

Experience of Interactive Systems in Architectural Design Studio Through Kinetics and Automation

Neşe Çakıcı Alp¹, Dilan Öner²

ORCID NO: 0000-0002-7626-9212¹, 0000-0002-9989-9815²

¹Architecture Department, Architecture and Design Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey

²Architecture Department, Architecture and Design Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey

An architectural design studio course is a critical stage based on creativity in architectural education. At this stage, it is known that it is essential to support creativity in architectural design by using computational methods in teaching and learning by doing and contacting new methods from different disciplines. In order to be able to use the computational knowledge of different disciplines, an educational methodology consisting of various stages was experienced through a three-week transdisciplinary empirical studio study with eight students in the second-year design studio course. In the design studio course, students were asked to design a kinetic surface to be used on the façade of the performing arts centre to be designed in Kocaeli, Izmit district. This experimental architectural design studio work is designed to determine whether students will adapt to the integration and be successful if other disciplines such as kinetics and automation are integrated into this studio work. In addition, by including different disciplines in the creative design process, it has been determined whether the architectural perspectives of the students have developed or not, the possibilities provided by the creative design opportunities through this transdisciplinary, and the architectural theme, architectural function, kinetic system setup can be put forward with the transdisciplinary working philosophy. In the article, within the scope of architectural design studio, firstly, the methodology of inclusion of kinetic systems and developing automation systems in architectural education and the resulting final products (prototypes) were explained. Afterwards, prototypes were evaluated based on certain criteria, and student's ability to use computational knowledge from other disciplines in the architectural design and production process was assessed. As a result, it has been observed that a transdisciplinary configuration can be easily learned, applied, and adapted in undergraduate architectural education with this studio course. The fact that all students can produce a prototype of the kinetic system, which is the final product that produces a new generation and interactive solution, in a short period of 3 weeks supports this observation. It is understood from the creative and innovative prototypes that, after this experience of making, the students can develop different perspectives on the design action and transform the architectural theme and function into an object through the kinetic system. After the inclusion of different disciplines in the creative design process, it is seen that the students can reflect on the knowledge of the other discipline in the field of architecture. In addition, it is foreseen that they will meet with a new approach, apart from the education understanding they are accustomed to in undergraduate architectural education, and that they will have the potential to reuse the experience and methods they have gained from this study in their future designs.

Research Article

Received: 08.07.2022

Accepted: 17.09.2022

Corresponding Author:

dilanoner2@gmail.com

Alp, N.Ç. & Öner, D. (2022). Experience of interactive systems in architectural design studio through kinetic and automation. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(2), 135-158. <https://doi.org/10.53710/jcode.1142652>

Keywords: Kinetic Architecture, Interactive Architecture, Architectural Design Studio.

Mimarlıkta Kinetik ve Otomasyon Ara Kesitinde Etkileşimli Sistemleri Tasarım Stüdyosu Üzerinden Deneyimlemek

Neşe Çakıcı Alp¹, Dilan Öner²

ORCID NO: 0000-0002-7626-9212¹, 0000-0002-9989-9815²

¹İMimarlık Bölümü, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

²Mimarlık Bölümü, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

Farklı disiplinlerin zaman içinde gelişim göstermesi, disiplinlerin iç içe geçmesini ve kaynaşarak birbirlerini geliştirmelerini sağlamıştır. Mekanik, elektronik ve gömülü hesaplama araştırmalarının mimarlık disiplinine -özellikle de kinetik mimari-izomorfik yakınsaması ile mimarlıkta etkileşimli kinetik sistemler son 10 yılda etkin biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda etkileşimli kinetik mimariyi bir transdisipliner çalışma olarak değerlendirmek mümkündür. Yenilikçi ve özgün mimari çözümlerin üretilmesinde diğer disiplinlere ait sayısal bilgiyi, mimariye tasarıma aktarabilmesinin önemi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bundan dolayı, mimarlık öğrencilerinin endüstri 4.0 çağında sayısal bilgiyi okuyabilir olmaları ve bunu deneyimlemeleri önemlidir. Bu amaçla çalışma kapsamında, otomasyon teknolojilerinin tasarım stüdyosuna olan entegrasyonu araştırılmıştır. Bu nedenle, farklı disiplinlere ait sayısal bilgiyi kullanabilmek için, mimarlık bölümü 2. sınıf tasarım stüdyosu dersinde, toplam sekiz öğrenci ile, çeşitli aşamalardan oluşan bir eğitim metodolojisi, üç hafta süren transdisipliner ampirik stüdyo çalışması üzerinden deneyimlenmiştir. Tasarım stüdyosu dersinde öğrencilerden, Kocaeli İli İzmit ilçesinde tasarlanacak olan performans sanatları merkezini cephesinde kullanılmak üzere, kinetik bir yüzey tasarımları istenmiştir. Bu makalede, 2. Sınıf mimari tasarım stüdyosu kapsamında, kinetik sistemlerin ve gelişen otomasyon sistemlerin mimarlık eğitime dahil edilme metodolojisi ve ortaya çıkan nihai ürünler (prototipler) aktarılmış ve üretilen prototipler belirli kriterler üzerinden değerlendirilmiş ve öğrencilerin, mimari tasarım ve üretim sürecinde diğer disiplinlere ait sayısal bilgiyi kullanabilme kabiliyetleri analiz edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Teslim Tarihi: 08.07.2022

Kabul Tarihi: 17.09.2022

Sorumlu Yazar:

dilanoner2@gmail.com

Alp, N.Ç. & Öner, D. (2022). Mimarlıkta kinetik ve otomasyon ara kesitinde etkileşimli sistemleri tasarım stüdyosu üzerinden deneyimlemek. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(2), 135-158. <https://doi.org/10.53710/jcode.1142652>

Anahtar Kelimeler: Kinetik Mimari, İnteraktif Mimari, Tasarım Stüdyosu.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mimarlık eğitiminde, mimari tasarım stüdyo dersi, yaratıcılığa dayanan önemli bir aşamadır. Bu aşamada, eğitim de sayısal yöntemlerin kullanılması ve farklı disiplinlere ait yeni yöntemler ile birebir temas edilmesi ve yaparak öğrenilmesi ile mimari tasarımdaki yaratıcılığın destekleneceği bilinmektedir (Oxman, 2008; Schnabel, 2012; Celani ve Verzola 2012; Duarte, vd., 2012; Paulo, 2013). Yeni teknolojilerin ve sayısal yöntemlerin eğitimde denenmesine yönelik birçok çalışma mevcuttur. Oxman (2008), araştırmasında, mimarlıkta sayısal kavramların keşfini deneysel bir tasarım stüdyosu üzerinden sunmuştur. Çalışmada, sayısal mimari eğitimi için pedagojik bir çerçeve deneysel bir tasarım stüdyosunda yürütülen bir dizi araştırma bir tasarım programı üzerinden anlatılmaktadır. Celani ve Vaz (2012), mimarlık eğitiminde script dilleri ve görsel programlama dillerinin kullanımını karşılaştırmışlardır. Duarte vd. (2012), yayınladıkları çalışmada, mimari müfredatı hesaplamalı teknolojilerin eklenmesini üç başlık altında incelemişlerdir: hesaplamalı teknolojilerin ayrı bir ders olarak, tasarım dersiyle bütünleşik olarak ve tasarım dersi içinde bir modül olarak. Duarte vd. (2012), çalışmasından yola çıkarak bu çalışmada anlatılan deneysel çalışma, stüdyo dersi içerisinde, 3 haftalık bir modül olarak tasarlanmıştır.

Farklı disiplinlere ait bilgilerinde dahil edildiği bu çalışma ile yaparak öğrenmeyi somut bir şekilde yeni tasarım araçları ve yöntemleri kullanılarak mimari nesnenin prototipinin ortaya çıkarıldığı bir süreç olması hedeflenmiştir. Y yaparak öğrenme sürecinde öğrencilerin, otomasyon teknolojileri, yeni materyaller ve araçlar ile tasarım nesnesi arasındaki etkileşimlerinin sağlanmasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda deneysel süreç, kinetik ve otomasyon gibi diğer disiplinlerin tasarım dersine entegre edilmesi durumunda; öğrenciler bu süreçte uyum sağlayabilir mi? Entegrasyon süreci başarılı olur mu? sorularına yanıt aramak için tasarlanmıştır. Bu transdisipliner stüdyonun amaçları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Dijital çağda, son teknolojiyi mimarlık eğitimine entegre ederek bir mimari müfredat tasarlamının, ihtiyacını da göz önünde bulundurarak, profesyonel akreditasyonun gerekliliklerini, stüdyo dersi üzerindeki somut yararları üzerinden irdelemek.

- Transdisipliner bir alt yapı ile kurgulanan dersin hedef ürünü olan kinetik sistemin oluşmasını sağlayacak sayısal araçlar ve sayısal fabrikasyon gereçlerinin kullanımı ve lisans tasarım eğitiminde adaptasyon sürecine dair bilgi edinmek.
- Farklı disiplinlerinde dahil olduğu bu ampirik mimari tasarım stüdyo ders sürecini ve sonuçlarını ortaya koymak.
- Mimarlık lisans eğitimine, sayısal tasarım, sayısal fabrikasyon ve diğer disiplinlerin sayısal yaklaşımlarının eş zamanlı dahil edilmesinin, tasarım eğitimindeki yaratıcı potansiyele olan etkilerini değerlendirmek.

Farklı disiplinlerin yaratıcı tasarım sürecine dahil edilerek, öğrencilerin, mimari bakış açılarının gelişip gelişmediğinin ortaya konması yani yaratıcı tasarım olanaklarının bu transdisipliner aracılığı ile sağladığı olasılıkların değerlendirilmesi ve mimari tema, mimari işlev, kinetik sistem kurgusunun transdisipliner çalışma felsefesi ile ortaya konulabilirliğinin tespiti.

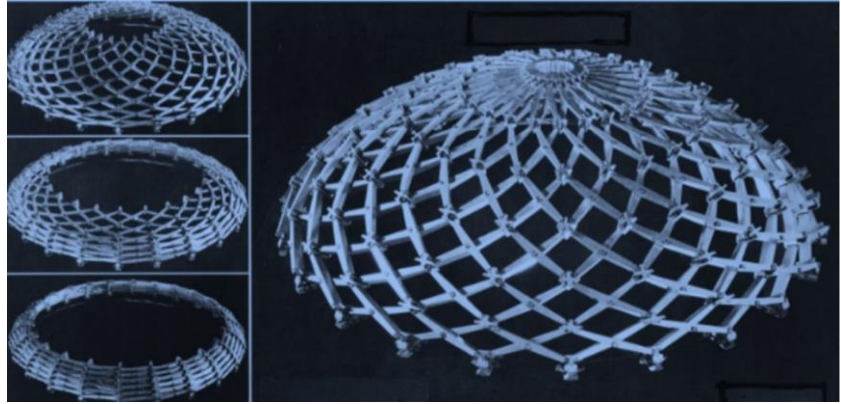
2. MİMARİDE KİNETİK SİSTEMLER (KINETIC SYSTEMS IN ARCHITECTURE)

Öğrencilerin kinetik mimariye olan bakış açılarının değişeceği ve gelişeceği düşünülerek, öğrenciler ile kinetik mimarlıkla ilgili öncü ve önem kazanmış mimari proje veya inşa edilmiş bina örnekleri kronolojik olarak aşağıdaki gibi paylaşılmıştır. Literatürde kinetik mimarlık meselesi ilk olarak 1970 yılında William Zuk ve Roger H. Clark tarafından yazılan "Kinetik Mimarlık" adlı kitapta anlatılmaktadır. Zuk ve Clark (1970), kinetik mimarlığı, yer değiştirebilen, deforme olabilen, genişleyebilen veya kinetik hareket kabiliyetine sahip mimari form olarak anlatmaktadır.

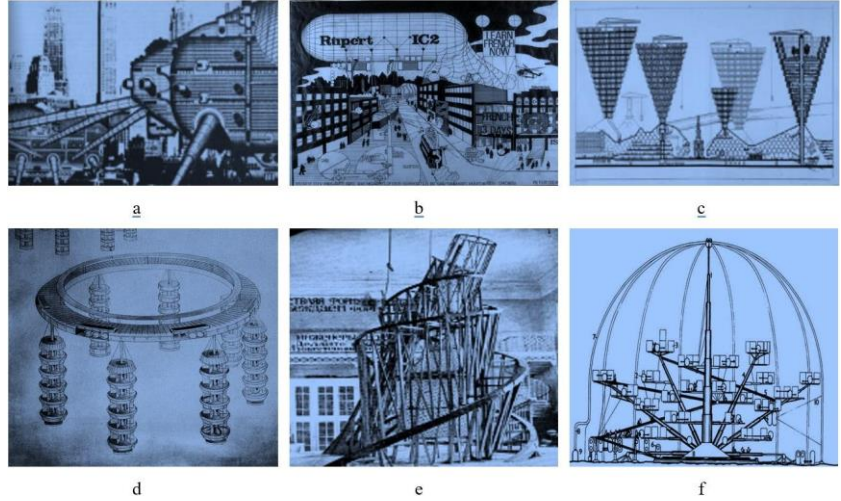
Kinetik sistemlerin gelişim tarihçesine bakarsak, Buckmiser Fuller "Geodezik Kubbe" projesi (**Şekil 1**), Archigram Dergisinin ütopik projeleri Vladimir Tatlin 1919 "Tatlin's Tower" , Georgy Krutikov, 1928 "Vhetein Diploma Project" , Ron Herron'un 1964 yılında önermiş olduğu "Walking City", Peter Cook 1966 "Blow Out Village", Peter Cook 1970 "Instant City", "Plug-in City", "Inflatable Suit-Home" ve Emilio Perez Pinaro "Foldable Theatre" projeleri kinetik sistemlerin ütopik olarak

düşünülmeye başlandığı ilk projelere örnek olarak gösterilebilir (Şekil 2) (Ramzy ve Fayed, 2011).

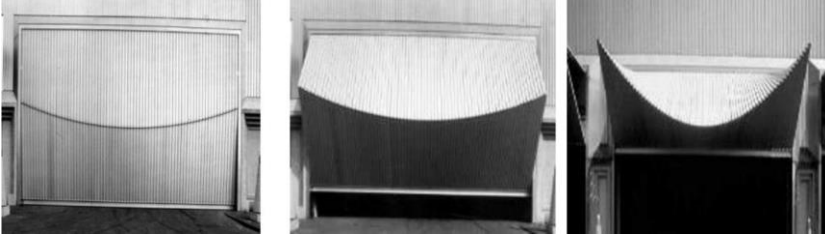
Şekil 1: Kinetik Geodezik kubbe
örneği. (Example of a kinetic
geodesic dome.)



Şekil 2: Kinetik sisteme sahip
ütöfik projeler. (Utopian projects
with kinetic systems.)
a Walking city
b Inflatable Suit-Home
c Plug in cityd A city on Aerial Paths of
Communication
e Tatlin's Tower
f Blow Out Village



Kinetik sistemleri destekleyen elektronik ve sayısal bilimlerin gelişmesiyle beraber 20. ve 21. yüzyılda mimaride Richard Buckminster Fuller, Frei Otto, Santiago Calatrava, Chuck Hoberman, Jean Nouvel ve Thomas Heatherwicks'in başını çektiği çok çeşitli kinetik mimari çalışmalar yapılmıştır. Calatrava'nın kinetik sistemlerle örnek gösterilebilecek öncü projelerinden biri 1985 yılında Ernsting depoları için yaptığı kapı çalışmasıdır (Şekil 3).



Şekil 3: Ernsting depo kapısı
Almanya 1985. (Ernsting
warehouse door, Germany, 1985).
(Thomortiz, 2021).

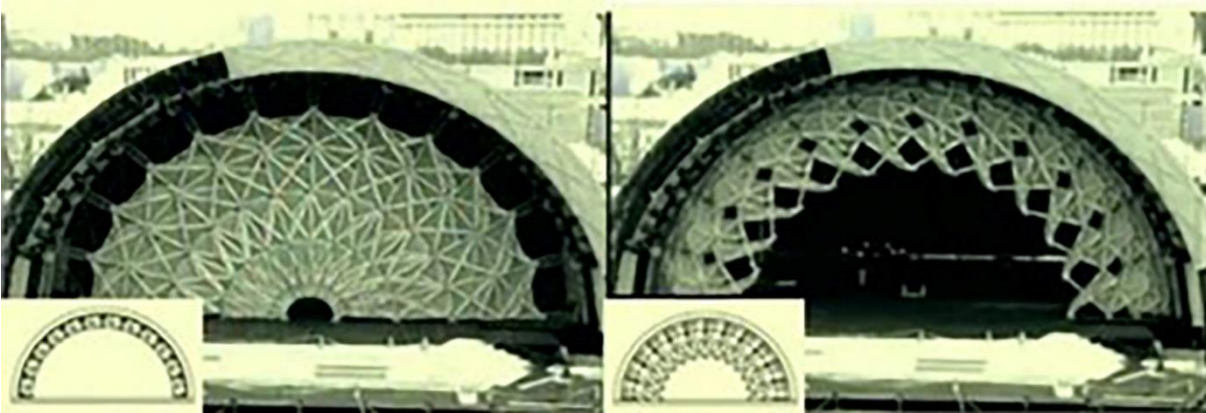
Daha sonralarda Calatrava'nın 2001 yılında, Milwaukee Sanat Müzesi için yaptığı kinetik gölgelik tasarım doğadan esinlenmiş, organik formların ve teknolojik yeniliklerin bir kombinasyonunu içermektedir (Fry, Ketteridge, ve Marshall, 2009) (Şekil 4).

Şekil 4: Milwaukee Sannat
Müzesi ABD, 2001. (Milwaukee
Art Museum, USA, 2001).
(Arch2O | Architecture and
Design Magazine, 23/02/2020).



Chuck Hoberman'a ait, "Hoberman Kemerı" (folded olimpic arc) projesi Utah Salt Lake Şehri'nde 2002, Kış Olimpiyatları için Olimpiyat madalya tören sahnesi olarak inşa edilmiş ve türünün en büyük hareketli ve dönüşebilen yapılarından biri olmuştur (Schumacher, 2010). Her bir panel birbirine bağlamakta ve geri çekilmek için birlikte hareket etmektedir (Şekil 5).

Şekil 5: Hoberman Kemerı, ABD
2002 (Hoberman folded olympic arc,
USA, 2002). (Schumacher, 2010).



Şekil 6: Valensiya Bilim Merkezi Planetaryumu, İspanya, 2003 (The City of Arts and Sciences Valencia,2003). (Idesignarch, 2021).

Calatrava'nın Valensiya Bilim Merkezi planetaryumu ise, insan gözünden ilham alınarak tasarlanmıştır (Arch2O | Architecture and Design Magazine, 2021). Göz formundaki yapının dış cidarları katlanarak açılmaktadır. Bu ölçekteki yapıların hareketli bileşenlere sahip olmasının dezavantajlarından biri statik yapıya dinamik yükler getirmesidir (Şekil 6).



Şekil 7: Thomas Heatherwicks Rolling Bridge, İngiltere, 2004 (Heatherwicks Rolling Bridge, England, 2004). (Dezeen | Architecture and Design Magazine, 2021).

Thomas Heatherwicks'in tasarladığı Londra Paddington bölgesinde bulunan "Rolling Bridge" adlı köprü, çelik halatların bağlı olduğu 8 parçalı hidrolik bir sistemden oluşmaktadır (Schumacher, 2010). Kinetik sistem açılınca 12,75m uzunluğuna ulaşan bir yaya köprüsüne kapanınca da sekizgen bir forma dönüşmektedir (Şekil 7).



Özetle, yukarıda anlatılan örneklerden de anlaşılacağı üzere, son on yılda, iç ve dış ortamdaki değişikliklere ve farklı kullanım biçimlerine dinamik olarak cevap vermek için tasarımcıların kinetik tasarımlara ve

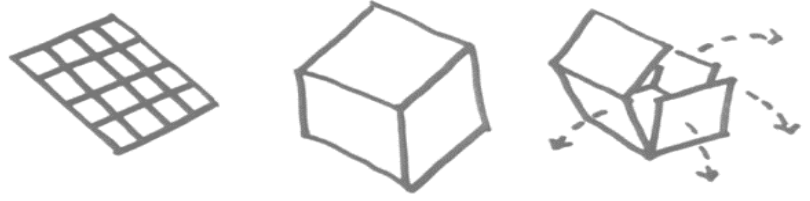
hatta kendi kendini monte eden sistemlere olan ilginin arttığı görülmektedir (Mitchell vd., 2018). Özellikle Avrupa'da bina cephelerinde akıllı ve duyarlı hareketli parçalar ile öne çıkan kinetik tasarımlarda, temel fikir, bina, çevre ve kullanıcılar arasında iki yönlü ilişkilerin kurulabilmesidir. Bunun için çeşitli sistemler sensörler, aktüatörler ve kontrolörler eklenerek binalar bir bakıma büyük ölçekli robotlar haline gelmektedir. Buna bağlı olarak bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, mimari program değişiklikleri, yeni cephe adaptasyonları, iç mekanların yeniden yapılandırılması ve sistem değişiklikleri gözlenmektedir (Loonen vd., 2013).

İnsan, kendi doğal yapısı ve içinde yaşadığı fiziksel çevre ile sürekli bir dönüşüm ve değişim içerisinde olmasına rağmen çok rijit ve stabil yapılmış bir ortamda yaşamaktadır. Değişen ve gelişen sosyal, psikolojik ve teknolojik değişimler insanın, kullanıcı taleplerinin de değişmesine neden olmaktadır. Mimarlık tüm bunları dikkate almak ve farklı disiplinlerin iç içeliği ve ilerleyen teknolojik sistemlerin mimarlık alanıyla entegrasyonu ile yakın gelecekte mimari tasarım anlayışında çok büyük ve köklü bir değişimi gerçekleştirmek zorundadır (Yıldız, 2010).

Zaman bir metamorfozu gerçekleştirirken ve insanlık zaman içinde bu şekilde evrilirken mimarlıkta sayısal çağın sunduğu olanaklar farklı tasarım araçları, farklı üretim biçimleri, farklı materyal kullanım biçimleri ile tektonik bir dönüşüm yaşamaktadır. Mimarlık disiplini, gelişen gömülü hesaplama araştırmaları (Gömülü sistem, özel bir işlevi yerine getirmek için tasarlanmış yazılıma sahip mikroişlemci tabanlı bir bilgisayar donanım sistemleri) ile birlikte, mimaride kullanılan bu yeni hesaplamalı yöntemler ve değişkenler aracılığı ile zamanı yani dördüncü boyutu da tasarlayabilme imkânı elde etmiştir. Mimari artık statik bir yapı ve geometri değil, hareketli değişebilir ve hatta kodlanabilir hale gelmiştir.

Sonuç olarak tüm bu devinim ve değişimler mimaride, uyarlanabilir, etkileşimli, reflektif, tepki veren ve kendini değişen duruma göre ayarlayan bir mimarlık elde etmek içindir. Kinetik sistemlerle beraber, bina tasarımı 3. boyuttan sınırlı 4. boyutta zamanı ve içindeki kullanıcı etkileşimini de dahil ederek yeniden düşünmeyi, tasarlamayı ve planlamayı bu devinimlere göre düzenlemeyi gerektirmektedir (**Şekil 8**).

Şekil 8: Farklı boyutların mekânsal anlatımı (Spatial representation of dimensions).



3. OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ KAPSAMINDA TEPKİMELİ VE ETKİLEŞİMLİ MİMARİ (RESPONSIVE AND INTERACTIVE ARCHITECTURE WITHIN AUTOMATION TECHNOLOGIES)

Otomasyon sözlük anlamı olarak "Endüstride, yönetimde ve bilimsel işlerde insan aracılığı olmadan işlerin otomatik olarak yapılması, özdevin" olarak açıklanmaktadır (TDK, 2018). Uluslararası otomasyon topluluğu ise otomasyonu, "Ürünlerin ve hizmetlerin üretimi ve ulaştırılması sırasında kontrol ve takip etmek için gerekli teknolojinin yaratılması ve uygulanması" olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma göre, otomasyon sistemleri görevlerin yalnızca insan tarafından değil bu işe dahil olabilecek her şey tarafından sağlanmasına yardımcı olacak sistemleri yaratmaktadır. Otomasyon sistemleri; robotik, telemetri ve iletişim sistemleri, sanal güvenlik, üretim ölçümleri ve kontrolleri, sensörleri ve birçok farklı teknolojiyi içermektedir. Bu teknolojilerin ortak teknik özellikleri, enformasyonun toplanmasında, saklanmasında, işlenmesinde ve aktarılmasında sayısal teknik kullanan sistemlerden yararlanmasıdır (Yıldız, 2010; Timisi, 2003). Yeni iletişim teknolojileri tipik olarak mikrodenetleyici ya da bilgisayar yetilerini kullanan ve kullanıcıların birbirleriyle ve kullanıcıyla enformasyon arasında etkileşime olanak tanıyan ya da bunu zorunlu kılan iletişim teknolojileri olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayarın hayatımıza girmesi ile 1970'li yıllarda Gordon Pask'ın iletişim teorisinde (conversation theory) belirttiği gibi, iletişim yalnızca kişiler arası bir edim olmaktan çıkmış, kişinin makine ve makinelerin diğer makineler ile kurduğu bağlantıya yönelik etkileşimler olarak da tanımlanmaya başlamıştır (Pask, 1975).

Bilgisayar ya da yapay zekâya sahip araçlarla kurulan ilişkilerde verilen tepkilere cevap alınabilen, her iki tarafın karşılıklı iletişimi ile desteklenen etkileşimli bir ilişki söz konusudur. Bilgisayar, kullanıcı tarafından gelen komutları hesaplar, sunar ve kullanıcı tekrar gelen veri üzerinden yeni bir değerlendirmeye yeni bir tepkime sunabilir. Bu tür mimari, insana yönelik faydacı ve gereksinimlere dair işlevleri yerine getirebilme yeteneğine sahip iletişim kurabilen mekanlar ve objeler

yaratmak için kullanılan işlem ve hesaplama temelli bir yaklaşımdır. Etkileşim, kişiler arası faaliyeti açıklamak için kullanılan bir kavramdır (Timisi, 2003).

3.1 Tepkimeli Mimari

Negroponte (1975), yılında yazdığı “Soft Architectural Machines” adlı kitabında ilk kez tepkimeli (responsive) mimariden bahsetmiştir (Negroponte, 1975). Tepkimeli mimari, en basit biçimde, çevreye tepki gösteren, ancak hiçbir aracılık yapmayan bir alan olarak tanımlanır. Bilgiyi genel ortamından emer ve ona yanıt verir, ancak insanların aktif olarak davranışlarından etkilenmez. Bu pasif tepki doğrudan etkileşim ya da istihbarata izin vermez (Peters ve Peters, 2013).

Foster Partners ve Heatherwick Stüdyo tarafından tasarlanan “Bund Finans Merkezi”, Şanghay kıyı hattını canlandırmak adına 2017 yılında inşa edilmiştir. Bina, binanın değişen kullanımına uyum sağlayabilen, balkondaki sahneyi ve Pudong göl manzarasını gösteren, kinetik bir cephe sistemi ile tasarlanmıştır. Yerel mühendisler ve Tongji Üniversitesi iş birliği içinde geliştirilen cephe, üç katman şeklinde organize edilmiş ve 675 ayrı magnezyum alaşımli bambu formlu çubuk kullanılmıştır. Bambu formlu çubukların uzunluğu yaklaşık 2 metre ile 16 metre arasında değişmektedir. Böylece her katman bağımsız olarak hareket ettikçe, çubuklar farklı görsel efektler ve opaklık seviyeleri üretebilmektedir (Foster + Partners, 2020).

3.2 Etkileşimli Mimari

Etkileşim hem insanın hem de binanın, gerçek zamanlı olarak aralarında iletişim kurmasına olanak vermektedir. “Etkileşim, insan ve onlar için tasarlanan objeler arasındaki ilişkiyi ve tasarım aktivitesini biçimlendirme yoludur. İnsan yapımı bütün nesnelere etkileşim için bir olasılık sunar ve tüm tasarım aktiviteleri etkileşim için bir tasarım yolu olarak görülebilir.” (Buchanan, 1998).

Mimari tasarım sürecinde, etkileşim kavramı, 1960’ların başında kendini göstermeye başlamış ve 1970’lere kadar farklı çalışmalar ile gelişim göstermiştir (Fox ve Kemp, 2009). Etkileşimli mimarlık projelerine öncü olarak, Cedric Price’in 1964 yılında tasarladığı “Fun Palace” projesi gösterilebilir. Projedeki yürüyen merdivenler ve taşınabilir duvar panelleri, çeşitlilik ve esneklik sağlamaktadır (Hobart ve Colleges, 2005). 1976-1980 yılları arasında John ve Julia Frazer, Cedric

Price ve Walter Segal “Generator” projesinin çalışan ölçekli prototipini üretmişlerdir (Frazer, 1995; Dunn, 2012).

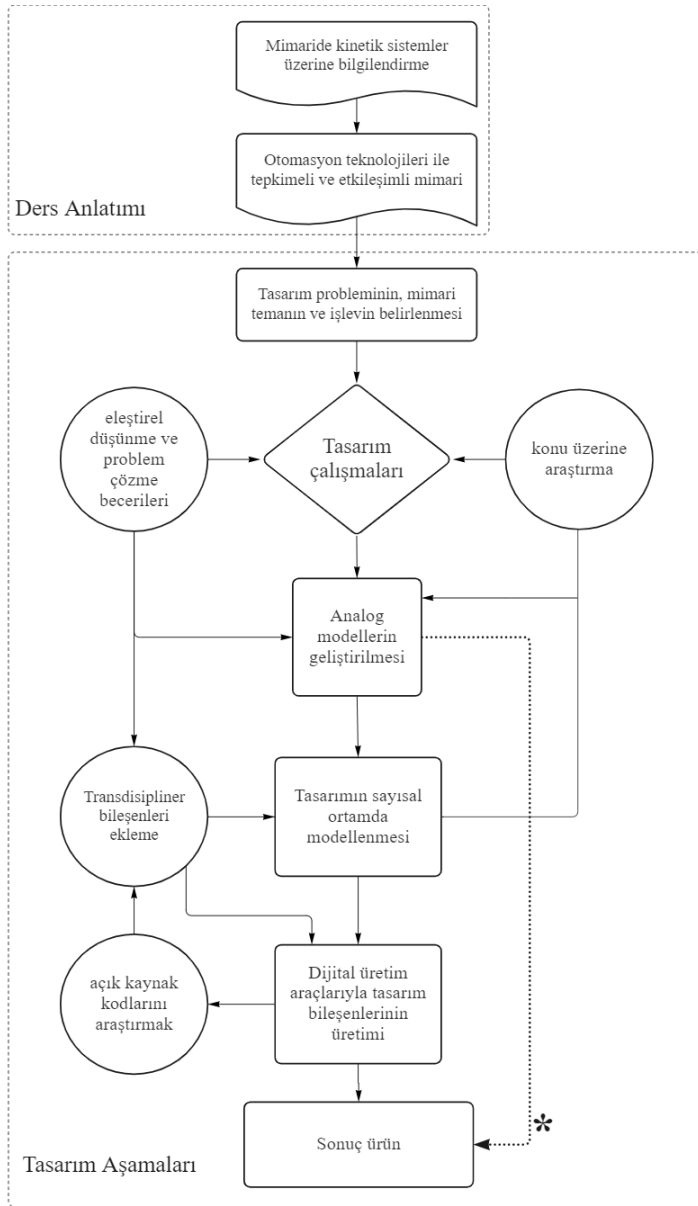
Yakın zamana ait etkileşimli mimarinin öne çıkan çalışmalarından olan Philip Beesley’in, “Hylozoic Soil” projesinde (2008), dijital olarak imal edilmiş çok sayıda hafif yarı saydam akrilik bileşen, mikrodenetleyiciler ve sensörler ile donatılarak orman benzeri etkileşimli bir ortam oluşturulmaktadır (Beesley ve Gorbet, 2008). Bu yapay ortamın küçük şeffaf akrilik örgü bağlantıları, etkileşimli mekanik yaprakları, filtreleri ve püskülleri mevcuttur. Ortam, açma, kenetleme, filtreleme ve sindirim döngülerini izleyen bir mercan resifine benzerlik göstermektedir. Dokunmatik sensör dizileri, dağınık nefes hareketinin dalgalarını yaratarak ziyaretçileri bir ışık ormanının parıltılı derinliklerine çekmektedir.

Sonuç olarak, aslında mevcut örneklerden de anlaşılacağı üzere, etkileşimli mimaride, “kullanıcı, pasif bir gözetmen olmaktan çıkıp, mekânı yönetmeye başladığı andan itibaren, seçim özgürlüğüne sahip olduğunu düşünmeye başlasa da kullanıcının özgürlük yetisi, mimari tasarımın ona sunduğu etkileşim seviyesi ile sınırlıdır. Bir başka deyişle kullanıcı hissettiği derecede değil, mimari tasarımın belirlediği ölçüde özgürdür” (Yıldız, 2010; Everett ve Caldwell, 2003).

4. STÜDYO ÇALIŞMASI VE METODOLOJİSİ (THE STUDIO STUDY AND ITS METHODOLOGY)

Gaudi, Fuller, Musmeci ve Otto gibi öncü mimarlar, mimari ürünlerini fiziksel modelleri kullanarak tasarlamaktaydılar. Dewey (1997), tarafından ortaya konulan pedagojik öğrenme teorilerinde, öğrencinin pasif bir alıcıdan ziyade inşa yoluyla öğrenme sürecinde aktif bir katılımcı olması gerektiği belirtilmektedir. Tıpkı Bauhaus örneklerindeki gibi tasarımcının, fiziksel maketi yaparak, nihai ürüne odaklanmak yerine, yapım sürecinde malzemeler, aletler ve makinelerle etkileşime girmek suretiyle deneyim kazanması gerektiği vurgulanmaktadır (Dewey, 1997). Bu nedenler ile yeni yöntemlerin ve disiplinlerin yaratıcı tasarım olanaklarının ortaya konulması için yürütülen bu stüdyo dersinde, eğitim metodolojisi altyapısı 'yaparak öğrenme' ilkesine dayanmıştır (Fry, Ketteridge, ve Marshall, 2009). Stüdyo dersinin işleyiş metodolojisi aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır (**Şekil 9**).

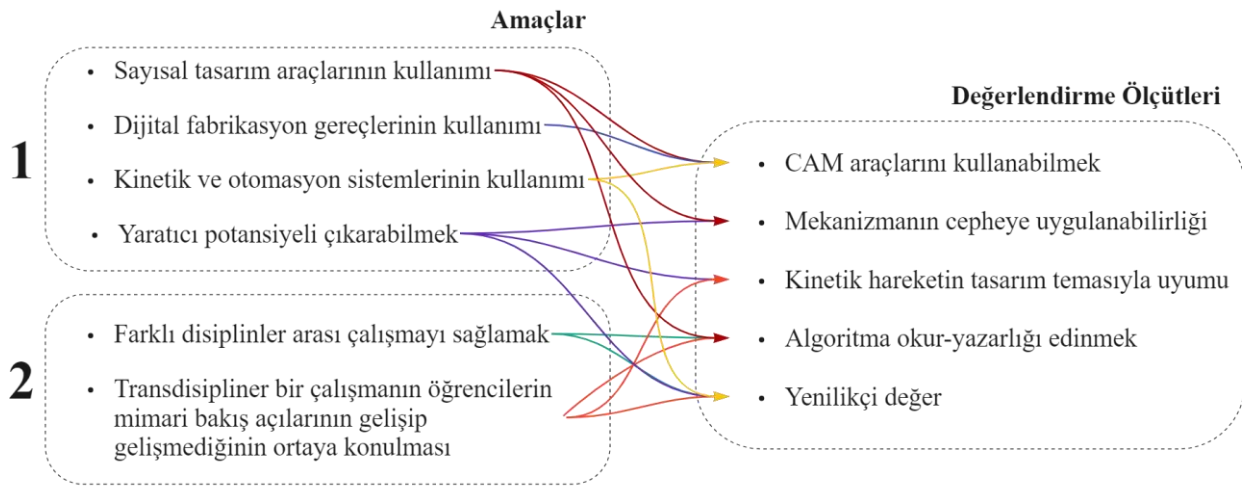
Yukarıda bahsi geçen kinetik mimari örnekleri, otomasyon sistemleri öğrencilere aktarıldıktan sonra, bu çalışmalarının mimarlık eğitimindeki yansımalarını, yerini ve gelebileceği noktaları örneklemek adına, öğrencilere Arduino IDE arayüzünde, basit kodlama döngülerini ve mantığını içeren küçük egzersizler yaptırılmıştır (Arduino Dersleri Maker, 2021; Youtube, 2021). Eş zamanlı olarak, çeşitli mekanizma sistem örnekleri (Kamlı Sistemler, Planet Dişli Sistemler, Kayış/Kasnaklı Sistemler, Krank-Biyel’li sistemler, Dört kol mekanizmaları, Strandbeest Mekanizmaları ve Lineer Aktüatörler) anlatılmış ve sonra, bu bilgiler ışığında kinetik bir cephe tasarımları istenmiştir.



Şekil 9: Stüdyo dersi işleyiş metodolojisi (The methodology of the course).

Tasarlanacak olan cephelerin bir mikrodenetleyici olan Arduino Uno, motorlar (Step, Servo, DC), LED'ler, Röleler ve Ekranlar (OLED, LED, DOT-matrix) kullanılarak ve aynı sistemin yazılımı olan Arduino IDE arayüzünde programlanarak tasarlanması ve modellenmesi beklenmiştir. Öğrenciler, konuya ait metaforlar oluşturmaya başlayıp 3 hafta boyunca, deneme yanılma yoluyla, örnek prototip çalışmaları yapmışlardır. Prototip çalışmaları önce el ile geliştirilmiş analog modeller ile kurgulanmıştır, sonra da sayısal ortamda modellenmiştir. Modellenen prototipler geleneksel yöntemler, üç boyutlu yazıcı ve lazer kesici kullanılarak oluşturulmuş, birçok defa sayısal modelde revizeler ile iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 10: Çalışmanın amaçları ve değerlendirme ölçütleri (Objectives and evaluation criteria).



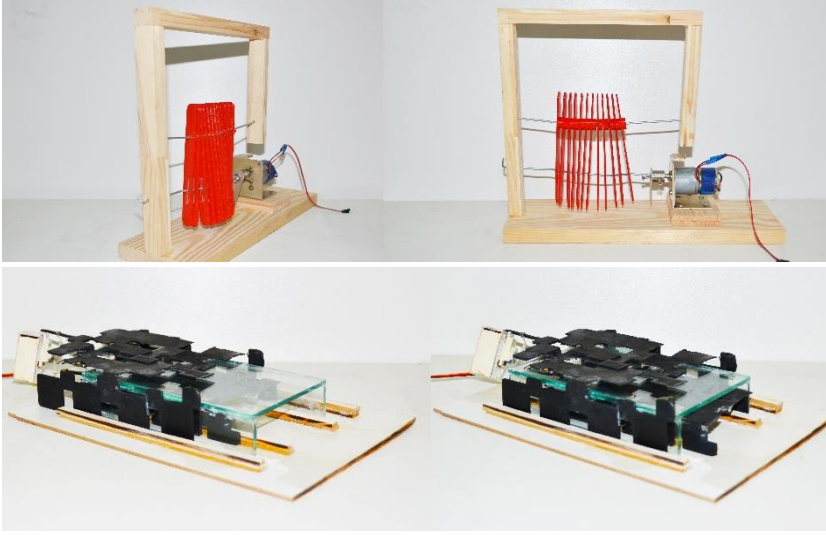
5. ÖĞRENCİ TASARIMLARI (STUDENT DESIGN'S)

Üç hafta süren ve sekiz öğrencinin katılımı ile gerçekleşen tasarım stüdyosunda yapılan projeler aşağıda detaylıca anlatılmaktadır.

Proje 1: Bugün ki İzmit Nikomedya şehri üzerine kurulmuştur ve efsaneye göre Nikomedya şehrinin konumu bir kartal sayesinde belirlenmiştir. Bu bağlam üzerinden ilerlenen tasarımda Kartal'ın kanat tüyleri bu projenin çıkış noktası olmuştur. Eskiz çizimi ile başlanan süreçte kartalın kanat tüyleri soyutlanarak cephede yer alacak birim form elde edilmiştir. Kanat hareketini referans alan mekanizmanın kartalın kanadı 3 boyutlu yazıcı kullanılarak basılmıştır. Tüylerin hareketi esnasında meydana gelen sürtünmeye bağlı olarak tüyler arasına yerleştirilmesi gereken ara bir eleman olduğu öğrenci tarafından keşfedilmiştir. Ara elemanlar ve tüyler alttan ve üstten bir tel yardımıyla sıralanmıştır. Tel ve servo motor arasında tüylerin ileri-geri hareketini

sağlayacak olan ara mekanizma üretilmiştir. Servo motor yardımıyla çalıştırılan prototipin hareketi başarıya ulaşmıştır (Şekil 11).

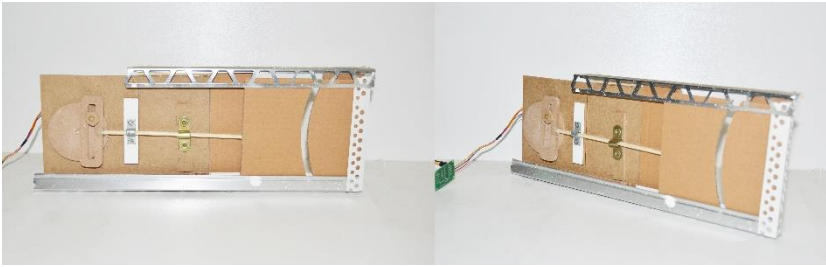
Proje 2: Hereke halısının tarihsel gelişiminden yola çıkılarak kurgulanan projede cephenin mekan üzerinde ki etkisi keşfedilmiştir. Kesilen kare birimlerin birbiri ile komşuluk ilişkileri tartışılarak cephe dokusu elde edilmiştir ve bu dokunun mekandaki ışık ve gölge etkileri çalışmanın odak noktası olmuştur. Cephenin bir ray üzerinden kayarak ileri-geri hareket ettirilmesi ile mekânını değişimi, dönüşümü ve mekandaki ışık-gölge etkileri tasarlanmıştır (Şekil 12).



Şekil 11: Proje 1'e ait görseller (Images of Project 1).

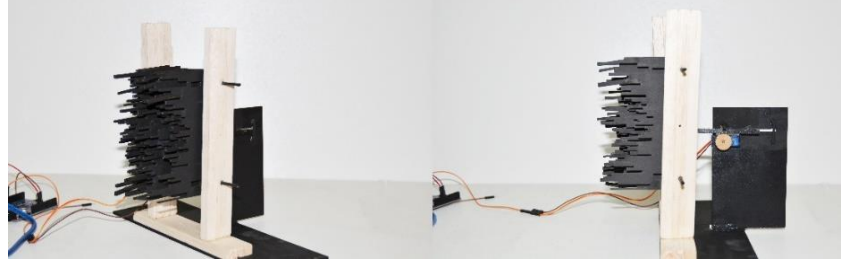
Şekil 12: Proje 2'ye ait görseller (Images of Project 2).

Proje 3: Dantel böceğinden esinlenilerek geliştirilen projede cephede güneş kontrolü sağlamak amaç edinilmiştir. Dantel böceğinin kanatlarının hareketinin sağlanmasında basit harmonik hareketi doğrusal harekete geçiren bir mekanizma arayışı olmuştur. Kanatlar bir ray üzerine oturtulmuştur ve kanatların dengesinin bozulmaması için ara bir destek aparatı kullanılmıştır. Hareketi sağlamada step motor kullanılmıştır (Şekil 13).



Şekil 13: Proje 3'e ait görseller. (Images of Project 3).

Proje 4: Mimarlık ve müzik teması üzerinden gidilerek Kocaeli iline ait Elenko Türküsü incelenmiştir. Türkü zaman aralığı eşit olacak şekilde parçalara ayrılmıştır ve türküye ait notaların ekolizer grafiği yardımcı bir program aracılığıyla çıkarılıp somutlaştırılmıştır. Çıkarılan parçalar nota sırasına göre yan yana dizilerek arkasına uygun mekanizma tasarlanmıştır. Prototip oluşturulurken cephe elemanlarını hareket ettiren mekanizmanın parçaları 3 boyutlu yazıcı yardımıyla alınmıştır (**Şekil 14**).

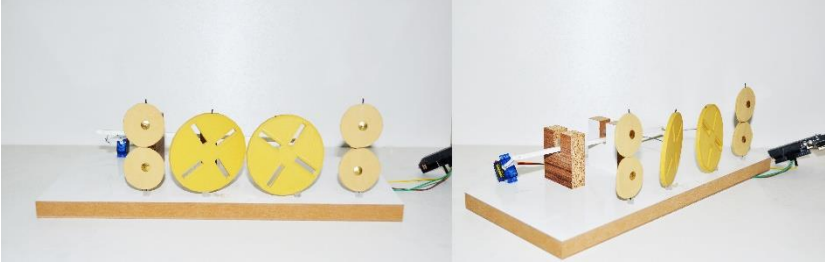


Şekil 14: Proje 4'e ait görseller
(Images of Project 4).

Proje 5: İzmit'te demiryolu ulaşımının ön plana çıkmasından dolayı demiryolu ve tren tekerleği üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışma prensibi olarak tren traverslerinin açılır kapanır özelliğinden yola çıkılarak cephe hareketi kurgulanmıştır (**Şekil 15**).

Proje 6: Proje 5 ile aynı tema üzerinden yürütülen bu çalışmada tren vagonları esas alınmıştır. Mekân, vagon benzeri birimlerin üst üste dizilmesi ile oluşacak şekilde düşünülmüştür ve hareketin birim modül üzerinden yapılması amaçlanmıştır. Mekanizma çalıştırıldığında bir modülün dışa doğru açılma hareketi gerçekleşmektedir (**Şekil 16**).

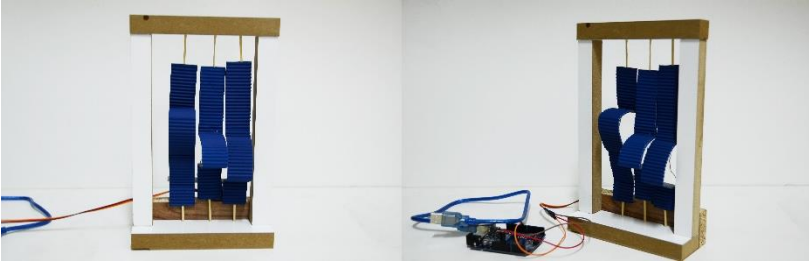
Proje 7: Bu proje, Üsküdar isimli şehir hatları vapurunun İzmit Körfezi'nde çıkan fırtına nedeniyle alabora olup battığı faciayı cephede kurgulayarak kent hafızasını canlı tutmayı amaçlamıştır. Tasarımda dalga formundan esinlenilmiştir ve tasarımın ilk aşamalarında kâğıt şeritler kesilerek dalgaların hareketlerinin nasıl olabileceği keşfedilmiştir. Daha sonra bu şeritler baştan ve sondan bir çubuğa geçirilmiştir. Uygun materyallerin elde edilememesinden dolayı projenin hareketi kısıtlı kalmıştır (**Şekil 17**).



Şekil 15: Proje 5'e ait görseller
(Images of Project 5).

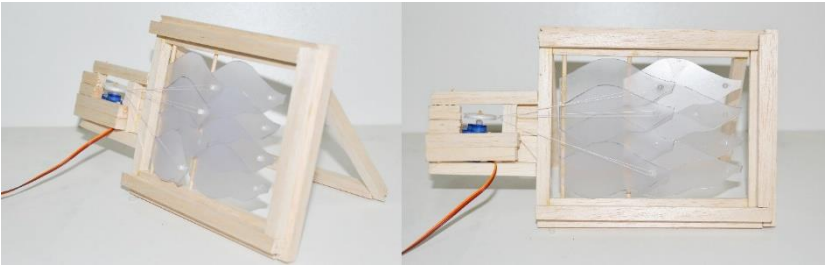


Şekil 16: Proje 6'ya ait görseller
(Images of Project 6).



Şekil 17: Proje 7'ye ait görseller
(Images of Project 7).

Proje 8: Projede önceki yıllarda İzmit Körfezi'nde yaşayan orkinoz balığından esinlenilmiştir ve balığın pullarından bir örüntü oluşturulmuştur. Örüntüyü oluşturan her bir pulun ucuna ip bağlanarak ipin gerilmesi ve gevşemesinden pulların hareketi sağlanmıştır. Sistemi mekanik olarak çalışır hale getirebilmek için motorun ucuna bağlanan makaradan oluşan ara bir mekanizma tasarlanmıştır (**Şekil 18**).











Şekil 18: Proje 8'e ait görseller
(Images of Project 8).

Deneyisel sürecin araştırma sorusu olan “kinetik ve otomasyon gibi disiplinlerin tasarım dersine entegre edilmesi durumunda öğrenciler bu sürece uyum sağlayabilir mi ve entegrasyon başarılı olur mu” soruları öğrencilerin nihai ürünlerinin **Tablo 1**'de verilen ölçütler üzerinden değerlendirilmesiyle cevaplandırılmaya çalışılmıştır. Bu ölçütler sırasıyla; “mekanizmanın cepheye uyarlanabilirliği”, “yenilikçi değer”, “CAM (bilgisayar destekli üretim) araçlarını kullanabilmek”, “algoritma okuryazarlığı edinmek” ve “kinetik hareketin tasarım teması ile uyumu” olarak belirlenmiştir. Mekanizmanın cepheye adaptasyonu mekanizmanın cepheye uygulanabilirliği üzerinden ölçüldü. Yenilikçi değer cephenin özgünlüğü üzerinden ölçüldü. CAM araçlarını kullanabilme prototip oluşturulurken CAM teknolojilerinin kullanılması üzerinden ölçüldü. Algoritma okur yazarlığı çalışma sonunda ortaya çıkan prototipin otomasyon sisteminin çalışıp çalışmadığı ile ölçüldü. Kinetik hareketin tasarım temasıyla uyumu kinetik hareketin görsel etkisiyle ölçüldü.

Değerlendirme sonucunda görülmüştür ki; tüm öğrencilerin tasarladıkları cepheleri prototip olarak nesneleşmiştir. Öğrenciler tasarladıkları cephelere ait mekanizma parçalarını geleneksel yöntemler, lazer kesici ve üçboyutlu yazıcı kullanarak üretmiştir. Tüm parçaların birleşme detaylarını da çözerek birleştirip yenilikçi ve özgün tasarımlar elde etmişlerdir. Bu durum aynı zamanda öğrencilerin birçoğunun CAM araçlarını kullanmada da başarılı olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin kısmen (kendi problemlerini çözebilecek kadar) algoritma okuryazarlığı edinmesi (mikrodenetleyiciye bağladıkları motorlar ve sensörler aracılığıyla) cepheleri interaktif hale dönüştürebilmelerinden anlaşılmaktadır. Üretilen interaktif dinamik tasarımlar ile insan-mekân etkileşimini kurabilmişlerdir. Böylece, tüm öğrenciler ilk transdisipliner stüdyo denemelerinde, verilen tasarım probleminde çözüm sunan, çalışan bir prototip üreterek interaktif ve kinetik tasarımlarını tamamlamışlardır.

Tablo 1: Öğrenci projelerinin değerlendirilmesi (Evaluation of student projects.).

Proje numarası	Mekanizmanın cepheye adaptasyonu	Yenilikçi değer	CAM araçlarını kullanabilmek	Algoritma okuryazarlığı edinmek	Kinetik hareketin tasarım temasıyla uyumu
Proje 1 	✓	✓	✓	✓	✓
Proje 2 	✓	✓	✗	✓	✓
Proje 3 	✓	✓	✓	✓	✓
Proje 4 	✓	✓	✗	✓	✓
Proje 5 	✓	✓	✓	✓	✓
Proje 6 	✓	✓	✓	✓	✓
Proje 7 	✓	✓	✗	✓	✓
Proje 8 	✓	✓	✓	✓	✓

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Transdisipliner bir alt yapı ile kurgulanan dersin hedef ürünü olan interaktif kinetik sistemin oluşmasını sağlayacak, sayısal araçların, fabrikasyon gereçlerinin, farklı disiplinlere ait sayısal verilerin kullanımı, açık kaynak kodlu mikro denetleyiciler ve arayüz araçlarının mimarlık öğrencileri dahil herkes tarafından kolayca erişilebilir ve öğrenilebilir hale gelmesi dersin adaptasyon sürecinde etkili olmuştur. Bunun yanı sıra, daha önce potansiyel olarak var olan sayısal üretim araçlarının yaygınlaşması, standart olmayan bu tür kinetik mekânsal sistemlerin, mekansal temsilinin ve üretiminin kolaylaşması, tasarım modellerinin çok katmanlı ve tasarım sürecinin bütünüyle ilişkili hale gelmesi gibi etkenlerin, mimari tasarım alanında bu tür transdisipliner çalışmalara olanak sağladığı da ortadadır. Gerçekleştirilen bu ders ile transdisipliner bir kurgunun lisans eğitiminde kolay öğrenilebilir, uygulanabilir ve adapte edilebilir olduğu gözlemlenmiştir. 3 hafta gibi kısa bir sürede tüm öğrencilerin yeni nesil ve etkileşimli çözüm üreten nihai ürün olan kinetik sisteme ait bir prototip üretebilmesi bu gözlemi destekler niteliktedir.

Mimarlık lisans eğitimine, sayısal tasarım, sayısal fabrikasyon ve diğer disiplinlerin sayısal yaklaşımlarının eş zamanlı dahil edilmesinin öğrencilerin yaratıcı potansiyeline olan etkileri bağlamında, kinetik sistemlerin mikro derleyiciler kullanılarak bir tasarım problemini entegrasyonu öğrencilerin farklı bir tasarlama deneyimi yaşamalarını sağlamıştır. Her şeyden daha önemlisi, tüm bu tasarım sürecini önce elle sonra sayısal ortamda modelleyerek ve sonra da modeli dijital ortamdaki fiziksel ortama dönüştürerek (file-to-factory sürecini yaşayarak) mimari tasarım dersi sürecinde, öğrenci tasarımdan üretime çok farklı araç, yöntem ve temsil biçimleri ile karşılaşmış ve bütünlük bir tasarım deneyimlemiştir.

Öğrencilerin, yapma deneyimi sonrasında, tasarım eylemine farklı bakış açıları geliştirebildiğini, mimari temayı ve işlevi, kinetik sistem üzerinden nesneye dönüştürebildiğini ortaya çıkan yaratıcı, yenilikçi nihai ürünlerden anlaşılmaktadır. Farklı disiplinlerin yaratıcı tasarım sürecine dahil edilmesi sonrasında, öğrencilerin diğer disipline ait bilgiyi mimarlık alanına yansıtabildikleri de görülmektedir. Ayrıca mimarlık lisans eğitiminde alışık oldukları eğitim anlayışının haricinde yeni bir yaklaşım ile tanışmaları ve bundan sonraki tasarımlarında bu çalışmadan elde

ettikleri deneyim ve yöntemleri bundan sonraki çalışmalarında tekrar kullanabilme potansiyelini sağlayacağı da öngörülmektedir

İçinde bulunduğumuz bu dijital çağda, mimarlığın diğer disiplinlerle olan yakınsamaları bu ders kapsamında kinetik ve interaktif mimari eleman üretme yönünde, mimarlık eğitimine yukarıda anlatılan metodoloji kapsamında entegre edilmiştir. Mimarlık lisans öğrencileri ile yapılan bu transdisipliner çalışma kapsamında, somut olarak gözlenmiştir ki; tüm öğrenciler, cepheleri mikro denetleyici olan Arduino ile oluşturmayı ve aynı sistemin yazılımı olan Arduino İDE arayüzünde programlamayı başarmışlardır. Arayüz kısmında kullandıkları algoritma ile az da olsa algoritma okur-yazarlığı edinmişlerdir ki bu algoritma okur-yazarlığı ana akım teknolojik yeniliklerden bağımsız olarak, yaptıkça, denedikçe ve merak ettikçe geliştirilebilmektedir. Bu anlamda, bu çalışma ile elde edilen ürünlerden, mimarlık öğrencilerinin, yapay sistemlerde bilginin nasıl depolandığı ve nasıl örgütlendiği dolayısıyla algoritma kurma konusunda genel bir içgörü sahibi olmaya başladıkları, farkındalık kazanma yetisi ve özel mesleki beceri kazandıkları anlaşılmaktadır. Bu çalışma mimari tasarım dersi alan sekiz öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. İleride daha fazla sayıda örnekleme yapılacak çalışmanın daha kapsamlı sonuçlar elde edebileceği de öngörülmektedir. Transdisipliner dersler ile mimarlık eğitimi desteklendiğinde daha da başarılı sonuçlar elde edileceği ve üniversitelerin temel hedefi olan toplumun kalkınmasına katkı sağlayacağı da düşünülmektedir. Bu bağlamda, gelişen çağa ayak uyduran bir müfredat tasarlanmasının ihtiyacı göz önünde bulundurularak profesyonel akreditasyonun gerekliliklerini stüdyo dersi üzerindeki bu somut yararları üzerinden yeni teknolojilerin müfredata entegrasyonun gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve prototip laboratuvarının proje kapsamında kullanıma açılmasından dolayı Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanlığına, Mimarlık Bölüm Başkanlığı'na ve çalışmaya katkı veren Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Bölümü lisans öğrencilerinden Özlem ARAS, Öznur ÖZKAN, Edanur TOKAÇ, Zehra Betül ALGÜL, Emircan MORKOÇ, Elif Su ALTUNKILIÇ, İremnur BAYIR ve Elif Şura KIRBAŞ'a teşekkür ederiz.

Referanslar (References)

- Architecture and Design Magazine (Arch20). (2021, August 02). <https://www.arch20.com/city-of-arts-and-sciences-santiago-calatrava>
- Architecture and Design Magazine (Arch20). (23/02/2020, February 23). <https://www.arch20.com/milwaukee-art-museum-calatrava>
- Beesley , P., & Gorbet, R. (2008). Arduino at work: The hylozoic soil control system. In P. Beesley, M. Ladly, R. Wakkary (eds.), *Engineering Meets Humanities and Social Science* (pp. 235-240). Riverside.
- Buchanan, R. (1998). Branzi's Dilemma: *Design in Contemporary Culture*. *Design Issues*, 3-20. <https://doi.org/10.2307/1511825>
- Celani, G., & Verzola Vaz, C. (2012). CAD Scripting and visual programming languages for implementing computational design concepts: A comparison from a pedagogical point of view. *International Journal of Architectural Computing*, 10(1), 121-138.
- Design-Office. (2020, February 23). Zoomlion-headquarters-exhibition. <https://design-office.appspot.com/zoomlion-headquarters-exhibition-center-by-amphibianarc.html>
- Dewey, J. (1997). *Experience and education*. Simon & Schuster.
- Dezeen Architecture and Design Magazine. (2020, February 23). <https://www.dezeen.com/2012/07/13/zoomlion-headquarters-exhibition-center-by-amphibianarc/>
- Dezeen Architecture and Design Magazine. (2021, August 02). <https://www.dezeen.com/2015/12/18/dezeen-a-z-advent-calendar-rolling-bridge-thomas-heatherwick-london/>
- Duarte, J., Celani, G., & Pupo, R. (2012). inserting computational technologies in architectural curricula. In N. Gu, & X. Wang (eds.), *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education* (pp. 56-70). IGI Global.
- Dunn, N. (2012). *Digital fabrication in architecture*. Laurence King Publishing.
- Everett, A., & Caldwell, J. (2003). *New Media: Theories and practices of digitextuality*. Routledge.
- Foster + Partners. (2020, January 05). Architectural Design and Engineering Firm. <https://www.fosterandpartners.com/news/archive/2017/10/shanghai-waterfront-gets-an-upgrade-with-foster-partners-and-heatherwick-studio-s-new-bund-finance-center>
- Fox, M., & Kemp, M. (2009). *Interactive architecture*. Princeton Architectural Press.

- Frazer, J. (1995). An evolutionary architecture. *Architectural Association Publications*.
- Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S. (2009). A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice. *Taylor and Francis*.
- Hobart, S. M., & Colleges, W. S. (2005). The fun palace: Cedric Price's experiment in architecture and technology. *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*, 73-91.
- Ideignarch. (2021, August 02). <https://www.ideignarch.com/lhemisferic-an-eye-catching-architectural-masterpiece-in-valencia>
- Jia Liu . (2021, August 01). *Wave Project*. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=B4ort4dfvBI>
- Loonen R., Trčka M, Cóstola D, & Hensen J. L. (2013). Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (25), 483-493. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.016>
- Mitchell, A., Lafont, U., Holyńska, M., & Semprimoschnig, C. O. (2018). Additive manufacturing — A review of 4D printing and future applications. *Additive Manufacturing* 24(2018), 606-626.
<https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.038>
- Negroponte, N. (1975). *Soft architecture machines*. The MIT Press.
- Oxman, R. (2008.). Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design Studies* 29(2), 99-120.
- Pask, G. (1975). *Conversation cognition and learning*. Elsevier.
- Paulo, B. (2013). Digital fabrication and “making” in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann , & C. Büching (eds.), *Fablabs: of machines, makers and inventors*. Transcript Publishers.
- Peters, T., & Peters, B. (2013). *Inside Smartgeometry: Expanding the architectural possibilities of computational design*. John Wiley & Sons.
- Ramzy, N., & Fayed, H. (2011). Kinetic systems in architecture: New approach for environmental control systems and context-sensitive buildings. *Sustainable Cities and Society*, 1(3), 170-177.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2011.07.004>
- Robotistan. (2021, August 02). Arduino Dersleri Maker:
<http://maker.robotistan.com/etiket/arduino-dersleri>

- Schnabel, M. A. (2012). Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM, and CAE Education. In N. Gu, & X. Wang, Learning parametric designing. (pp. 56-70). Hershey: IGI Global.
- Schumacher , M. (2010). Move: Architecture in Motion - Dynamic Componenets and Elements. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser Architecture.
- Thomortiz. (2021, August 02). Snakeranch.
<https://thomortiz.tumblr.com/post/57922059975/onsomething-onsomething-santiago-calatrava>
- Timisi, N. (2003). *Yeni iletişim teknolojileri ve demokrasi*. Dost Publishing.
- Yeh, B. P. (1998). *Kinetic wall : An exploration into dynamic structure* [Master thesis, Massachusetts Institute of Technology]. DSpace. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/7582>
- Yıldız, Ö. (2010). Hesaplamalı Mimarlıktan Zaman Temelli Etkileşimli Mimarlığa Geçiş. [Master thesis, Istanbul Technical University].
- Zuk, W., & Clark, R. (1970). *Kinetic architecture* .Van Nostrand Reinhold.

