hayatı boyunca içinde bulundukları yapıları çevre ile daha derin bir bağ kurması, sürdürülebilirlik kavramlarına bütüncül bir yaklaşımla bakabilmeleri ve sorunlara çözüm üretme yeteneklerinin artırılması amacıyla bir proje geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında hem inşaat atığının nasıl geri dönüştürülebileceğine dair teknik bilginin peşine düşülmüş, hem de kampüs içinde var olan sorunlara çözümler getirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma Soruları

- 3D Beton teknolojisi ve geri dönüştürülmüş betonun tasarım sürecine etkileri nelerdir?
- 3D beton teknolojisi ve geri dönüştürülmüş betonun uygulanabilirliği ve sınırlılıkları nelerdir?
- Öğrencilerin kullanıcı odaklı tasarım anlayışı, kampüs mobilyası projelerinde daha fonksiyonel ve kullanıcı dostu çözümler geliştirmelerini sağlar mı?
- Kampüs mobilyası tasarımında 3D beton teknolojisi, geleneksel yöntemlere kıyasla ne tür yenilikçi ve esnek çözümler sunar?

- Disiplinler arası iş birliği, inşaat mühendisliği ile iç mimarlık eğitiminde öğrencilerin tasarım ve teknik bilgi becerilerini nasıl geliştirir?

2. Materyal ve Metot

2.1.Araştırmanın Tasarımı

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü ile Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü iş birliğinde, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü'nde 2023-2024 Bahar döneminde açılan İÇT 490 Sürdürülebilir Kent ve Mekân isimli seçmeli ders kapsamında yürütülen projeye dayanmaktadır. Proje, dönem boyunca (14 hafta) sürdürülen uygulamalı bir stüdyo çalışması olarak tasarlanmıştır. Dersi 3. ve 4. Sınıf düzeyindeki 36 öğrenci kendi isteğiyle seçmiştir. Çalışma kapsamında dersi seçen 36 öğrenci 6 adet gruba ayrılmıştır. Her grup öncelikle kavramsal araştırmalarını takiben bireysel tasarımlarını sunmuş daha sonra tasarım yaklaşımları yakın olan kişiler 2'li çalışma gruplarına ayrılmıştır. Bu metinde ders kapsamında tasarımı yapılan 4 adet projeye yer verilmiştir. Söz konusu çalışmalar tüm süreci doğru yönetmiş ve süreç içinde gelişim göstermişlerdir. Kapsam dışı bırakılan projelerde süreç doğru akışta ilerletilemediği için çalışmaya dahil edilmemiştir.

2.2. Veri Toplama Süreci

Bu araştırmanın veri toplama süreci, proje tabanlı bir ders kapsamında yürütülen gözlem, analiz ve uygulama temelli faaliyetleri içermektedir. Dersin amacı doğrultusunda hem kuramsal bilgilerin aktarılması hem de uygulamalı çalışmaların gerçekleştirilmesi hedeflenmiş; böylelikle öğrencilerin sürdürülebilirlik, kullanıcı ihtiyaçları ve üretim teknolojileri ekseninde tasarım geliştirmeleri teşvik edilmiştir.

İlk iki haftalık süreçte öğrencilere dersin genel çerçevesi tanıtılmış, öğrenme çıktıları ve proje hedefleri paylaşılmıştır. Bu kapsamda, **kamusal alan**, **kent mobilyası** ve **sürdürülebilir tasarım** gibi temel kavramlar teorik olarak işlenmiş; bu kavramların iç mekân tasarımı bağlamındaki yeri örneklerle tartışılmıştır. Öğrenciler, bu teorik zemine dayalı olarak bağlamsal, çevresel ve işlevsel tasarım hedefleri üzerine düşünmeye yönlendirilmiştir.

Üçüncü ve dördüncü haftalarda yürütülen alan çalışması ve analiz aşamasında, öğrencilerden Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü'ndeki farklı mekânlarda doğrudan gözlemler yapmaları ve sürdürülebilirlik kriterleri çerçevesinde mevcut kent mobilyalarını incelemeleri istenmiştir. Bu bağlamda:

- Kampüs genelinde mevcut kentsel donatılar belgelenmiş,
- Sosyalleşmeyi teşvik eden, çoklu kullanım sunan, ders çalışma veya yemek yeme gibi işlevlere hizmet eden alanlar analiz edilmiştir,
- Güvenlik, erişilebilirlik ve kullanıcı çeşitliliği gibi etkenler değerlendirilmiş,
- Hayvan dostu tasarımlar gibi sosyal sürdürülebilirlik unsurlarına da dikkat edilmiştir.



Şekil 2. İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı öğrencilerinin ders kapsamında İleri Yapı Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı ziyareti, (Yazarın kişisel arşivi, 2024).

Beşinci haftada gerçekleştirilen teknik gezi kapsamında, proje sürecinde kullanılacak 3D beton baskı teknolojisi hakkında öğrencilere Hacettepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü İleri Yapı Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı'nda hem teorik hem de uygulamalı bilgi aktarımı sağlanmıştır. Bu ziyaret sırasında:

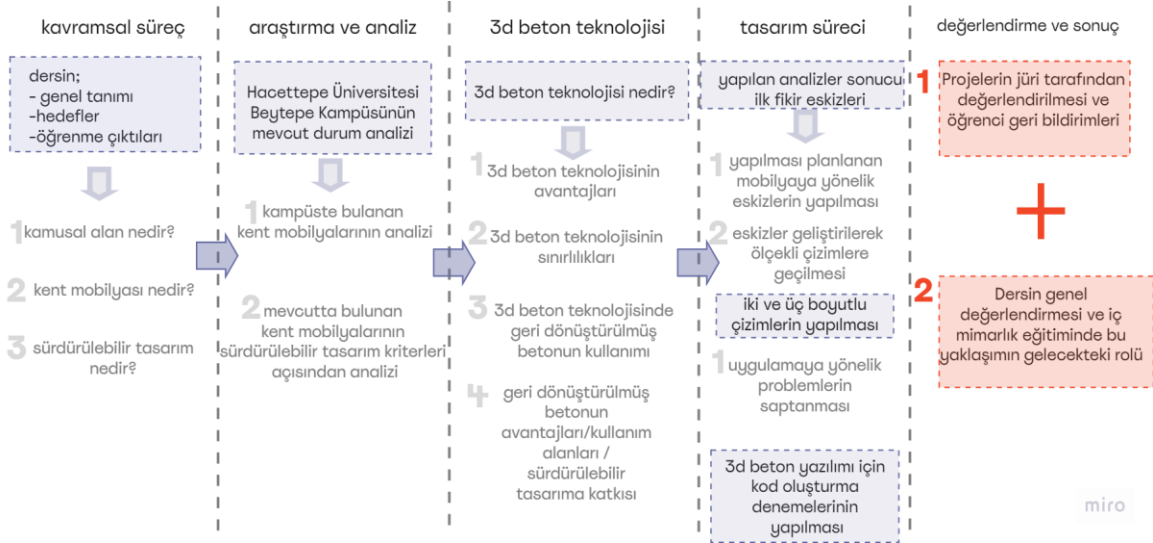
- 3D betonun üretim süreci, avantajları ve sınırlılıkları,
- Geri dönüştürülmüş betonun çevresel katkısı ve teknik özellikleri,
- Dijital üretime uygun tasarım ilkeleri,

öğrencilere detaylı biçimde sunulmuştur. Bu bilgiler, öğrencilerin proje sürecinde kullanacakları malzeme ve teknolojileri daha bilinçli bir şekilde entegre etmelerine olanak tanımıştır.

Altıncı haftadan itibaren başlayan sekiz haftalık tasarım sürecinde, öğrenciler ilk olarak kavramsal eskizler geliştirmiş, ardından bu tasarımları ölçekli teknik çizimlere ve üç boyutlu temsillere dönüştürmüştür. Dokuzuncu haftada gerçekleştirilen ara jüri sunumları, veri toplama sürecinin çıktılarının hem teknik hem tasarım olarak değerlendirildiği önemli bir aşamayı oluşturmuştur. Bu sunumlarda:

- Teknik yeterlilik,
- Özgünlük,
- Sürdürülebilirlik,
- Üretilirlik,
- Sunum kalitesi,

gibi kriterler doğrultusunda jüri üyelerinden geri bildirimler alınmıştır. Öğrenciler, bu geri bildirimleri dikkate alarak projelerini detaylandırmış ve uygulamaya yönelik çözümlemelerle son hâline getirmiştir. Böylece hem gözlem ve analizle başlayan veri toplama süreci hem de jüri temelli değerlendirme döngüsü tamamlanarak somut tasarım çıktıları elde edilmiştir.



Şekil 3. Ders işleyiş akışı, (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

2.3. Veri Analizi Süreci

Veri setini; öğrenci projelerinin tasarım süreçleri, jüri sunumları, uygulama dosyaları ve jüri üyeleri tarafından yapılan değerlendirme puanları oluşturmuştur. Analiz süreci, öğrenci projelerinin teknik, işlev ve tasarım yönlerini ortaya koyacak şekilde yapılandırılmıştır.

Projeler, önceden belirlenmiş beş temel kriter doğrultusunda değerlendirilmiştir:

- **Fonksiyonellik ve Kullanıcı Odaklılık:** Tasarımların belirlenen kullanıcı profiline uygunluğu, ergonomik nitelikleri ve kullanım pratiklerine sağladığı katkılar incelenmiştir.
- **Yenilikçilik ve Tasarım Yaklaşımı:** 3D beton baskı teknolojisinin yaratıcı biçimde kullanımı, geleneksel çözümlerden farklılaşan yönler ve özgün tasarım anlayışı değerlendirilmiştir.
- **Sürdürülebilirlik ve Malzeme Kullanımı:** Geri dönüştürülmüş betonun çevresel etkiler ve döngüsel ekonomi bağlamındaki katkıları göz önünde bulundurulmuş, malzeme seçimi ve sürdürülebilirlik stratejileri analiz edilmiştir.
- **Teknik Uygunluk ve Üretilirlik:** Tasarımların teknik çizimlerle ifade edilebilirliği, üretim sürecine entegrasyon potansiyeli ve 3D baskı teknolojisine olan uygunluğu değerlendirilmiştir.
- **Sunum Kalitesi ve Açıklayıcılık:** Proje paftalarının, teknik açıklamaların ve sözlü sunumların anlaşılabilirliği, tutarlılığı ve ifade gücü dikkate alınmıştır.

Değerlendirme süreci, her biri ilgili uzmanlık alanını temsil eden toplam dört jüri üyesi tarafından yürütülmüştür. Jüri; H.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden iki öğretim üyesi ile H.Ü. İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü'nden iki öğretim üyesinden oluşmaktadır. Bu disiplinler arası yapı sayesinde projeler hem teknik mühendislik kriterleri hem de tasarım odaklı estetik ve kullanıcı deneyimi açısından çok yönlü olarak değerlendirilmiştir.

Her jüri üyesi, projeleri bireysel olarak puanlamış; değerlendirme formlarında yer alan her kriter için 20 üzerinden puanlama yapılmıştır, beş kriter toplamında 100 tam puan elde edilmiştir. Elde edilen puanlar üzerinden aritmetik ortalamalar hesaplanmış ve projelerin genel başarı düzeyi belirlenmiştir. Bu yapılandırılmış değerlendirme sistemi, öğrencilerin projelerindeki güçlü ve gelişime açık yönlerin sistematik olarak analiz edilmesine olanak tanımıştır.

Veri analiz süreci sonucunda ulaşılan bulgular, sadece projelerin teknik ve kavramsal niteliklerini ortaya koymakla kalmamış; aynı zamanda proje tabanlı ve disiplinler arası öğrenme süreçlerinin iç mimarlık eğitimi bağlamındaki katkılarını da görünür kılmıştır.

3. Bulgular

Bu çalışma kapsamında, iç mimarlık öğrencileri tarafından geliştirilen kampüs mobilyası projeleri çok boyutlu bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Geri dönüştürülmüş beton kullanılarak 3D baskı teknolojisiyle üretilebilirlik ilkesi çerçevesinde geliştirilen tasarımlar, tasarımın fonksiyonelliği, yenilikçiliği, sürdürülebilirliği, teknik uygunluğu ve sunum kalitesi gibi kriterler üzerinden yapılandırılmış bir değerlendirme süreciyle analiz edilmiştir. Aşağıda yer alan değerlendirme ölçütleri, projelerin bütünsel niteliklerini ortaya koymak ve öğrenme hedefleriyle ne ölçüde örtüştüğünü belirlemek amacıyla oluşturulmuştur.

Fonksiyonellik ve kullanıcı odaklılık açısından, tasarımların hedeflenen kullanıcı kitlesine ne kadar uygun olduğu, ergonomi ve günlük kullanım pratikliği değerlendirilirken, kampüs yaşamına entegrasyonu da önemli bir faktör olarak ele alınmıştır. Yenilikçilik ve tasarım yaklaşımı çerçevesinde; projenin geleneksel yöntemlerden farklı, yaratıcı ve özgün çözümler sunup sunmadığına, 3D beton baskı teknolojisinin nasıl kullanıldığına ve projeye sağladığı avantajlara odaklanılmıştır. Sürdürülebilirlik ve malzeme kullanımı bağlamında; geri dönüştürülmüş beton ve çevre dostu malzemelerin projeye nasıl entegre edildiğini, çevresel etkilerin nasıl azaltıldığını ve döngüsel ekonomi ilkelerine ne kadar uygun olduğunu değerlendirilmiştir. Teknik uygunluk ve üretilebilirlik yaklaşımında; tasarımın ölçekli çizimleri ve teknik detaylarının yeterliliği, 3D beton baskı sürecine uygunluğu ve üretilebilirliğini göz önünde bulundurulmuştur. Son olarak, sunum kalitesi ve açıklayıcılık bağlamında, proje raporunun, teknik çizimlerin ve sunumun ne kadar anlaşılır olduğunu, tasarım sürecinin açıkça ifade edilip edilmediğini ve jüri değerlendirmesinde ne kadar etkili savunulduğunu analiz edilmiştir. Bu değerlendirme kriterleri, projelerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını sağlayarak hem akademik hem de uygulama odaklı bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

Proje1



Şekil 4. Proje1 tasarım paftası

Proje 1; Hacettepe Üniversitesi kampüsünde yer alan yurtların ve yemek alanlarının bulunduğu bölgede, kent mobilyası eksikliğini gidermeye yönelik bisiklet kullanıcılarına özel modüler yapılar ve oturma alanları tasarlanmıştır. Proje, kampüsün yurt bölgesini çalışma alanı olarak belirlemiş ve bu bölgeye özgü sorunları tespit ederek, bu sorunlara yönelik yenilikçi çözümler geliştirmeyi hedeflemiştir.

Tasarım sürecinde, kullanıcı odaklı bir yaklaşım esas alınmış, bu çerçevede bisiklet kullanıcılarının ihtiyaçları ve kampüs yaşamına dair dinamikler dikkatle analiz edilmiştir. Kullanıcıların konforu, güvenliği ve fonksiyonel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, modüler yapılar ve oturma alanları en uygun şekilde tasarlanmıştır. Bu odak, sadece fiziksel ihtiyaçları karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda kullanıcı deneyimini zenginleştirecek ergonomik çözümleri de içermektedir. Tasarımın 3d beton üretim teknolojisine de uyum sağlaması olumlu görülmektedir. Fakat tasarımların monoblok olması çeşitlenebilir olma ihtimalini kısıtlamaktadır. Tasarımın çıkış noktası olumlu bulunmakla birlikte projenin detaylarının yeterince ele alınmaması tasarımın ham halde kalmasına sebep olmuştur.

Tablo1. Proje 1 değerlendirme

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme
Fonksiyonellik ve Kullanıcı Odaklılık	Bisiklet kullanıcılarının ihtiyaçları detaylı analiz edilerek çözümler üretilmiş, ancak ergonomi ve detaylı kullanım senaryoları tam olarak ele alınmamış.
Yenilikçilik ve Tasarım Yaklaşımı	3D beton teknolojisine uygunluk açısından olumlu olsa da, tasarım monoblok yapısı nedeniyle çeşitlenebilirliği sınırlıyor. Daha esnek bir modüler yapı geliştirilebilirdi.
Sürdürülebilirlik ve Malzeme Kullanımı	Geri dönüştürülmüş betonun entegrasyonu başarılı, ancak proje atık yönetimi ve çevresel etki konusunda daha fazla veri içerebilir.
Teknik Uygunluk ve Üretilirlik	3D beton üretim sürecine uygun olsa da, tasarımın monoblok yapısı üretim sürecini zorlaştırabilir. Daha fazla detaylandırma gerekebilir.
Sunum Kalitesi ve Açıklayıcılık	Proje süreci iyi anlatılmış ancak teknik detaylar ve ölçekli çizimlerin yetersizliği sürecin eksik kalmasına sebep olmuş.

Proje 2



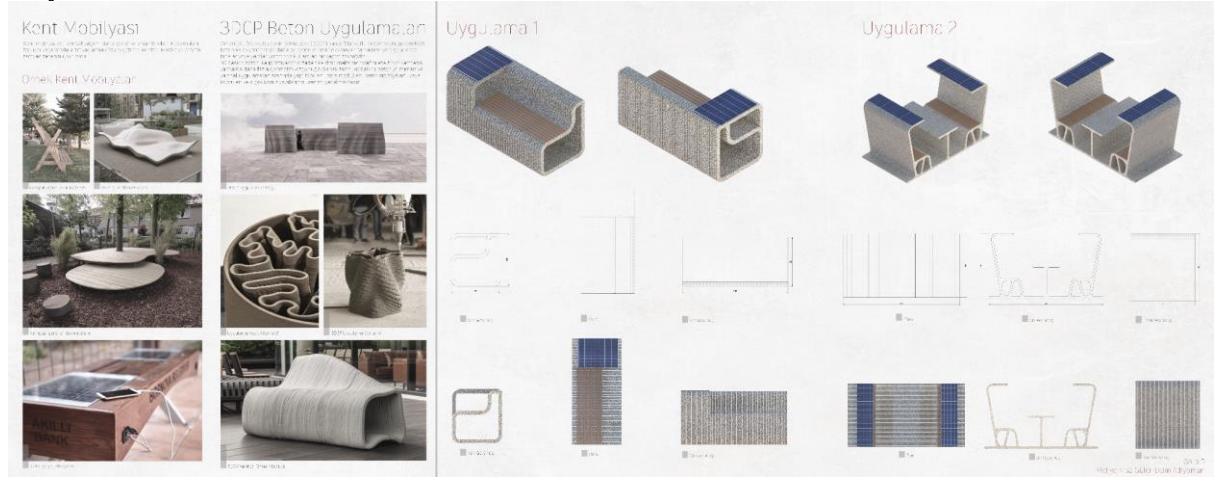
Şekil 5. Proje 2 tasarım paftası

Proje 2; kampüs içerisindeki otobüs duraklarının yeniden ele alınarak, kullanıcı odaklı ve çağdaş bir yaklaşımla enerji etkin bir durak tasarımına dönüştürülmesini hedeflemektedir. Bu proje, sürdürülebilirlik, estetik ve işlevsellik ilkeleri doğrultusunda şekillendirilmiş olup hem kullanıcı deneyimini iyileştirmek hem de kampüsün genel görünümüne katkı sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Projede kullanıcıların otobüs beklerken rahat edebileceği, güvenli ve korunaklı bir alan sunmayı amaçlamaktadır. Tasarımda oturma alanlarının ergonomisine özel bir önem verilmiştir; böylece kullanıcıların uzun süre rahatça oturabilmeleri sağlanmıştır. Ayrıca, durağın güneş ve yağmur gibi hava koşullarına karşı koruma sağlayan üst yapısı, kullanıcıların konforunu artırmayı hedeflemektedir. Bu fonksiyonel özellikler, durağın kullanıcı dostu olmasını sağlayarak, günlük kullanımda pratik ve konforlu bir deneyim sunmaktadır. Ayrıca, tasarımın mimari karakteri, durağın hem işlevsel hem de görsel açıdan kampüsün mimari kimliğine bir katkı sağlamaktadır. Projede kullanılan 3D beton üretim teknolojisi, tasarım sürecine önemli bir yenilikçi boyut kazandırmıştır. Bu ileri teknoloji, durağın karmaşık geometrik formlarının ve detaylarının oluşturulmasında etkili bir şekilde entegre edilmiştir. 3D beton teknolojisinin sağladığı esneklik ve yüksek hassasiyet, tasarımın estetik ve işlevsel unsurlarının uyum içerisinde bir araya getirilmesine olanak tanımıştır. Özellikle, durağın modern ve özgün formu, bu teknoloji aracılığıyla somutlaştırılmış olup, geleneksel yapı tekniklerine kıyasla daha çağdaş bir yorum getirmiştir. Bu bağlamda, 3D beton teknolojisi, projenin yenilikçi karakterini vurgulayan temel bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Projenin en dikkat çekici özelliklerinden biri de modüler tasarım yaklaşımıdır. Bu modüler yapı, durağın farklı ölçü ve modüllerle bir araya getirilmesine olanak tanımaktadır. Bu esneklik, projenin farklı kampüs alanlarına ve ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilmesini sağlamaktadır. Modüler tasarım sayesinde, durağın farklı versiyonları oluşturulabilmekte ve çeşitli alanlara uygun hale getirilebilmektedir. Bu, projenin ölçeklenebilirliğini artırarak, farklı mekanlara uyarlanabilmesini sağlamaktadır. Tasarım süreci boyunca, mimari proje detaylandırılmış ve üretime yönelik çizimler detaylı bir şekilde hazırlanmıştır. Ölçekli çizimlerin ve detaylandırmaların yapılması, durağın üretim aşamasında hatasız bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Her bir modülün, üretim teknolojilerine uygun olarak tasarlanması, projenin hayata geçirilmesi sırasında karşılaşılabilecek zorlukları minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Tablo 2. Proje2 değerlendirme

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme
Fonksiyonellik ve Kullanıcı Odaklılık	Kullanıcı konforu ön planda tutularak ergonomik oturma alanları tasarlanmış, ancak durağın güvenlik ve aydınlatma gibi unsurları daha fazla ele alınabilirdi.
Yenilikçilik ve Tasarım Yaklaşımı	3D beton baskı teknolojisi etkili bir şekilde kullanılmış, modüler yapı yaklaşımı projeye uyarlanabilirlik kazandırmış.
Sürdürülebilirlik ve Malzeme Kullanımı	Geri dönüştürülmüş beton ile sürdürülebilir malzeme kullanımı desteklenmiş, ancak malzeme seçiminde enerji verimliliği daha fazla vurgulanabilir.
Teknik Uygunluk ve Üretilirlik	3D baskı süreciyle uyumlu tasarım geliştirilmiş, ancak montaj süreci ve üretim aşamaları daha detaylı ele alınmalı.
Sunum Kalitesi ve Açıklayıcılık	Proje detayları ve ölçekli çizimler açık ve anlaşılır, iyi bir sunum hazırlanmış.

Proje 3

**Şekil 6.** Proje 3 tasarım paftası

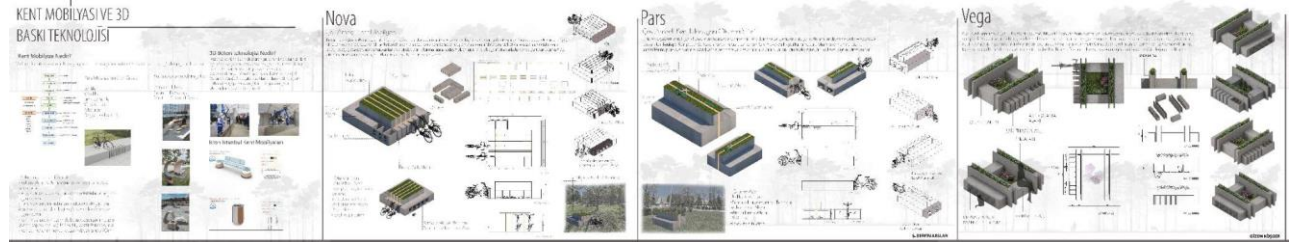
Proje 3; kent mobilyası eksikliklerini gidermek ve kullanıcıların hem dinlenme hem de enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmış, yenilikçi bir kent mobilyası çözümüdür. Proje kapsamında, öğrencilerin dinlenme sırasında güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren paneller aracılığıyla elektronik cihazlarını (telefon, tablet, laptop vb.) şarj edebilecekleri bir oturma modülü tasarlanmıştır. Bu oturma birimleri, sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek, çevresel sürdürülebilirliğe önemli bir katkı sunmaktadır. Güneş panelleriyle donatılmış yapılar, enerji verimliliği sağlamanın yanı sıra, kampüs kullanıcılarına çevreye duyarlı bir yaşam tarzı benimseme imkânı tanımaktadır. Ayrıca, tasarım sürecinde farklı alternatiflerin çalışılması ve çeşitlendirilmesi, projenin adaptasyon kapasitesini artırmakta ve farklı kullanım senaryolarına uyum sağlama esnekliği sunmaktadır. Bununla birlikte, tasarımın yekpare yapısı, modülerlik açısından bazı sınırlamalar getirmektedir. Yekpare yapı, bir yandan dayanıklılık ve estetik açıdan avantaj sağlarken, diğer yandan modüler bir yapının sağladığı esnekliğin önüne geçebilmektedir. Proje, 3D beton üretim teknolojisiyle

uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarım sürecinde, 3D beton üretim tekniklerinin gerektirdiği teknik ve yapısal özellikler dikkate alınmış ve bu doğrultuda uygun çözümler geliştirilmiştir. 3D beton teknolojisinin sağladığı hassasiyet ve esneklik, tasarımın hem estetik hem de işlevsel unsurlarını başarıyla bir araya getirmiştir. Tasarıma ait uygulama çizimlerinin detaylandırılmış olması, projenin üretilebilirliğini destekleyen önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Proje, kampüs içerisinde hem dinlenme hem de enerji ihtiyaçlarını karşılayan, aynı zamanda çevre dostu bir çözüm sunmaktadır.

Tablo 3. Proje 3 değerlendirme

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme
Fonksiyonellik ve Kullanıcı Odaklılık	Kullanıcı ihtiyaçlarını doğrudan karşılayan bir tasarım geliştirilmiş, elektronik cihazların şarj edilebilmesi yenilikçi bir özellik olmuş.
Yenilikçilik ve Tasarım Yaklaşımı	Sürdürülebilir enerji kullanımını teşvik eden bir yaklaşıma sahip, ancak tasarımın modüler olmaması esneklik açısından bazı sınırlamalar getirmiş.
Sürdürülebilirlik ve Malzeme Kullanımı	Enerji verimliliği açısından önemli bir katkı sunuyor, geri dönüştürülmüş malzemeler etkili kullanılmış.
Teknik Uygunluk ve Üretilebilirlik	3D beton teknolojisine uygun tasarım yapılmış ancak yekpare yapının üretim sürecinde zorluklar oluşturabileceği gözlemlenmiş.
Sunum Kalitesi ve Açıklayıcılık	Açıklayıcı paftalar hazırlanmış ancak üretim sürecinin aşamaları daha detaylı anlatılabilirdi.

Proje 4



Şekil 7. Proje 4 Tasarım paftası

Proje 4; kampüs içerisinde merkezi yerlerde konumlandırılmak üzere tasarlanmıştır. Birçok işlevi içerisinde barındıran bir kent mobilyasıdır. Oturma, atık toplama ve bisiklet park etme fonksiyonlarının yanı sıra diğer projelerde kullanılmayan peyzaj tasarımına da bu projede yer verilmiştir. Tasarımın modüler yapısı, farklı alanlar için esnek çözümler sunarak, çeşitli kullanım senaryolarına uyum sağlayabilmektedir. Örneğin, bisiklet kullanımının mümkün olmadığı yerlerde, tasarım yalnızca oturma fonksiyonunu yerine getirecek şekilde adapte edilebilmektedir. Projenin modüler olması, tasarımın konumlandırılacağı mekâna göre farklı boyut ve kombinasyonlarda uygulanabilmesine olanak tanımaktadır. Bu, projenin kampüs genelinde çeşitli alanlara uyarlanabilirliğini artırmaktadır. Bununla birlikte, 3D beton teknolojisi ile uyumlu olarak tasarlanmış olmasına rağmen, büyük monoblok parçalardan oluşması, taşıma ve montaj sürecinde potansiyel kırılma ve hasar risklerini beraberinde getirebilmektedir. Bu durum, tasarımın yeniden gözden geçirilmesi ve hafifletilmesi amacıyla bazı

denemelerin yapılmasını gerekli kılabilir. Önerilen bu denemeler, tasarımın yapısal dayanıklılığını artırarak, taşınabilirlik ve montaj kolaylığı açısından optimize edilmesine katkı sağlayabilir. Tasarıma ait uygulama çizimlerinin detaylandırılmış olması, projenin üretilebilirliğini destekleyen önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Projenin yalnızca bir kent mobilyası olarak değil, aynı zamanda kampüs içerisindeki sosyal ve fiziksel çevreyi zenginleştiren bir peyzaj ögesi olarak da değerlendirildiği söylenebilmektedir.

Tablo 4. Proje değerlendirme

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme
Fonksiyonellik ve Kullanıcı Odaklılık	Çok fonksiyonlu yapısı sayesinde geniş bir kullanıcı kitlesine hitap ediyor. Ancak, bazı bölümlerin işlevselliği daha detaylı analiz edilmeli.
Yenilikçilik ve Tasarım Yaklaşımı	Farklı işlevleri bir arada sunan modüler bir sistem tasarlanmış, ancak taşınabilirlik ve montaj açısından bazı kısıtlar var.
Sürdürülebilirlik ve Malzeme Kullanımı	3D beton ve geri dönüştürülmüş malzemeler etkin şekilde kullanılmış, ancak üretim sırasında malzeme tüketimi daha verimli hale getirilebilir.
Teknik Uygunluk ve Üretilebilirlik	Modüler tasarım avantajlı olsa da, montaj ve taşıma süreçleri için yapısal iyileştirmeler gerekli.
Sunum Kalitesi ve Açıklayıcılık	Proje sunumu detaylı hazırlanmış, uygulama sürecini net bir şekilde ortaya koyuyor.

4. Tartışma

Bu çalışma, iç mimarlık eğitiminde sürdürülebilirlik odaklı malzeme kullanımı ve yenilikçi üretim teknolojilerinin eğitime katkılarını değerlendirmek amacıyla yürütülmüş; özellikle 3D beton baskı ile geliştirilen kampüs mobilyaları üzerinden öğrenci kazanımları ve disiplinler arası öğrenme biçimleri irdelenmiştir. Elde edilen bulgular, sürdürülebilirlik bilincinin geliştirilmesi, teknik üretim sürecine aktif katılım, kullanıcı odaklı düşünme becerisinin kazandırılması ve yerel bağlama duyarlı tasarımlar oluşturulması gibi çok katmanlı eğitsel çıktılarla hem teorik hem de uygulamalı düzeyde önemli kazanımlar sağlandığını göstermektedir.

Literatürde sürdürülebilir kent mobilyası tasarımı üzerine birçok örnek bulunmakla birlikte, bu örneklerin önemli bir kısmı yalnızca çevresel etkiler veya estetik kaygılar üzerinden değerlendirme yapmaktadır (Şatır, 2015; Kahveci ve ark., 2020; Kılıç ve ark., 2021; İmert, 2023; Şatıroğlu ve ark., 2023; Şerifzade ve ark., 2023). Ancak yapılan bu çalışmada, sürdürülebilirlik yalnızca malzeme tercihleriyle sınırlı kalmamış; malzemenin geri dönüşüm potansiyeli, enerji verimliliği, yapısal dayanıklılığı ve yerel bağlama uygunluğu gibi birçok ölçüt çok yönlü bir biçimde değerlendirilmiştir. Öğrencilerin bu kriterler doğrultusunda geliştirdikleri projelerde, malzeme seçimi ve tasarım kararlarının yalnızca görsel ya da biçimsel değil, çevresel ve toplumsal sorumluluk bilinciyle şekillendiği görülmektedir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilirliği bütüncül bir eğitimsel stratejiye dönüştürme açısından literatürdeki örneklerden ayrılmaktadır.

Disiplinler arası iş birliği boyutu da çalışmanın dikkat çeken yönlerinden biridir. Literatürde, kampüs mobilyası tasarımına ilişkin çok sayıda çalışma olsa da (Karaca ve ark., 2020; Hergül, 2021; Güngör ve ark., 2023; Kulak Torun ve ark., 2024), çoğu örnekte disiplinler arası iş birlikleri genellikle sınırlı kalmakta veya yalnızca danışmanlık düzeyinde sürdürülmektedir. Bu çalışmada ise, inşaat mühendisliği bölümü öğretim elemanları sürece doğrudan entegre edilmiştir. Bu durum, iç mimarlık öğrencilerine yalnızca estetik veya kullanıcı odaklı değil, aynı zamanda malzeme bilimi, yapısal mantık ve üretim teknolojisi gibi alanlarda da düşünme becerisi kazandırmıştır. Bu bütüncül yaklaşım, Hergül'ün (2021) disiplinler arası öğrenme modeline yaptığı vurgu ile de örtüşmektedir.

Kampüs ölçeğinde kullanıcı odaklı çözümler geliştirme çabası, bu çalışmanın literatürdeki diğer örneklerden bir diğer önemli ayrışma noktasıdır. Şatıroğlu ve ark. (2023) ve Güngör ve ark. (2023) gibi çalışmalarda kampüs mobilyalarının genel kullanıcı ihtiyaçlarına yanıt verme kapasitesi analiz edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda tasarımlar genellikle mevcut mobilyaların değerlendirilmesi veya kullanıcı memnuniyeti ekseninde kalmaktadır. Oysa bu çalışmada öğrenciler, kampüs bağlamında belirli bir kullanıcı grubuna (öğrenciler, akademik-idari personel) hitap edecek, kampüsün mevcut fiziksel altyapısı ve sosyal dinamikleriyle uyumlu tasarımlar geliştirmiştir. Böylece tasarımlar, yerel bağlamla güçlü bir ilişki kurarak özgünleşmiştir.

Son olarak, öğrenci katılımının sistematik biçimde yapılandırılmış olması sebebiyle diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Kurdoğlu ve ark. (2018) gibi çalışmalarda öğrenci katkıları genellikle atölye ya da serbest tasarım etkinlikleri düzeyinde kalmakta, değerlendirme süreçleri ise çoğunlukla nitel gözleme dayanmaktadır. Bu çalışmada ise, öğrencilerin projeleri belirli ölçütler doğrultusunda akademik jüri tarafından puanlanmış, böylece sürecin hem şeffaf hem de akademik ölçütlere dayalı biçimde yürütülmesi sağlanmıştır. Bu yöntem, aynı zamanda öğrencilere eğitim sürecinde öz değerlendirme ve eleştirel bakış geliştirme imkânı sunmuştur.

5.Sonuç

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü'nde yürütülen bir ders kapsamında, iç mimarlık öğrencilerinin 3D beton baskı teknolojisi ve geri dönüştürülmüş beton kullanarak kampüs mobilyaları tasarımlarını sağlamayı ve bu süreçte sürdürülebilir, yenilikçi, kullanıcı odaklı çözümler geliştirmelerini teşvik etmeyi amaçlamıştır.

Çalışma kapsamında yürütülen süreç, iç mimarlık eğitiminde uygulamalı, deneyime dayalı ve teknolojik üretim temelli bir öğrenme modelinin güçlü yönlerini açığa çıkarmıştır. Özellikle 3D beton baskı teknolojisinin öğrenme ortamına entegre edilmesi, öğrencilerin yalnızca dijital modelleme becerilerini değil; aynı zamanda üretim süreci, malzeme bilgisi ve çevresel etkiler üzerine eleştirel düşünme yetilerini de geliştirmelerine katkı sağlamıştır. Bu yöntem, eğitim sürecinde teori ile pratiği bütünleştirerek, öğrencilere gerçek dünya problemleriyle doğrudan temas kurma fırsatı sunmuştur. Ayrıca, üretim süreçlerinin laboratuvar ortamında gözlemlenmesi ve deneyimlenmesi, teknik altyapının öğrenci öğrenmesine doğrudan katkı sağladığını göstermiştir.

Bu bağlamda araştırmanın ilk iki sorusu olan “3D beton teknolojisi ve geri dönüştürülmüş betonun tasarım sürecine etkileri ile bu teknolojilerin uygulanabilirliği ve sınırlılıkları nelerdir?” soruları, proje sürecinde doğrudan yanıt bulmuştur. Malzemelerin çevresel sürdürülebilirlik açısından taşıdığı potansiyelin öğrencilerce fark edilmesi sağlanırken, teknik sınırlılıkların (donma süresi, akışkanlık, baskı hızı gibi) tasarım kararlarını nasıl etkilediği somut biçimde deneyimlenmiştir.

Üçüncü araştırma sorusu olan “Öğrencilerin kullanıcı odaklı tasarım anlayışı, kampüs mobilyası projelerinde daha fonksiyonel çözümler geliştirmelerini sağlar mı?” sorusu bağlamında elde edilen çıktılar, kullanıcı gereksinimlerine duyarlı, çok işlevli, kamusal alanı destekleyici çözümlerin geliştirildiğini göstermektedir. Kullanıcı kitlesi yalnızca öğrencilerle sınırlı kalmamış, akademik-idari personel ve kampüs içi canlılar gibi diğer gruplar da dikkate alınmıştır.

“Kampüs mobilyası tasarımında 3D beton teknolojisi, geleneksel yöntemlere kıyasla ne tür yenilikçi ve esnek çözümler sunar?” sorusuna yanıt olarak, öğrencilerin bu teknoloji sayesinde kalıpsız, form açısından özgün ve üretim açısından daha verimli çözümler geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Malzeme israfını azaltan, üretim süresini kısaltan ve biçimsel çeşitliliğe olanak tanıyan bu yöntem, geleneksel üretim anlayışına alternatif bir öğrenme alanı oluşturmuştur.

Son olarak, “Disiplinler arası iş birliği, iç mimarlık eğitiminde öğrencilerin tasarım ve teknik bilgi becerilerini nasıl geliştirir?” sorusu, inşaat mühendisliği ile yürütülen ortak çalışmalarla karşılık bulmuştur. Malzeme davranışı, üretim tekniği ve yapısal çözümleme gibi mühendislik bilgileri, öğrencilerin tasarım sürecine çok yönlü bakabilmesini sağlamış ve disiplinler arası öğrenmenin katkısı açık biçimde deneyimlenmiştir.

Bu çalışmanın güçlü yönleri arasında; sürdürülebilirlik odaklı malzeme bilgisinin uygulanabilir üretimle birleşmesi, deneyim temelli bir öğrenme modelinin başarıyla yürütülmesi, teknik ve kavramsal bilgi alanlarının entegrasyonu ve disiplinler arası etkileşimin doğrudan projeye yansıtılması yer almaktadır. Ayrıca, öğrencilerin yalnızca tasarım yapmayı değil, aynı zamanda tasarımı üretimle ilişkilendirmeyi öğrenmeleri, teorik bilgilerin somut çıktılara dönüşmesini mümkün kılmıştır.

Bununla birlikte, çalışmanın sınırlılıkları arasında zaman kısıtı, 3D beton baskı altyapısının sınırlı erişilebilirliği ve bazı öğrenci gruplarının üretim deneyimi konusunda yaşadığı teknik yetersizlikler sayılabilir. Ayrıca, kullanıcı geri bildirimlerinin uzun dönemli olarak izlenememiş olması, tasarımların kalıcı etkilerine dair daha ileri düzey analizleri sınırlamıştır.

Genel olarak, bu araştırma; iç mimarlık eğitiminde teknolojik yeniliklerin, sürdürülebilir üretim pratiklerinin ve disiplinler arası iş birliklerinin entegre edilmesiyle, öğrencilerin yalnızca tasarım becerilerinde değil, çevresel, teknik ve sosyal farkındalık düzeylerinde de gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur. 3D beton teknolojisi gibi çağdaş üretim yöntemlerinin eğitim ortamlarına aktarımı, geleneksel eğitim modellerinin ötesine geçen esnek, eleştirel ve yaratıcı düşünme odaklı yeni bir öğrenme alanı sunmaktadır.

Gelecekteki çalışmalarda, 3D beton baskı teknolojisi ve geri dönüştürülmüş malzeme kullanımının iç mimarlık projelerinde farklı ölçek ve bağlamlarda nasıl uygulanabileceği daha derinlemesine

incelenebilir. Ayrıca, geliştirilen tasarımların uzun vadeli kullanıcı deneyimlerine etkisi, kullanım pratikleri ve çevresel sürdürülebilirlik performansı ölçülebilir verilerle değerlendirilebilir. Disiplinler arası iş birliğinin öğretim süreçlerine katkısı, diğer alanlarla kurulacak ilişkiler bağlamında genişletilebilir. Son olarak, dijital üretim teknolojilerinin iç mimarlık eğitime entegrasyonuna yönelik yenilikçi öğretim stratejileri geliştirilerek, öğrenci performansını izleyen ve tasarım sürecini destekleyen esnek öğrenme modelleri oluşturulabilir.

Teşekkür

Prof. Dr. Mustafa Şahmaran ve Arş. Gör. Hüseyin Ilcan'ın İleri Yapı Malzemeleri Araştırma Laboratuvarı'ndaki değerli çalışmaları, bu araştırmanın temelini oluşturan bilimsel yaklaşımlara önemli katkılar sunmuştur. 3D baskılı çimentolu sistemler ve katmanlar arası mekanik bağ dayanımı konularındaki öncü araştırmaları (İlcan ve ark., 2022; 2024a; 2024b) bu çalışmanın teorik ve deneysel çerçevesini şekillendirmede büyük rol oynamıştır. Kendilerine, bu alandaki değerli katkıları ve bilim dünyasına sundukları rehberlik için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Balçık S., Yamaçlı R. Sürdürülebilir kalkınma sürecinde mimari tasarım eğitimi. *Online Journal of Art and Design* 2023; 215-232.
- Cemex Ventures. Recycled concrete: Sustainable and Efficient Construction Material 2024; <https://www.cemexventures.com/recycled-concrete/>
- Cohen Z. Recasting concrete: A case study in concrete 3D printing as an architectural pedagogy. *ACSA 109th Annual Meeting: Expanding the View* 2021; March: 192-199.
- Esin T., Coşgun N. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. *Building and Environment* 2007; 42: 1667-1674.
- Gökşen F., Güner C., Koçhan A. Sürdürülebilir kalkınma için ekolojik yapı tasarım kriterleri. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi* 2017; 3(1): 92-107.
- Güngör K., Şatıroğlu E. A study on urban furniture in Rize Recep Tayyip Erdoğan University Zihni Derin Campus. *Academic Social Resources Journal* 2023; 3462-3470.
- Hergül ÖC. Sürdürülebilir kampüs için kent mobilyası tasarımı: Bir Stüdyo Deneyimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021; 374-380.
- <https://www.unep.org/unepmap/resources/factsheets/climate-change> (Erişim 07.07.2024).

- Huang WL., Lin DH., Chang NB., Lin KS. Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources, Conservation and Recycling* 2002; 37: 23-37.
- İlcan H., Külak AY., Şahmaran M. 3D-printable construction and demolition waste-based geopolymer: Investigating the effects of additives on engineering properties. *Journal of Building Engineering* 2024a; 87.
- İlcan H., Özkılıç H., Tuğluca M., Şahmaran M. Interlayer mechanical performance of 3D-printed cementitious systems: A comprehensive study on operational and material parameters. *Construction and Building Materials* 2024b; 419.
- İlcan H., Şahin O., Kul A., Yıldırım G., Şahmaran M. Rheological properties and compressive strength of construction and demolition waste-based geopolymer mortars for 3D printing. *Construction and Building Materials* 2022; 328.
- İmert H. Sürdürülebilir kent mobilyası üretiminde robotik 3d Baskı: Şehrini Yazdır Projesi Örneği. *FBU-DAE* 2023; 22-34.
- Kahveci H., Göker P. Kent mobilyaları tasarım dersi stüdyo çalışması; Üst örtü-oturma birimi ve piknik donatısı tasarımı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2020; 693-707.
- Kaplan E., Soyluk A. Deprem sonrası atık yönetimi: Atık betonun geri dönüşümü ve mimaride kullanımı için öneriler. *Journal of Architectural Sciences and Applications* 2024; 9(Special Issue): 140-162.
- Kartam N., Al-Mutairi N., Al-Ghusain I., Al-Humoud J. Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management* 2004; 24: 1049-1059.
- Karaca Ö., Bolkaner MK., İnançoğlu S., Asilsoy İ. Kent mobilyası üzerine bir çalışma: Yakın Doğu Üniversitesi Kampüsü. *Yakın Mimarlık Dergisi* 2020; 34-45.
- Kılıç M., Sungurlu A. Sürdürülebilir kent mobilyaları. *Online Journal of Art and Design* 2021; 276-286.
- Kobaş B., Bahadır Ö. Mimarlık müfredatında sürdürülebilirlik. *Eko Yapı* 2011; Mayıs-Haziran 44-51.
- Kurdoğlu BÇ., Bayramoğlu E., Konakoğlu SSK. Kampüslerde yaya ve bisiklet yollarına uygun sürdürülebilir donatı tasarım kriterleri. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi* 2018; 493-502.
- Ma L., Jia Z., Chen Y., Jiang Y., Huet B., Delaplace A., Zhang Q. Water loss and shrinkage prediction in 3D printed concrete with varying w/c and specimen sizes. *Cement and Concrete Composites* 2024; 149: 105523.
- Nilimaa J. Smart materials and technologies for sustainable concrete construction. *Developments in the Built Environment* 2023; 100177.
- Özeren Ö., Özeren EB., Top SM., Qurraie BS. Learning-by-Doing using 3D printers: Digital fabrication studio experience in architectural education 2023; 1-6.
- Pan Z., Si D., Tao J., Xiao J. Compressive behavior of 3D printed concrete with different printing paths and concrete ages. *Case Studies in Construction Materials* 2023; 18: e01949.
- Poon CS. Management of construction and demolition waste. *Waste Management* 2007; 27: 159-160.
- Qurraie BS., Özeren Ö., Özeren EB. The impact of 3D printing on architectural student design skills 2024; 1-5.

- Rakshvir M., Barai SV. Studies on recycled aggregates-based concrete. *Waste Management & Research* 2006; 24: 225-233.
- Rao A. Experimental investigation on use of recycled aggregates in mortar and concrete. Indian Institute of Technology Department of Civil Engineering Master's Thesis, Kanpur, India, 2005.
- Rao A., Jha KN., Misra S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Resources, Conservation and Recycling* 2007; 50: 71-81.
- Samton G. Construction and demolition waste manual. City of New York; 2003.
- Şatır Ş. Sürdürülebilir kentsel mekânlar & Kent mobilyaları. *Tasarım+ Kuram* 2015; Mayıs; 1-18.
- Şatıroğlu E., Dinçer D., Korgavuş B. Urban furniture in the context of sustainable materials. *Kent Akademisi* 2023; 566-576.
- Şekerci C., Oral M. İç mimarlık eğitim müfredatının oluşturulmasında güncel yaklaşımlar. *Sanat Yazıları* 2023; 215-226.
- Şensoy G., Yamaçlı R. Disiplinler arası bir içerik olarak mimarlık. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2015; 329-339.
- Şerifzade T., Şahin BE. Kent mobilyası tasarımında sürdürülebilirlik: Bakü örneği. *Online Journal of Art and Design* 2023; 510-526.
- Tay YWD., Panda B., Paul SC., Noor Mohamed NA., Tan MJ., Leong KF. 3D printing trends in building and construction industry: A review. *Virtual and Physical Prototyping* 2017; 12(3): 261-276.
- Torun KF., Torun A. Urban furniture for Atatürk University Campus: Design processes and evaluations. *International Social Mentality And Researcher Thinkers Journal* 2024; 731-742.
- USGBC. Toward a Circular Economy in Building Materials. U.S. Green Building Council 2023; <https://www.usgbc.org/articles/toward-circular-economy-building-materials>.
- Ümütlü ŞB., Onaran BS. On experience-oriented material learning in interior architecture education. *Planarch- Design and Planning Research* 2024; 250-259.
- Von Stein EL., Savage GM. Current practices and applications in construction and demolition debris recycling. *Resource Recycling* 1994; 85-93.
- Wang L., Wang F., Li R., Wang Q. Interfacial constitutive model of 3D printed fiber reinforced concrete composites and its experimental validation. *Case Studies in Construction Materials* 2024; 20: e02807.
- Yüksel GCF., Seçer KF. Konut iç mekanına sürdürülebilir yaklaşımlar. *Yakın Mimarlık Dergisi* 2019; Nisan:27-39.
- Zhang H. Investigating the use of 3D printing in fine arts education: A Case Study on Student Artistic Development 2024; 284-299.