

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

KİNETİK MİMARLIK SINIFLANDIRMALARINA BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ VE
TASARIMIN DEŞİFRESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Lütfullah Emre TAŞAN

OCAK 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

KİNETİK MİMARLIK SINIFLANDIRMALARINA BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ VE
TASARIMIN DEŞİFRESİ

Lütfullah Emre TAŞAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"YÜKSEK MİMAR (MİMARLIK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 / 01 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 19 / 01 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Serbülent VURAL

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, “KİNETİK MİMARLIK SINIFLANDIRMALARINA BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ VE TASARIMIN DEŞİFRESİ” konusu üzerine çalışılmış olup bütüncül bir sınıflandırma ve kinetik yapı elemanının tasarım süreci ele alınmıştır.

Öncelikle hayatım boyunca desteklerini her zaman hissettiğim ve bugünlere gelmemi sağlayan aileme minnettarlığımı ifade etmek isterim. Çalışma sürecinde, fikir ve eleştirileriyle çalışmama rehberlik eden, beni KTU CODEFAB ekibine alarak akademik yönde geleceğimi değiştiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Serbülent Vural’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasında ve hayatımdaki diğer alanlarda desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Abdullah Yasin Dünder’a ve Arş. Gör. Resul Adanur’a teşekkürü borç bilirim.

Lütfullah Emre Taşan

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KİNETİK MİMARLIK SINIFLANDIRMALARINA BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ VE TASARIMIN DEŞİFRESİ” başlıklı tez çalışmasını baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Serbülent VURAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/01/2024

Lütfullah Emre TAŞAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
1.3. Çalışmanın Yöntemi	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 1	6
2.1. Literatür Çalışması	6
2.1.1. Kinetik Kavramı	6
2.1.2. Kinetik Mimarlık Tanımı ve Gelişimi	7
2.1.3. Kinetik Mimarlık Sınıflandırmaları.....	20
2.2. Bütüncül Bir Kinetik Mimarlık Sınıflandırma.....	30
2.2.1. Amaçlarına Göre Sınıflandırılma	31
2.2.2. Kullanıldığı Yere Göre Sınıflandırılma	50
2.2.3. Hareket Tipolojisine Göre Sınıflandırılma	62
2.2.4. Çalışma Prensiplerine (Sistem) Göre Sınıflandırılma	73
2.2.5. Malzemenin Türüne Göre Sınıflandırma.....	76
2.2.6. Cevap Verdiği Etkene (Aktivatör) Göre Sınıflandırılma	79
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR 2.....	82
3.1. Tasarımın Oluşturulması	85
3.2. Modelleme Aşaması	88
3.3. Yazılım Aşaması	89
3.4. Simülasyon Aşaması	94
4. BULGULAR	96

4.1. Kinetik Mimarlık Sınıflandırma Bulguları ve Diyagramı.....	96
4.2. Kinetik Mimarlık Tasarım Sürecinin Deşifre Bulguları	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	112
6. KAYNAK.....	117
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KİNETİK MİMARLIK SINIFLANDIRMALARINA BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ VE TASARIMIN DEŞİFRESİ

Lütfullah Emre TAŞAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Serbülent VURAL
2024, 142 Sayfa

Bu tez kapsamında, gelişen teknoloji ile sürekli değişen çevre ve toplum yapısına uyum sağlayabilen “Kinetik Mimarlık” kavramı üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada, kinetik mimarlığın tarihsel süreç içerisinde nasıl ortaya çıktığı, zaman içerisindeki dönüşümü, insan-teknoloji-mekân kavramları arasındaki ilişkide kinetik mimarlığın yerinin önemi üzerinde odaklanılmıştır. Çalışma 3 bölümde ele alınmaktadır. Birinci bölüm tez çalışmasının yöntemi, kapsamı, amacı ve hedefleri belirtilmiştir. İkinci bölümde kinetik ve kinetik mimarlık kavramları detaylı olarak araştırılmıştır. Bu iki kavram arasındaki ilişki yeniden kurulmaya çalışılmış ve kinetik mimarlığın tarihsel süreçteki gelişimi anlatılmıştır. İkinci bölümde, kinetik mimarlık üzerinde çalışan araştırmacıların yapmış oldukları sınıflandırmalar başlıklar halinde gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmalardan yola çıkılarak bütüncül bir sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma diyagram haline getirilerek kinetik mimarlığı temsil eden bazı örnekler üzerinden yorumlanmıştır. Üçüncü bölümde ise, ortaya çıkarılan sınıflandırma başlıkları ile kinetik mimarlık tasarım denemesi yapılarak tasarım sürecinin deşifresi üzerinde çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık, Kinetik, Mekân, Sınıflandırma, Kinetik Tasarım

Master Thesis

SUMMARY

A HOLISTIC LOOK AT KINETIC ARCHITECTURE CLASSIFICATIONS AND DESCRIPTION OF DESIGN

Lutfullah Emre TAŞAN

Karadeniz Technical University
Institute of Science and Technology
Department of Architecture
Advisor: Prof. Dr. Serbülent VURAL
2024, 142 Page

This thesis focuses on "Kinetic Architecture," which can adapt to the continuously changing environment and societal structure with advancing technology. The study concentrates on how kinetic architecture emerged in the historical process, its transformation over time, and the significance of its place in the relationship between human-technology-space concepts. The study is divided into three parts. The first part is composed of the introduction, where the methodology, scope, purpose, and objectives of the thesis are specified. In the second part, the concepts of kinetic and kinetic architecture are thoroughly researched. The relationship between these two concepts is reestablished, and the historical development of kinetic architecture is narrated. In this section, classifications made by researchers working on the classification of kinetic architecture, the design purposes of existing kinetic architectural works, their effects, and the movements and technologies used are examined, leading to the development of a comprehensive classification. This classification is presented in diagram form, and some examples representing kinetic architecture are interpreted. In the third part, the classification headings revealed are used to create a kinetic architecture design experiment, and the decryption of the design process is studied.

Key Words Architecture, Kinetic, Space, Classification, Kinetic Design

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma strüktürü.....	5
Şekil 2.	Kinetik sistem örnekleri.....	9
Şekil 3.	Akıllı/Etkileşimli/Duyarlı/Uyarlanabilir/Kinetik mimarlık tanımlamaları	10
Şekil 4	Kinetik mimarlık zaman çizelgesi	11
Şekil 5.	Çadır Türleri: (sırasıyla) Kuzey Amerika tipi çadırı, Bedevi çadırı, Asya yurt.....	12
Şekil 6.	Dinamik Çin saldırı kulesi.....	14
Şekil 7.	Kapı otomat sistemi	15
Şekil 8.	Villa Girasole binası	16
Şekil 9.	Arap Enstitü binası	18
Şekil 10.	Archigram'ın Plug-in City ve Walking City projeleri.....	20
Şekil 11.	Kinetik yapı sistemi kategorileri: (sırasıyla) Gömülü sistem, dinamik sistem, konuşlandırılabilir sistem	22
Şekil 12.	İçsel kontrol	23
Şekil 13.	Al Bahar Kulesi Cephesi	34
Şekil 14.	Al Bahar Kulesi cephe sistemi.....	34
Şekil 15.	Kayan Ev (Sliding House).....	35
Şekil 16.	Dinamik ayarlanabilir akustik panel sistemi	35
Şekil 17.	Güneş Çiçeği Evi (Heliotrope House)	38
Şekil 18.	Waxwing Residence	41
Şekil 19.	Gabo'nun Kinetic Construction (Standing Wave) eseri	43
Şekil 20.	Barkow ve Leibinger'in tasarladığı Kinetik Duvar	44
Şekil 21.	Milwaukee Sanat Müzesi.....	47
Şekil 22.	InteractiveWall Projesi	48
Şekil 23.	Sharifi-ha Evi ön cephesi.....	55
Şekil 24.	Sharifi-ha Evi hareket diyagramı.....	55
Şekil 25.	Yuvarlanan Köprü açılıp kapanma aşaması	57
Şekil 26.	Yuvarlanan Köprü'nün sanat eseri olarak kullanılma hali.....	57

Şekil 27.	İki yönlü düz duvar panelleri.....	59
Şekil 28.	Ammonite Sahne Tasarımı	61
Şekil 29.	Pfalzkeller Acil Servis Merkezi.....	65
Şekil 30.	Katlanma hareket geometrisi örneği.....	66
Şekil 31.	Kuveyt Pavyonu	66
Şekil 32.	Örtüşme hareket geometrisi örneği.....	67
Şekil 33.	Arap Dünya Enstitüsü cephesi.....	67
Şekil 34.	Yuvarlanma hareket geometrisi örneği.....	68
Şekil 35.	Q1 Headquarters	69
Şekil 36.	Dönme/Burkulma hareket geometrisi örneği.....	69
Şekil 37.	One Ocean Pavyonu	70
Şekil 38.	Bükülme hareket geometrisi örneği.....	70
Şekil 39.	Media-TIC	71
Şekil 40.	Genişleme hareket geometrisi örneği	71
Şekil 41.	Kinetik Şemsiye.....	72
Şekil 42.	Uzama hareket geometrisi örneği	72
Şekil 43.	Aktif kinetik sistem çalışma şablonu.....	75
Şekil 44.	Pasif kinetik sistem çalışma şablonu	75
Şekil 45.	The Bloom pavyonu	77
Şekil 46.	The Bloom pavyonunun açılıp kapanan panelleri	77
Şekil 47.	Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi	78
Şekil 48.	Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi alüminyum panel detayı	78
Şekil 49.	Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi planlanan hare detayı.....	79
Şekil 50.	Canlı aktivatörün sensörsüz sisteme girdi şablonu.....	80
Şekil 51.	Canlı aktivatörün sensörlü sisteme girdi şablonu	80
Şekil 52.	Cansız aktivatörün kinetik sisteme girdi şablonu	81
Şekil 53.	Archer Tasarım Süreci.....	83
Şekil 54.	Megahed'in kinetik mimarlık tasarım stratejisi.....	84
Şekil 55.	Megahed tasarım stratejisi ve Arthur'un tasarım süreci kesişmesi	85
Şekil 56.	Tasarım Eskizi	86
Şekil 57.	Kinetik Cephe Elemanı Eskizi.....	87
Şekil 58.	Kinetik tasarım denemesi modeli	89
Şekil 59.	Arduino geliştirme kartının yapısı	90

Şekil 60.	Breadboard'ın iç yapısı.....	91
Şekil 61.	Circuito.io platformu üzerinden tasarlanan model	92
Şekil 62.	Arduino UNO ve breadboard kurulumu	92
Şekil 63.	Yazılan kodun şartlı bloklardan biri	93
Şekil 64.	Antalya iklim verilerine göre Güneş hareketi.....	94
Şekil 65.	Cephenin tamamen açık kalma modu simülasyonu	95
Şekil 66.	Kinetik cephenin yapıya 90 ⁰ modu simülasyonu.....	95
Şekil 67.	Kinetik cephenin yapıya 120 ⁰ ve yarım kapama modu simülasyonu.....	95
Şekil 68.	Sınıflandırma diyagramı	97
Şekil 69.	(Sırasıyla) Villa Girasole, Güneş Çiçeği Evi, Suite Vollard ve Sharifi- ha Evi diyagramları	103
Şekil 70.	Tasarım kriterlerinin belirlenme süreci	105
Şekil 71.	Yapılan Tasarım Süreci	111

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Araştırmacıların kinetik mimarlık sınıflandırmaları.....	25
Tablo 2.	Amaçlarına göre gruplandırma	26
Tablo 3.	Kullanıldığı yere göre gruplandırma	27
Tablo 4.	Hareket tipolojisine göre gruplandırma	27
Tablo 5.	Çalışma prensibine göre gruplandırma	29
Tablo 6.	Kinetik sistemin kullanıldığı yere göre gruplandırılması	51
Tablo 7.	Kinetik sistemin hareket tipolojilerine göre sınıflandırılması	64
Tablo 8.	Kinetik sistemin çalışma prensibine göre sınıflandırılması.....	74
Tablo 9.	Villa Girasole yapısının genel bilgileri.....	98
Tablo 10.	Güneş Çiçeği Evi yapısının genel bilgileri	99
Tablo 11.	Suite Vollard yapısının genel bilgileri.....	100
Tablo 12.	Sharifi-ha Evi yapısının genel bilgileri.....	101
Tablo 13.	Tasarımın oluşturulma araçları	109

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kinetik mimarlık, geleneksel olarak süregelen mimari normları sarsan ve yapıların statik olarak algılanan yapısal sınırlarını genişleten dinamik bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu disiplin bağlamında kurgulanan mimari eserlerin statik olarak inşa edilen yapılara göre, sahip oldukları işlevselliğini artırma, çevresiyle iletişime geçebilmesini, mekânsal parametrelere karşı adapte olabilme yeteneğine sahip bir sanat eseri olarak konumlanmasını sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelerin getirdiği olanaklar sayesinde gittikçe gelişen bu disiplin sunduğu dinamizm ile kullanıcı deneyimini sürekli olarak yenileyebilen bir kinetik estetik sunmaktadır.

Endüstri devrimi ile hızla gelişen teknoloji, insan ihtiyaçlarının sürekli olarak değişmesine ve aşırı hammadde tüketiminin artmasına sebep olmuştur. Her geçen gün katlanarak artan enerji ihtiyacı, ekolojik sistemin sürekliliğini bozmaya başlamış ve çevre koşullarının durağanlıktan çıkmasına sebep olmuştur. Bu devingen durumda, çevre koşullarının ve kullanıcı ihtiyaçlarının değişime uğraması kaçınılmaz olmuştur. Belirli ihtiyaçları karşılayan; ölçeği, boyutları ve yapım teknolojisi sebebiyetiyle statik yapıda olan mimari ürünler, hızla değişen dünyaya ayak uyduramaz konumda kalmıştır. Bu uyumsuzluk, kinetik mimarlık arayışlarını tetiklemiştir. Kinetik mimarlık sistemleri, yapının farklı koşullarda, çevreyle etkileşim içerisinde çalışabilme potansiyeline sahip olup; bina performansının en iyi düzeyde kalmasını sağlayabilecek önemli araçlar olarak görülmektedir. Gelişen sensör, dijital kart teknolojileri ve bilgisayar teknolojileri bu tür sistemlerin tasarlanmasına ve gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu sayede statik normlardan kurtulan ürünler dinamikleşerek, adeta canlıların sahip olduğu sinir-kas sistemi gibi çeşitli etkenlere cevap verebilmesini sağlayan hareket yeteneğini kazanmıştır.

Kinetik yapılara dinamizmin getirdiği canlılığın, yapıların kullanıcı ve çevre ile kurduğu ilişkinin zaman içerisinde oluşturduğu uyumsuzluğunu en aza indirdiği düşünülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, gelişen bilgisayar ve malzeme teknolojisi ile mimarlık alanına çeşitli derecelerde kinetik sistemlerin entegre edildiği görülmektedir. Bu sayede, kinetik mimarlığın gelişmesi ve çeşitlenmesi mümkün kılınmıştır.

Hareket kabiliyetine sahip mimari ürünler, özne ile yapı arasında iletişime imkân sağlayan ve bina performansının en iyi düzeyde kalmasına imkân veren önemli araçlardır. 20. yüzyıl sonlarında ortaya çıkan yazılım teknolojisi ile gelişen dijital teknolojiler kinetik yapı elemanlarının daha çeşitli ve verimli olarak gerçekleşmesini mümkün hale getirmiştir; ancak 21. yüzyıla gelinmesine rağmen kinetik mimarlık uygulamaları günümüzde nadir olarak bulunmaktadır. Bunun temel sebebi; inşaat sektörünün teknolojiye olan kısıtlı entegrasyonu, verimlilik alanında gelişmelere rağmen yapım ve bakım maliyetinin yine de fazla olması olarak düşünülebilir. Ancak bu durum; gelişime açık, potansiyel bir araştırma konusudur.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Tez çalışmasında, kinetik mimarlığın multidisipliner yapısından dolayı zor görünen tasarım sürecinin deşifre edilmesi, farklı araştırmacılar tarafından oluşturulan ve bazı durumlarda birbiri ile çelişen veya birbirini kapsayan tanımlama ve sınıflandırmalardaki karmaşıklığı sistematikleştirmesi, bütüncül bir bakış getirilmesi üzerine çalışılmış ve kinetik mimarlığın okunabilirliğinin artırılarak ileride yapılabilecek olan araştırmalara ve tasarımlara altlık oluşturulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışmanın problemi,

- Kinetik mimarlık nedir?
- Kinetik mimarlık sınıflandırmaları nelerdir ve bütüncül bir sınıflandırma sunulabilir mi?
- Kinetik mimari tasarımı oluşturan ana kararlar nelerdir?
- Kinetik mimarlığın tasarım süreci nasıl işler?

sorularından oluşmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen kinetik mimarlık kavramı, geometrik olarak dönüşen bileşenlere veya yapının kendisinin tamamen farklı bir şekilde konumlandırma kabiliyetine sahip mimari eserler olarak belirlenmiştir. Yapının kendisini yerden bağımsız bir şekilde sökülüp veya bütün olarak farklı bir noktada konumlandırılması olarak nitelendirilen mobil mimarlık (Özgel Felek, 2019) statik ve kinetik mimarlık arasında yer alması, kinetik mimarlık disiplininin çoğu özelliğine sahip olmaması, bazı kinetik tanımlamalarını karşılamaması nedeniyle tez çalışması kapsamının dışında tutulmuştur; ancak literatür kısmında kinetik mimarlığın tarihçesi incelenirken mobil mimarlık da incelenmiş ve kinetik

mimarlık üzerindeki etkilerden bahsedilmiştir. Ayrıca, bazı kinetik mimarlık literatür çalışmalarında bulunan deforme olabilen malzemelerle oluşturulan kinetik mimariler Persiani'nin (2018) kinetik kavramını geri dönüştürülebilir eylemler olarak nitelendirmesi, bu kapsam dışında tutulmasına sebep olmuştur.

Tez kapsamında tasarlanan kinetik elemanın çalışmasını sağlayan sisteme ait parça tasarımı, enerji verimliliği ve bunların simüle edilerek performanslarının incelenmesi kinetik mimarlığın multidisipliner yapısından ve çok fazla detay bilgi içermesinden dolayı tez kapsamında ele alınmamıştır. Bu kapsam ve sorular ışığında tez çalışması sonucunda hedef olarak:

- Literatürde bulunan sınıflandırma ve tanımlamaların derlemesini sunmak,
- Kinetik mimarlık eserleri arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya çıkartarak özelliklerinin kombinasyonları üzerinden yorumlar çıkarabilmek,
- Kinetik mimarlığın mekâna, insana ve çevreye olan etkilerini sorgulamak,
- Kinetik mimarlığın tasarım aşamasını örnekleyecek bir tasarım oluşturmak olarak belirlenmiştir.

Yürütülen tez çalışmasında, kinetik mimarlık alanında tanımlama ve sınıflandırma denemeleri yapılması, sınıflandırma diyagramı oluşturulması ve parametrik tasarım ile oluşturulan kinetik mimari eleman tasarımının aşamalarının örneklendirilmesi tezin özgün değeri olarak düşünülmüştür.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

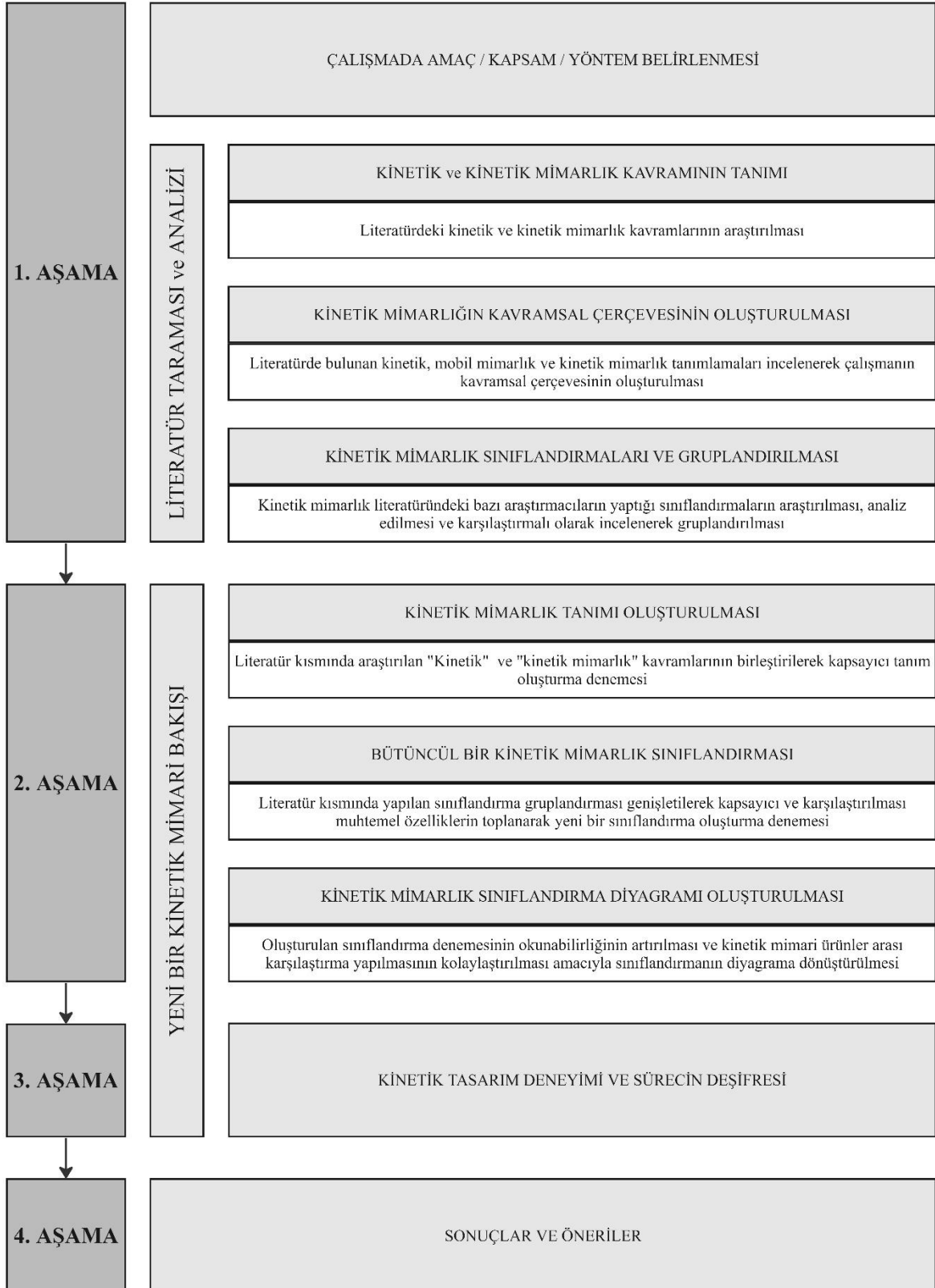
Tez çalışması dört aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1). Birinci aşamada, ilk olarak tez çalışmasının problem belirleme, amaç, kapsam, hedef ve yöntem oluşturulmuştur. Oluşturulan kapsamda, kinetik kavramının kinetik mimarlık ile bağlantısı kurulmuş literatürdeki kinetik mimarlık tanımlamaları incelenerek kavramsal çerçeve oluşturulmuştur. Kinetik mimarlık adına araştırmacıların ortaya koyduğu sınıflandırmalar araştırılıp gruplandırılmıştır. Kinetik mimarlık alanında literatürde önemli olarak görülen olaylar, eserler, tarihi akış ve kinetik mimarlık sınıflandırmalarından bahsedilmiştir.

İkinci aşamada, literatür aşamasında araştırılan kinetik ve kinetik mimarlık tanımlamaları arasındaki ilişki yeniden kurulmaya çalışılmıştır. Birinci aşamada oluşturulan gruplandırma işlemi sonrası, çeşitli değişimler yapılarak alternatif bütüncül bir sınıflandırma

sunulmuştur. Bu sınıflandırma başlıkları altında, kinetik mimarlığın insan, mekân ve teknoloji üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Bütüncül sınıflandırma denemesi diyagram haline getirilerek örnekler ile açıklanmıştır. Oluşturulan diyagram üzerinden Groat ve Wang'ın (2013) bahsettiği mimarlık alanında veri toplama ile yapılan korelasyon araştırma yöntemi ile çıkarımlar da gerçekleştirilmiştir. Bu çıkarımlarla ilgili çeşitli genellemelerde bulunulmuştur. Böylece, belirli bir sistemle kinetik mimarlık eserleri okumalarının daha etkin kullanılması amaçlanmıştır. Tasarlanan kinetik cephe ile kinetik mimarlık tasarım süreci üzerinde aktarılan deneyimler yorumlanmıştır.

Üçüncü aşamada; tez çalışmasında öne sürülen kinetik mimarlık tanımlaması kapsamında ve üretilen kinetik mimarlık sınıflandırmasından yararlanılarak Archer'ın (1965) önerdiği 3 evreli (analitik, yaratıcı ve uygulama) tasarım süreci uygulanmış ve bir kinetik mimarlık tasarımı denemesi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında süreci aşamaları açıklanmış ve kinetik mimarlık tasarımının süreci deşifre edilmeye çalışılmıştır. Tasarlanan kinetik mimari eser, Rhino 3D çizim ve modelleme programının eklentisi olan Grasshopper üzerinden parametrik sistem ile oluşturulmuştur. Tasarımın parametrelerinin bir bölümü, yazılım ile kodlanan Arduino geliştirme kartı ve ona bağlı sensörlerle oluşturularak kinetik cephe elemanı tasarımı kurgulanmıştır.

Dördüncü aşamada; tez kapsamında 2. ve 3. aşamalarda ileri sürülen kinetik mimarlık tanımı, sınıflandırma, sınıflandırma diyagramı oluşturulması, tanımlama denemesi ve tasarım denemesi ile çalışma problemlerine yanıtlar aranmıştır.



Şekil 1. Çalışma strüktürü

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 1

2.1. Literatür Çalışması

2.1.1. Kinetik Kavramı

TDK'ye göre hareketle ilgili olan veya hareket sebebiyetiyle oluşan anlamına gelen ve cümle yapısında sıfat olarak kullanılabilen kinetik kavramının kökeni, Fransızcadan gelen *kinétique* kelimesine dayanmaktadır (URL-1, 2022). Fransızcaya da eski Yunancada geçen *kinētikós* sözcüğünden geçmiştir (URL-2, 2022).

Kinetik kavramının anlamında bulunan hareket ifadesi, cisimlerin herhangi bir düzlem içerisinde birbirine bağıl olarak konumlarının veya hallerinin değişmesi olarak nitelendirilebilmektedir. Bu bağlamda hareket kavramı, çeşitli alanlarda kullanılmakta olup bu alanlarda da birçok tanıma karşılık gelebilmektedir. Kimya alanında kimyasal tepkime hızlarını inceleyen bilim dalı, fizikte bir cismin konumunun ve/veya durumunun değişmesi, sosyal bilimlerde davranış tutum ve felsefede devinim tanımlamaları bu çeşitliliğe örnek olarak verilebilir. Mimarlık alanında ise canlılık, dinamiklik, oynusallık gibi kavramlara ile ilişkilendirilebilmektedir.

Moloney'e (2001) göre, mimari teori ve uygulamalarda kullanılan kinetik kavramı tipik olarak şu açılardan tanımlamaktadır:

- Kullanıcı etkisiyle dönüşüm
- Yapı kullanıcılarının fiziksel hareketi
- Işık veya nemin mevcudiyetindeki değer değişiklikleri sonucu optik etkileri nedeniyle oluşan hareket hissi
- Korozyon veya çürümenin malzemeler üzerindeki etkileri
- Hareketin form ve dinamik görünen yüzeyler aracılığıyla temsili
- Geometrik dönüşümleri veya diğer animasyon tekniklerini kullanan tasarım yöntemleri.

Bu tez kapsamında kullanılan kinetik kavramı, fizik alanı çerçevesinde ve Moloney'in tanımlamalarının sonuncusu olan geometrik dönüşümler üzerinden incelenmiştir. Bu çerçevede tanımlanan kinetik kavramı Alman filozof Frederich Engels'e göre, maddenin

varoluş nedenidir. Atom altı parçacıklardan en kompleks varlıklara kadar her boyuttaki madde, kinetik özelliğe sahip olduğunu belirtmiştir (Engels, 1977).

Geometrik bir bakış açısı ile hareket, iki veya daha fazla morfoloji arasında salınım olarak görülebilmektedir. Grafiklerdeki zaman çizgisinde olan $t(0)$ noktasından (geçici başlangıç noktasından), $t(n)$ noktasına (zamansal birimlerde varsayılan ara şeklin olduğu noktasına) kadar zamansal aşamalara bölünebilen bir kapalı döngü sistemine sahiptir. Yani oluşturulan kinetik eylemin tersine çevrilebilir, başlangıç noktasına tekrar ulaşılabilir olması gerekmektedir. Bu yüzden insanlardaki büyüme gibi değişimler, kinetik olarak kabul edilmemektedir (Persiani, 2018).

2.1.2. Kinetik Mimarlık Tanımı ve Gelişimi

Mimarlık tipik olarak kinetiğe direnmiştir (Moloney, 2011) ve ürünlerinin ölçeği, boyutları, yapım teknolojisi gibi ölçütler nedeniyle (istisnalar haricinde) yüzyıllar boyu statik yani durağan yapıda kurgulanmıştır. Bu bağlamda mimarlık genellikle, canlıların her türlü ihtiyacını karşılayan statik yapı inşa etme sanatı veya Goethe'nin tanımladığı gibi müziğin donmuş hali olarak tanımlanmaktadır (Walden, 2014). Bu sanatı icra eden mimarlar, yaptıkları tasarımları, mevcut durumun incelenmesi ve gelecekte gerçekleştirilecek koşulların araştırılması sonucunda bulunan çıkarımlardan gerçekleştirmektedirler. Bu aşamada, mimarlar ve onların verilerini besleyecek diğer araştırmacılar, parametrelerin çeşitliliğinin, sayısının ve değişiminin öngörülemez olmasından kaynaklı gelecek zamandaki durumları kesin olarak bilemediklerinden dolayı, elde edebildikleri verilere dayanarak inisiyatifeye bağlı tahmin gücünü kullanmaktadırlar. Endüstri çağının ve onun etkilerinin sonunda ortaya çıkan bilgisayar teknolojisi ile hızla değişen toplumsal etkenler ve doğanın sömürülmesi ile oluşan değişken çevresel koşullar, söz edilen tahminin doğruluğunun yanında, sürdürülebilirliğini de tehlike altına atmıştır. Modern toplumda yaşanan bu hızlı değişimler, durağan yapıda kurgulanan mimarlığın yetersizliğine ve süreç içinde koşullara uyum sağlama yeteneğinin körelmesine sebep olmaya başlamıştır.

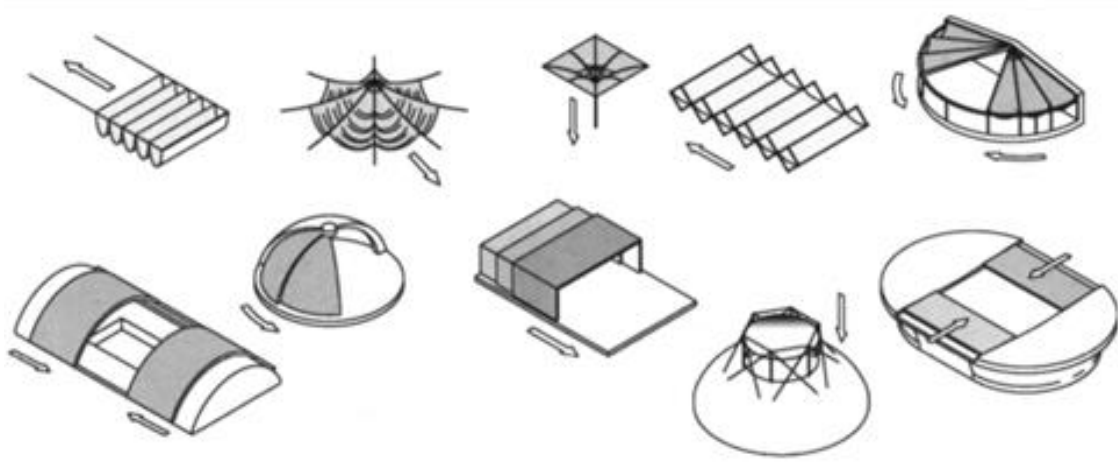
Charles Darwin, canlının kendisinin ve neslinin devamlılığını sağlayabilme olasılığının değişebilen çevre koşullarına adapte olabilme kapasitesine bağlı olduğunu öne sürmüştür. Darwin'in bu düşüncesi, mimarlıkta alanında kinetik mimarlık kavramının

temellendirildiği nokta olarak görülebilir (Zuk ve Clark, 1970). Kinetik mimarlığın ilk resmi tanımı 1970 yılında Pop Art hareketinden etkilenen Zuk ve Clark tarafından yapılmıştır (Sanchez-Del-Valle, 2005). Yapılan tanımlamaya göre kinetik mimarlık; mimari eserin kendisine etki eden baskılar kümesi içinde ortaya çıkan değişikliklere, baskıların yorumlanması ve uygulanması için araç sağlayan, teknolojiye uyum sağlama konusunda özgür bir mimari olarak tanımlanmıştır (Zuk ve Clark, 1970).

Micheal Fox (2004) kinetik mimarlığı genel olarak değişken hareketliliğe, geometriye ve/veya konuma sahip yapılar veya yapı bileşenleri olarak tanımlamıştır. Bu hareketliliğin sağlanması için boyut ve şekilde katlanma, kayma, genişleme ve dönüştürme içerebileceğini ve bunu sağlamak için sistem olarak diğer sistemlere ek olarak pinomatik, kimyasal, manyetik, doğal veya mekanik sistemler olabileceğini belirtmiştir. Fox ve Oosterhuis'in çalışmalarında kinetik mimarlık; yapının değişime otomatik olarak tepki vermesini sağlayan mekanizmalar, sensörler ve gömülü işlemciler içeren geniş kapsamlı mimari olarak tanımlanmıştır. Öne sürdükleri kinetik mimarlık kavramında, kinetik yapının her ilkesinin insan vücudunun fizyolojisinde ve morfolojisinde bulunduğunu öne sürdüklerinden “biyolojiden emsal alınmış” düşüncesi vardır (Sanchez-Del-Valle, 2005).

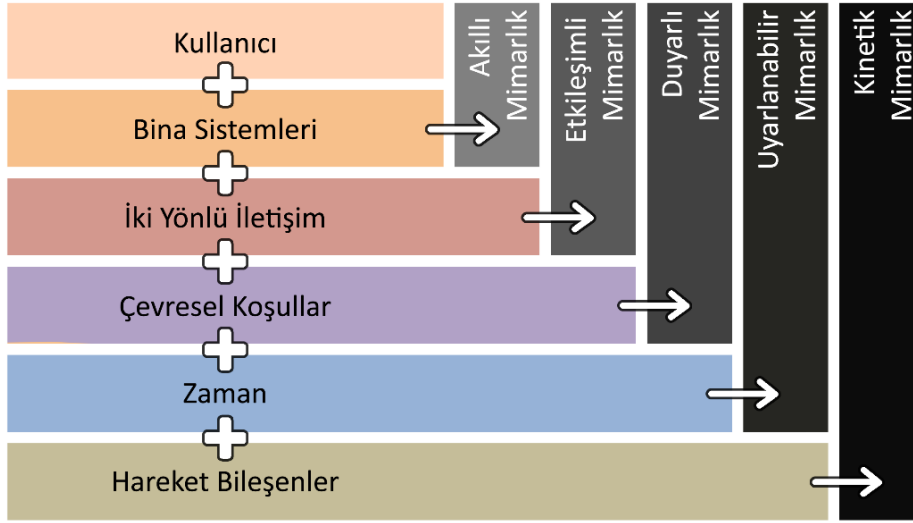
Zadinac (2009) kinetik mimarlığı, insanların sürekli olarak değişen ve çeşitlenen ihtiyaçlarını karşılamak için kendisini fiziksel olarak yeniden yapılandırabilen olarak nitelendirmiştir. Bu yüzden kinetik mimarlığı, uyarlanabilir bir mimariyi, oluşturulan mekanların ve nesnelerin hareketiyle yaratmaya dayanan yaklaşım olarak tanımlamaktadır (Razaz, 2010).

Persiani'nin kinetik kavramını, bahsedilen kuramcıların öne sürdükleri kinetik mimarlık kavramlarına entegre ederek açıklamak gerekirse; kinetik mimarlık, değişen çevresel koşulları ve/veya insan ihtiyaçlarını karşılamak için mimari eserin fiziksel olarak farklı bir durumda kendisini yapılandırabilen, yapılandırma işlemini tersine çevirebilme yeteneğine sahip olan basit veya karmaşık sistemlerden oluşan mimari ürünler bütünü olarak tanımlanabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Kinetik sistem örnekleri (Korkmaz, 2004)

Kinetik mimarlık ile birbirine benzeyen ve sıkı bir ilişki içinde bulunan akıllı mimarlık, etkileşimli mimarlık, duyarlı mimarlık, uyarlanabilir mimarlık gibi birçok yaklaşım bulunmaktadır (Elmokadem, 2018). Tanım olarak benzer ve en çok karıştırılan yaklaşımdan biri olan duyarlı mimarlık yaklaşımının temeli olan duyarlılık kavramı, ilk kez 1960 yılında Nicholas Negroponte tarafından ortaya sürülmüştür. Büyük veya küçük derecelerde değişikliklerin yapılabilmesi için basit veya karmaşık hesaplar sonucu aktif rol oynayan sistemler olarak tanımlanmıştır (Velikov ve Thün, 2014). Duyarlı mimariler ise yapıların form, renk veya karakterinin aktivatörler tarafından değiştirilmesi ile oluşmaktadır. Duyarlı mimari oluşturan bileşenler insanların ihtiyaçlarına ve ortamdaki değişmelere uyum sağlayabilen, çevreyi izleyebilen, cevap verebilen sistemlere sahiptir (Meagher, 2015). Kinetik mimarlığı kapsayan olarak gören bu ve bunun gibi yaklaşımlar odaklanılan konu üzerinden birbirinden ayrılmaktadır (Elmokadem, 2018) (Şekil 3).



Şekil 3. Akıllı/Etkileşimli/Duyarlı/Uyarlanabilir/Kinetik mimarlık tanımlamaları (Elmokadem, 2018)

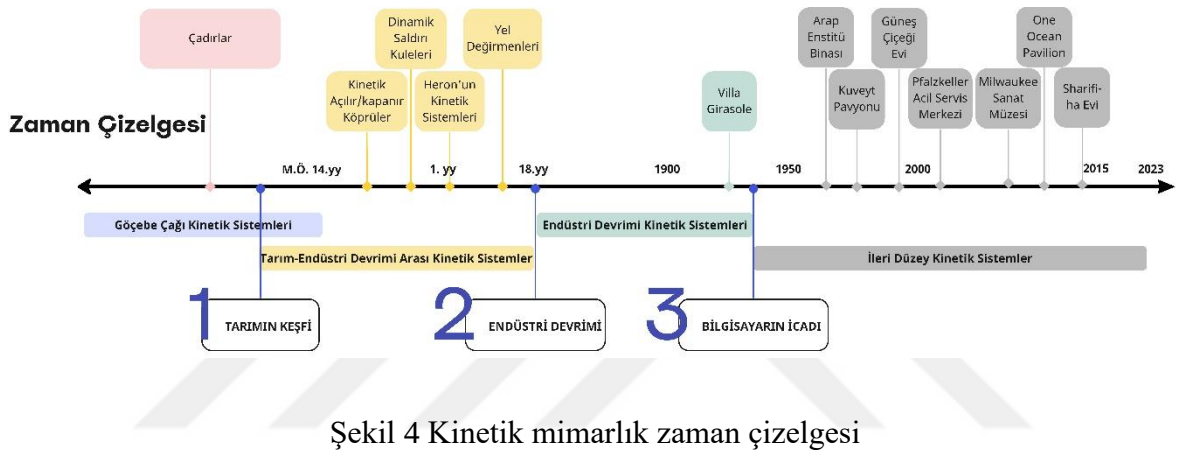
Elmokadem'e (2018) göre, kinetik mimarlığın; havalandırma, ıslıklandırma gibi bina sistemi olarak sayılabılme, canlı veya cansızlar ile iletişim kurup cevap verme yeteneğine sahip olabilme, çevre koşullarını algılayıp işlem gerçekleştirebilme, $t(0)$ - $t(n)$ zaman aralığında kendini yeniden yapılandırma ve tekrar $t(0)$ noktasına gelerek döngüyü devam ettirebilme özelliklerinden en az birini bulunduran hareket bileşenlerine sahip olması gerekmektedir.

Kinetik mimarlık, 20. yüzyılın sonlarından itibaren mimarlık sektörünün önemli bir çalışma alanını oluşturmuşsa da temelleri, tarih öncesi çağlara kadar dayanmaktadır. Tez kapsamında araştırma yapılırken farklı çağlar üzerinden gruplandırma yapılarak incelenmiştir. Ramzy ve Fayed (2011), kinetik mimarlığı gelişmelere bağlı olarak primitif kinetik sistemler (endüstri devrimi öncesi), prematüre kinetik sistemler (endüstri devriminden 20. yüzyıla kadar geçen süreç), gelişmiş kinetik sistemler (20. yüzyıl ve sonrası), ileri düzey kinetik sistemler (yapay zekâ çağı) olarak 4 ana başlıkta incelemiştir. Bu ayrışmanın nedeninin, kinetik mimarlığa etki eden teknolojiye büyük çaplı evrilmelerin görüldüğü nirengi noktalarının olduğu düşünülebilir. Tez kapsamında, Ramzy ve Fayed'in yaptığı çalışma kapsamında ortaya sürülen primitif, prematüre, gelişmiş ve ileri düzey kinetik sistemlerine ek olarak, insanların göçebe ve yerleşik hayata geçiş evresindeki kinetik mimarlık tarihinin detaylı irdelenmesi ve ütöpik/distöpik olarak kurgulanan geçmişteki gelecek kinetik mimarlık anlayışının etkilerinden bahsedilmesi amaçlanmıştır. İleri düzey

kinetik sistemler ve gelişmiş kinetik sistemler başlıkları ise tam bir sınır teşkil etmemesinden dolayı birleştirilmiştir. Böylece kinetik mimarlık tarihi;

- Göçebe çağı kinetik sistemleri,
- Tarım keşfi ile endüstri devrimi arası kinetik sistemleri,
- Endüstri devrimi kinetik sistemleri,
- İleri düzey kinetik sistemleri,
- Ütopik/Distopik kinetik sistem düşüncesi,

olarak 5 ana başlık altında incelenmiş ve Şekil 4’te zaman çizelgesi verilmiştir.



Şekil 4 Kinetik mimarlık zaman çizelgesi

Zaman çizelgesinde, “Tarımın Keşfi”, “Endüstri Devrimi” ve “Bilgisayarın İcadı” olmak üzere 3 adet nirengi noktası bulunmaktadır. Bu nirengi noktalarından da anlaşılacağı gibi bilgisayarın icadı ile çok sayıda kinetik mimarlık ürünlerinin de ortaya çıktığını görülebilmektedir.

a) Göçebe Çağı Kinetik Sistemleri:

İnsanlık türü var olduğu günden, günümüze kadar geçen süreçte beslenme, temizlik, uyuma, üreme, çalışma, eğlenme gibi kendi türünün yaşamını sürdürmesi için gereken temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına hareket etmektedir. Bu temel ihtiyaçlarını karşılama eylemini kendilerine karşı olan çevre ve diğer canlı tehditlerden korunabilmek, güven duygusu içerisinde yaşayabilmek için çeşitli mekanlara ihtiyaç duymuşlardır. Tarih öncesi zamanlarda insanlar, bu ihtiyaçlarını gerçekleştirmek için mağara, ağaçların kavukları gibi doğal mekanları kullanmıştır. Zamanla nüfusun artması, çevre koşulların kontrol

edilememesi, beklentilerin değişmesi, zorunlu göçlerden kaynaklı göç edilen yerlerdeki doğal barınma mekanlarının bulma zorluğu artması ile mekân ihtiyaçlarını kendileri üretmek karşılamayı denemiştir.

Göçebe hayat süren insanlar, temel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla geçici barınma mekanlarının yanında çadır sistemleri de tasarlamıştır. Kinetik mimarlığın temeli olarak da nitelendirilen bu mobil sistemler (Korkmaz, 2004); katlanıp taşınabilir, özelleştirilebilir ve yeniden inşa edilebilir yapısıyla göçebe yaşam çağının önemli mimari ürünleri olmuştur. Birbirleri ile iletişimi son derece kısıtlı olduğu düşünülen farklı kültürlerde ve konumlardaki topluluklar, temel ihtiyaçlarını karşılayabilen benzer çadır sistemleri üretmek binlerce yıldır süregelen barınma ihtiyaçlarını karşılamıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Çadır Türleri: (sırasıyla) Kuzey Amerika tipi çadırı, Bedevi çadırı, Asya yurt (Kronenburg, 2007)

Kinetik mimarlığın ilk ürünleri olarak göçebe, tipi ve yurt gibi geleneksel çadır sistemleri kabul edilmektedir. Tipi ve yurt çadır sistemleri; sökülebilir, taşınabilir, yeniden konumlandırıldığı yerde tekrardan kurulabilir yapısı sayesinde, Zuk ve Clark'ın kinetik mobil yapıları olarak nitelendirilebilmektedir. Bedevi çadırlarının ise güneş ve yağmur gibi hava durumlarına karşı, yeniden konumlandırılabilir (açılır-kapanır) üst örtü yapısının yine Zuk ve Clark'ın mekanizmalı veya kinetiği sağlayan bileşenlere sahip olan kinetik mimarlık ürünlerinden biri olduğu söylenebilmektedir. Bu çadır sistemlerinin binlerce yıldır işlevselliğini kaybetmemesinin yanında, günümüzün karmaşık yapı modellerinden bazılarıyla bağlantılı olan yapım tekniklerinin atası olarak da kabul edilebilir. Bedevi çadırı, modern germe mühendisliği sistemleri ile aynı prensipleri kullanan sıkıştırma payandaları ve germe zarları içerirken; Kuzey Amerika tipi, hayvan postları kullanılarak çevresel modifikasyon için ikiz deri sistemleri ile uzay kafes çerçeve sisteminin tek bir hücresine benzetilebilir. Asya yurt ise modüler üretim teknikleri, yirminci yüzyılın inşaat

stratejilerinden olan jeodezik tabanlı bir duvar yapısının esinlenildiği nokta olarak gösterilebilir (Kronenburg, 2007).

b) Tarım Keşfi ile Endüstri Devrimi Arası Kinetik Sistemler:

Tarımın keşfi ile avcı ve toplayıcı toplumdan (göçebe) yerleşik hayata geçen insanlar barınma, beslenme, depolama gibi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, yakın çevrelerinden buldukları yapı taşlarından oluşan mekanlar inşa etmişlerdir. Ürettikleri mekanlara ışık, insan ve hava sirkülasyonun sağlanması amacıyla kapı ve pencere sistemlerinin eklenmesi, statik olarak yaptıkları mekâna küçük de olsa dinamizm katmıştır. Bu yapı elemanları ilkel kinetik eleman olarak nitelendirilebilmektedir. İnsanlık tarihi boyunca yaşanan gelişmeler sayesinde birçok yeni yapı malzemesi ve sistemi keşfedilmiştir. Pencere, kapı gibi ilkel kinetik elemanların farklılaşarak, çeşitlendiği ve karmaşık sistemlere dönüştüğü görülebilmektedir.

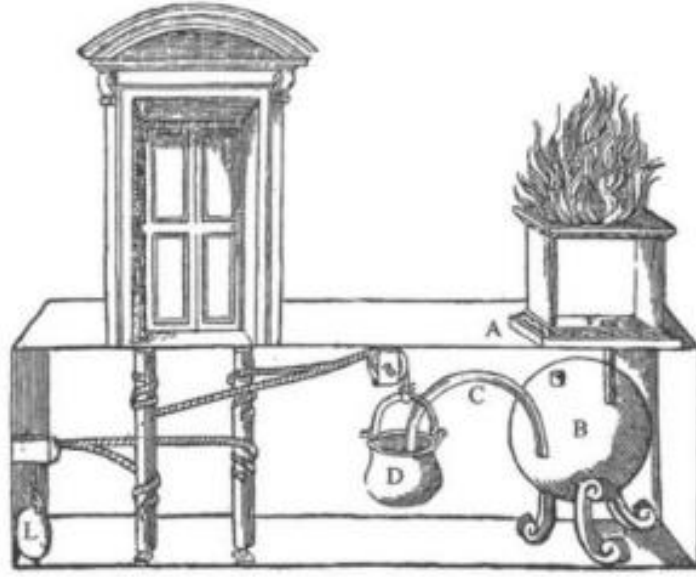
Canlıların hayatta kalabilmeleri için sahip olduğu hareket kabiliyeti türler arası veya tür içinde yaşanan çekişmelerde çok önemli rol oynamaktadır. Tarım toplumlarının kendilerini savunmak için tasarladıkları, sur içi-sur dışı sirkülasyonu sağlayan ve ikinci bir savunma stratejisi olarak oluşturulan hendek engelinin üzerinde inşa ettikleri açılır-kapanır asma köprüler, tarımın keşfi sonrası ortaya çıkan kinetik sistemlere örnek verilebilir. Bu tarz köprüler milattan önce 14. yüzyıldaki Mısır ve Babil uygarlıklarına kadar dayandırılabilir (Koglin, 2003).

Tarımın keşfi ile ortaya çıkan surların yanında, savunma amaçlı kurulan bir diğer mimari yapı, surlara entegre edilmiş şekilde veya tekil olarak inşa edilen kulelerdir. Kuleler, düşmanı gözlemlemek, orduyu kontrol etmek, saldırıyı engellemek, haberleşmeyi sağlamak, ok ve mızrak gibi fırlatılabilir silah mühimmatlarının kolayca fırlatılmasını sağlayan mimari yapı olarak tasarlanmıştır. Hareket avantajının son derecede önemli olduğu ve sıkça kullanıldığı savaş alanlarında (Tzu, 2008) ise savunma amaçlı kullanılan kule tasarımının Çin medeniyeti tarafından dinamiklik katılarak, savaşta zırhlı bir araç gibi kullanıldığı da görülebilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Dinamik Çin saldırı kulesi (Kronenburg, 2007)

Helenistik döneme gelindiğinde, kinetik mimarinin insan gücüne direkt olarak ihtiyaç duymaksızın çeşitli etkenler sayesinde (su buharı, nehir akıntısı gibi) sistemin aktifleştiği örnekleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Otomasyon sistemler olarak da adlandırılan (URL-3, 2022) sistemlerin mucidi olarak bilinen ve milattan sonra 1. yüzyılda Yunan medeniyetinde yaşayan Heron; hava basıncı, denge ve boşluk kurallarını kullanarak tasarladığı otomat sistemler sayesinde kendiliğinden açılan kinetik eleman olarak nitelendirilebilen kapı sistemleri üretmiştir (Topdemir, 2011) (Şekil 7). Orta Çağlarda ise Leonardo Da Vinci'nin gelişmiş vinç, ilkel helikopter tasarımı gibi birçok kinetik tasarımı, kinetik mimarlık sektörüne yöntem ve teknik açısından katkıda bulunmuştur (Asefi, 2010).



Şekil 7. Kapı otomat sistemi (Topdemir, 2011)

c) Endüstri Devrimi Kinetik Sistemleri:

Endüstri devriminin yarattığı makineleşme, teknik alandaki birçok önemli gelişmenin ortaya çıkmasına ortam sağlamıştır. İnsan gücünün yerini makine gücüne dayalı sistemlerin aldığı 18. yüzyıl ile İngiltere’de başlayan endüstrileşme süreci ve sürecin sonlarında tüm dünyaya yayılan Endüstri Devrimi, mimarlık alanını derinden etkilemiş yeni akımlar ortaya çıkarmıştır. İhtiyaçların farklılaşması ve çeşitlenmesi yeni mimari elemanlarının ortaya çıkmasına, yeni yapım tekniklerinin keşfedilmesine öncülük etmiştir. Neredeyse binlerce yıldır süregelen geleneksel yöntemler sorgulanmış, yeni teoriler, yapım teknikleri ortaya çıkarak mimarlığın hızlı bir değişim geçirdiği başka bir deyişle dinamiklik kazandığı döneme girilmiştir. Böylece inşaat alanında yeni bir çağ başlamış ve mimarlık alanının yeni nirengi noktası oluşmuştur.

Mekanik, buharlı sistemlerin gelişmesi ve ardından elektriğin icadı ile kinetik sistemler modern toplumun bir parçası olmaya başlamıştır. 19. yüzyılda mekanist Elisha Graves Otis tarafından icat edilen ve buhar gücüyle çalışan güvenli asansör (Sanin, 2014) düşey sirkülasyona getirdiği erişilebilirlik sayesinde modern toplumda yüksek binalarını ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. Ayrıca, endüstrileşme sonucu kent-kırsal bölgelerindeki iş imkanlarının değişmesi ile oluşan kırsaldan kente doğru gerçekleşen göçlerin yaşanması, kent merkezlerinin nüfusunun artmasına neden olmuştur. Nüfus yoğunluğunun karşılanması

amacıyla, çeliğin ve asansör gibi icatların mimarlık alanında kullanılmasıyla birlikte kentlerde modern toplumun getirdiği düşey mimari ürünler (yüksek binalar) ortaya çıkmaya başlamıştır. İnsanlık tarihi boyunca sosyo-ekonomik, üretim, makine ve mekanik gibi alanlarda karşılaşılmamış hızda gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler kinetik mimarlığın ilk kıvılcımlarını da tetiklemiştir.

Endüstri Devriminin getirdiği gelişmiş teknoloji, kinetik mimarlığın bileşenlerini hareket ettirilmesi için gerekli olan enerjinin karşılanmasını kolaylaştırmıştır. Bu çağda yapılan ve kinetik mimarlık kavramını tam olarak karşılayan ilk mimari ürünlerden biri olan Villa Girasole, 1935 yılında inşaat mühendisi Angelo Invernizzi tarafından inşa edilmiştir. Yaptığı mimari yapılardan önce Cenova'da İtalyan devlet demiryolları için çalışan Invernizzi, yakın arkadaşı mimar Ettore Fagioli ve mekanik mühendisi olan Romolo Carapacchi ile Villa Girasole projesini hayata geçirmiştir (Mulder, 2020) (Şekil 8).



Şekil 8. Villa Girasole binası (URL-4, 2022)

Villa Girasole yapısı 90 derecelik açıyla kesişen bölümden oluşmaktadır. Kesişim noktasında deniz fenerini andıran yuvarlak kule, kesişen bölümlerin yaklaşık iki kat

yüksekliğinde tasarlanmıştır. Tasarlanan kule, temelin en alt kısmına kadar uzanarak yapının dönüş eksenini oluşturmuştur. Yapı, Güneşe doğru yönlenebilmesi için tasarlanan üç dairesel ray sistemine bağlı, kule eksenini etrafında 360° dönüş yapacak kapasitede tekerler ve ray sistemi kullanılmıştır ve yapı üç beygir gücünde dizel yakıtlı motorlar sayesinde bir tam dönüşünü (360°) 9 saat 20 dakikada tamamlamaktadır (Mulder, 2020). Bu özellikleri ile Villa Girasole binasının kinetik mekanizması, endüstrileşmenin kinetik mimarlık alanına olan katkısını gözler önüne sermektedir.

Endüstri Devriminin getirdiği zararlı sonuçlardan birkaçı olan çevre kirliliği ve yenilenemeyen yakıt türleri tüketiminin artması doğal çevrede son derece zararlara sebep olmuştur. Sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasından önce inşa edilen Villa Girasole’de dizel motorların oluşturduğu atıkların bu kirliliğe katkı sağladığı düşünülebilir. İleri düzey kinetik sistemlerde ise bu tür tasarımlara fazla rastlanılmadığı ve daha çok sürdürülebilirlik kavramı üzerinde yoğunlaştırdığı gözlemlenmektedir.

d) İleri Düzey Kinetik Sistemler:

İnsan hayatının merkezinde olan mimarlık, Endüstri Devriminde de görüldüğü gibi teknoloji geliştikçe sürekli olarak değişime maruz kalmıştır. Yaşanan gelişmeler mimarlık sektörünün her alanında etkili olsa da temel olarak her zaman malzeme alanındaki gelişmelere bağlı olmuştur (Fox, 2016). 20. yüzyılın son çeyreğinden günümüze kadar geçen süreç, teknolojik gelişmelerin parabolik olarak artmasının başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bilgisayarın icadı ile hesaplama, kontrol, iletişim gibi alanlarda gelişmeler yaşanmıştır. Birçok alanda olduğu gibi, mimarlık alanında da son derece etkin rol oynamaya başlayan bilgisayar teknolojisi, yapabildikleri ve gelecekte yapabilecekleri üzerinden mimarlık alanının yeniden dizayn edilmesini sağlamıştır. Bilgisayar teknolojisiyle daha önce keşfedilmiş malzemenin kontrol edilebilirliğinin artması ise kinetik mimarlık adına başka bir nirengi noktası oluşturduğu düşünülebilir.

1973 yılındaki petrol krizi sırasında yaşanan enerji sorunu, sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkarmıştır. Mimarlar ve mühendisler, üretilen enerji miktarının önemli kısmını tüketen yapıların ısıtma, soğutma, havalandırma gibi sistem giderlerini düşürmek için alternatif yollar araştırmıştır. Malzeme teknolojisinin geliştirilmesi, yalıtımların zorunlu uygulanması, yenilebilir enerji üretim sistemlerinin yapılarda kullanılması araştırılan bu tür yollara örnek olarak verilebilir. Gelişen teknoloji ile sürdürülebilirlik kavramı, değişen çevre

koşullarına optimum derece cevap verebilen kinetik mimarlığın ana amaçlarından biri haline gelmiştir. Sürdürülebilirliğin ve mekanik kontrolün sağlanması için gerekli olan kontrol ve hesaplama ihtiyaçları, 1943 yılında icat edilen ve sonraları her alana yayılan elektronik bilgisayar sistemleri tarafından giderilmiştir. Bilgisayarın gelişmesi ile yazılım ve sensör teknolojileri gibi çeşitli donanımların artması, yenilebilir enerji üreten sistemlerin çeşidinin ve kullanımlarının artmasını sağlamıştır. 21. yüzyıla gelindiğinde ise kinetik mimarlık, gitgide gelişen bilgisayar sistemleri ile toplum tarafından daha çok bilinen, gelişmiş, kompleks yapıya sahip ve üzerinde çok sayıda araştırma konusuna rastlanıldığı bir döneme girmiştir.

Gelişen kinetik hesaplamalar ve dijital kontrol sistemleri ile mimarlar eserlerine kinetik kavramını daha çok entegre etmeye başlamıştır. Bu tür eserlere 1987 yılında inşa Jean Nouvel'in tasarladığı Arap Enstitüsü binası örnek olarak verilebilir (Şekil 9). Yapı, 240 adet motorun kontrolünde, radyal yönde açılıp kapanabilen sisteme sahip olarak tasarlanmıştır. Kontrol sisteminin kurulmasındaki temel amaç, Güneş ışınlarının iç mekâna düşme düzeyini belirlenmesidir. Teknolojinin yapı ile bütünleştiği, çağının nadir yapılarından olan bu yapı yapımı bittikten birkaç yıl sonra bakım masraflarından dolayı kinetik sistemin çalışması durdurulmuştur (Fan, 2020).



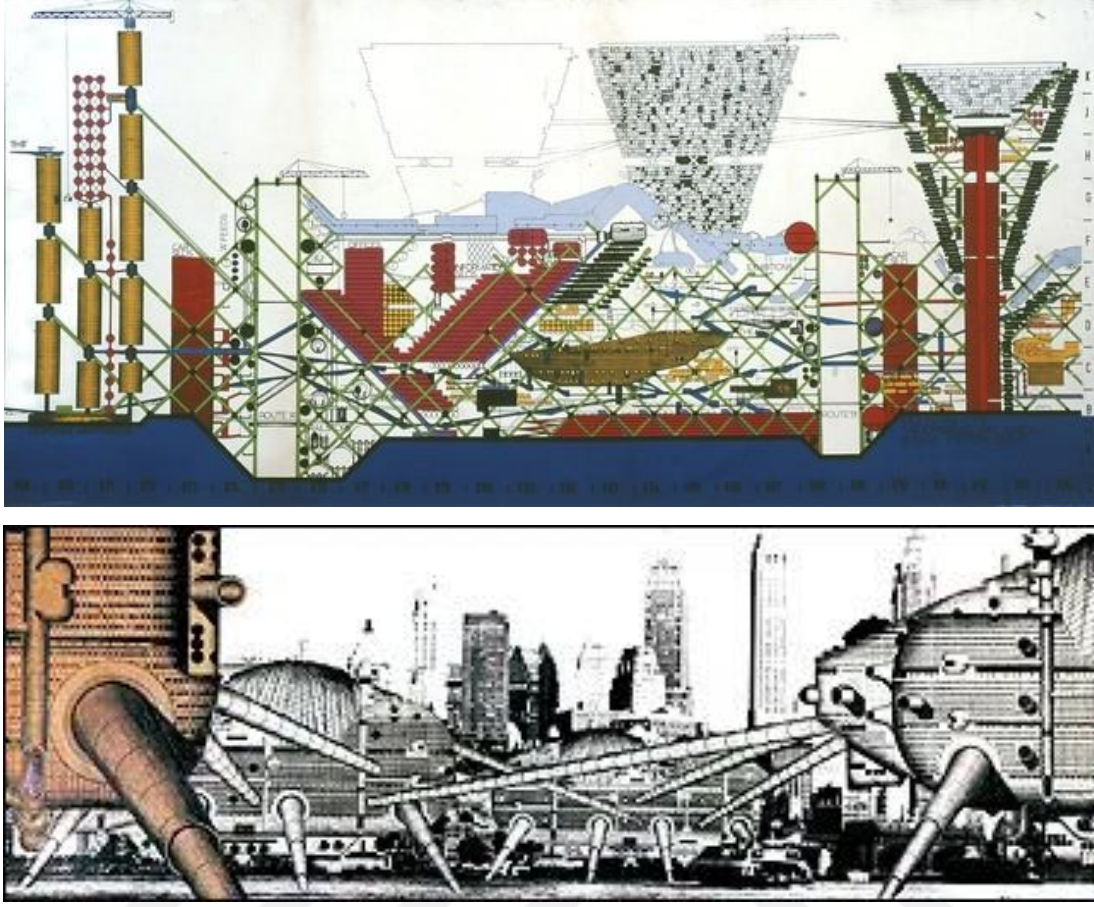
Şekil 9. Arap Enstitü binası (URL-5, 2022)

e) Ütopik/Distopik Kinetik Sistem Düşüncesi:

Gelişen teknoloji ile mimarlık, mekân-insan-teknoloji arasındaki ilişkiyi yeniden tanılandırılmak zorunda kalmıştır. Mimarlar, geleceğin mimarlığını tasvir ederken bu 3 öge birleşimini, mimarlık ve sosyoloji çerçevesinde yorumlayarak ütopik/distopik sistemler üretmiştir.

Ulaşım ve iletişimin koşullarının zayıf olduğu tarihlerde; hammadde kaynaklarına yakınlık, ılıman çevresel koşullar ve ulaşılabilirlik gibi özelliklere sahip olan bölgelerde kentleşme görülmektedir. Dünyadaki nüfus patlaması ve endüstrileşmenin getirdiği aşırı hammadde tüketimi modern toplumun kentleşme yapısının farklılaşmasına sebep olmuştur. Hammaddelerin hızla tükenmesi, çevresel koşulların sürekli olarak değişmesi gibi etkenler kurulan birçok kentin, kurulma sebeplerine ait özelliklerini kaybetmesine sebep olmuştur. Oluşan bu dezavantajın giderilmesi adına ulaşım sektörünün geliştirilmesinin yanında farklı kent planlamaları da ortaya çıkmıştır. Bu kent planlamaları ütopik/distopik veya gerçekçi olarak tasarlanmıştır. 1960’larda modernizmin çöküşü ile ortaya çıkan Hi-Tech hareketi, bu çözüm arayışlarına örnek olarak verilebilir. High-Tech hareketi ile aynı dönemde Ron Herron, Denis Crompton, Warren Chalk, David Greene, Mike Webb ve Peter Cook tarafından kurulan “Archigram” grubu, endüstrileşmenin getirdiği seri üretilebilen, genişleyebilen, istenildiği zaman hareket edebilme kabiliyetine de sahip ileri teknolojileri yansıtan projeleri (Vural, 2000) ile kinetik mimarlığın ütopik/distopik olarak nitelendirilebilecek projelerini üretmiştir.

1964 yılında Archigram grubunun üyelerinden olan Ron Herron ve Warren Chalk tarafından ortaya sürülen Walking City (Menchetelli, 2021) (Şekil 10) projesi, sahip olduğu hareket potansiyeli sayesinde üzerinden yaklaşık 60 yıl sonra bile mimarların odak noktası olmaya devam etmiştir. Bu proje, gelecekte yaşanabilecek nükleer savaş, küresel ısınmanın getirdiği ağır çevresel etkenler gibi apokaliptik senaryolar sonrası insanların kaynaklara ulaşabilmesi ve çevresel koşullardan etkilenmeden hayatta kalabilmesi kurgusu altında tasarlanmıştır. Tasarlanan kent yapısı, yeryüzü üstünde devasa robotları andırmaktadır.



Şekil 10. Archigram'ın Plug-in City ve Walking City projeleri (URL 7, 2022)

Mimarlık sektöründeki bu düşünceler birçok alanda ilham kaynağı olmayı başarmıştır. Bunun izlerini film-dizi sektöründe rahatça karşılığı görülebilmektedir. Örnek olarak, Christian Rivers'in yönetmenliğini yaptığı 2018 yılında yayımlanan "Mortal Engines" ve Andrew Stanton'un yönetmenliğini yaptığı 2008 yılında yayımlanan animasyon "Wall-E" filmlerinde, apokaliptik olaylar sonrası insanlığın hayatta kalmak için ürettikleri sistemlerin, Archigram'ın ürettiği Walking City projesinden ilham alınarak tasarlandığı düşünülebilir.

2.1.3. Kinetik Mimarlık Sınıflandırmaları

Kinetik mimarlık; tanımlamaları, örneklemeleri, yaklaşımları ve metodolojisiyle çok geniş bir alana sahiptir. 20. yüzyılın sonlarında mimarlık alanındaki örneklerinin artmasıyla birlikte sektördeki varlığını daha da çok sağlamlaştırmıştır. Araştırmacılar geniş alana sahip kinetik mimarlığın temelini anlamak için tasarım ve uygulama çerçevesinde birçok

sınıflandırma yapmıştır. Sınıflandırmaların literatürde farklı şekillerde ve çokça bulunması, konunun farklı perspektiflerle ele alınmasının önünü açmış, kinetik mimarlığın anlaşılması ve geliştirilmesinde son derece önemli rol oynamıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan kinetik mimarlık sınıflandırma çalışmalarında öne sürülen maddelerin bazıları diğer araştırmacıların maddeleri ile örtüşme, kesişme, kapsama veya tamamen farklılık gösterebilmektedir. Bu bağlamda belirli bir yapıyı sınıflandırma amacıyla kullanılan yöntem, yapının, araştırmacıların oluşturduğu sınıflandırmadaki farklı maddeler altında görülebilmesine neden olabilmektedir. Sınıflandırma aşamasında, oluşturulan maddelerin kapsayıcılığı, kinetik mimari ürünün birden fazla kinetik sistem içermesi gibi durumlar, o ürünün aynı sınıflandırma yönteminde farklı maddeler içinde yer almasına da sebebiyet verebilmektedir.

Tez çalışmasında, kinetik mimarlık sınıflandırma literatürünün derlemesi yapılırken Megahed (2017), Fenci ve Currie (2017), Süalp'in (2021) yaptığı sınıflandırma grupları tablolarının üzerine yeni araştırmacılar eklenerek oluşturulmuştur. Tanımlanan kinetik mimarlık kapsamında çeşitli araştırmacıların yaptığı sınıflandırmalarla ilgili açıklanması gerektiği düşünülen bazı bilgiler kronolojik olarak aşağıda verilmiştir:

Mimari uygulamalar ve yapısal yaklaşımlar aracılığı ile kinetik mimarlığı incelemeyi amaçlayan Zuk ve Clark, kinetik mimarlık sınıflandırmasını 6 ana başlık altında toplamıştır (Zuk ve Clark, 1970):

1. Hareket olarak kendi kendini kuran yapılar
2. Mekanizmalar veya kinetiği sağlayan bileşenler
3. Terse çevrilebilir veya terse çevrilemez sistemler
4. Çoğalan ürünler
5. Deforme veya dönüşebilen yapılar
6. Mobil veya tek kullanımlık mimari ürünler

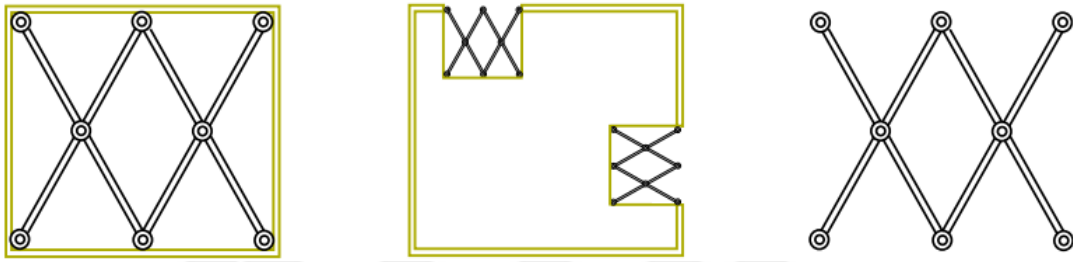
Yapısal mühendislik, sensör teknolojisi ve uyarlanabilir mimarlık üzerinden araştırmalar yapan Fox ve Yeh'e (2000) göre ise uyarlanabilirlik, taşınabilirlik, esneklik gibi özelliklere sahip olan kinetik sistemler, değişen ihtiyaçlara yönelik cevap verme ve/veya yarar sağlamak amacı ile tasarlanmaktadır. Bu kinetik sistemler tasarımlarına göre dinamik, konuşlandırılabilir ve gömülü sistemler olarak üç farklı şekilde sınıflandırılabilir (Fox ve Yeh, 2000) (Şekil 11):

1. Dinamik sistemler; mimari bütünden bağımsız şekilde hareket kabiliyetine sahiptir.

Güneş kırıcılar, kapılar, pencereler, duvarlar bu tür sistemlerin uygulandığı yerler

olarak örnek verilebilir. Dinamik sistemleri mobil, dönüşebilir ve kademeli kinetik sistemler olarak 3 ana başlık altında toplanmaktadır. (Fox ve Yeh, 2000).

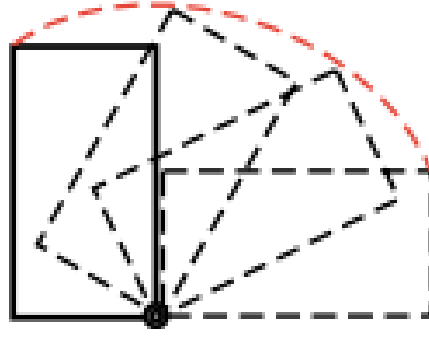
2. Konuşlandırılabilir sistemler; bulunduğu konumdan başka bir konuma kolayca hareket ettirilebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır. Gezici sergiler, pavyonlar bu sistemlere örnek olarak verilebilir (Fox ve Yeh, 2000).
3. Gömülü sistemler; sabit yapıda olup, büyük çaplı mimari sistemin parçası şeklinde kullanılan sistem olarak tanımlanmaktadır. Birincil işlevi, değişen parametrelere göre mimari sistemi kontrol etmektir (Fox ve Yeh, 2000).



Şekil 11. Kinetik yapı sistemi kategorileri: (sırasıyla) Gömülü sistem, dinamik sistem, konuşlandırılabilir sistem (Fox ve Yeh, 1999)

Fox ve Yeh sınıflandırdıkları dinamik, konuşlandırılabilir, ve gömülü kinetik sistemlerinin hareketlerini kontrol edilebilirliğinin sağlanması amacıyla kurulan kontrol sistemlerini; içsel kontrol, doğrudan kontrol, dolaylı kontrol, duyarlı-dolaylı kontrol, her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol, sezgisel duyarlı-dolaylı kontrol olmak üzere 6 başlıkta gruplandırmıştır (Fox ve Yeh, 2000):

1. İçsel kontrol olarak kurgulanan sistemler yapısal olarak kayma/dönme hareketlerini kontrol etmektedir ve konuşlandırılabilir sistemleri kapsamamaktadır (Şekil 12) (Fox ve Yeh, 2000).



Şekil 12. İçsel kontrol (Fox ve Yeh, 2000)

2. Doğrudan kontrol içeren sistemler, kurgulanmak istenen hareketin insan, motor ve/veya biyomekanik aktivatörleri tarafından tetiklenmesi sonucu oluşturulması olarak tanımlanmıştır (Fox ve Yeh, 2000).
3. Dolaylı kontrol içeren sistemler, oluşturmak istenen hareketin bildirim sonucu oluşması olarak tanımlanır. Aktivatörün sensörler yardımı ile algılanması, veriye dönüştürülmesi, dönüştürülen verinin kontrol cihazına iletilmesi ve orada değerlendirilerek kinetik sistemin çalışması için gerekli hareket verisinin oluşturulması sürecine sahiptir (Fox ve Yeh, 2000).
4. Duyarlı-dolaylı kontrol içeren sistemler, temel çalışma prensibi olarak “doğrudan kontrol” sistemleri ile aynıdır; ancak kontrol cihazı sensörlerden gelen bilgiyi de ölçerek değerlendirme sonucu hareketi geçirebilmektedir (Fox ve Yeh, 2000).
5. Her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol kontrol olarak kurgulanan sistemler, temel çalışma prensibi olarak birden fazla duyarlı-dolaylı kontrol sistemleri ile oluşmaktadır (Fox ve Yeh, 2000).
6. Sezgisel duyarlı-dolaylı kontrol olarak kurgulanan sistemler temelinde aktivatöre karşı tekil tepki veren ve “her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol” sistemleri bulunmaktadır. Bu tür sistemler öğrenme kapasitesine sahiptir (Fox ve Yeh, 2000).

Korkmaz (2001), kinetik mimarlıkta yapıları hareketin gerçekleştiği konuma göre 2 temel gruba ayırmıştır:

1. Yapının tamamının veya bir kısmının demonte edilip, başka bir konuma taşınarak tekrar monte edilebilen yapılar,
2. Yapının tamamının veya bir kısmının bulunduğu konumda, çeşitli geometrik düzende hareketler ile (öteleme büzülme vb.) yeni bir şekle bürünen yapılar

Moloney (2011) zaman bazlı değişime göre kinetik mimarlığı 2 grupta sınıflandırmıştır:

1. Uzayda geometrik dönüşüm
2. Materyal deformasyon

Lee (2012), kinetik yapı ve bileşenlerini mobilite, konum ve geometrik yaklaşımlarına göre 4 ayrı grupta sınıflandırmıştır:

1. Uyarlanabilir
2. Kinetik
3. Duyarlı
4. Dönüştürülebilir

Negar Heidari Matin ve Ali Eydgahi (2022) göre kinetik cephelerdeki sistemlerinin çalışma prensiplerine göre aktif ve pasif teknolojiler olarak 2 ayrı grupta sınıflandırılmıştır:

1. Aktif Teknolojiler: Aktif teknoloji kinetik sistemler; kullanıcı tarafından doğrudan elle aktive edilen kask, kablo, çark ve/veya dişlilere sahip mekanik teknolojiler; ısı/nem/ışık/dokunma/fotovoltaik sensörler tarafından aktive edilen motor, elektrik, pnömatik ve/veya hidrolik sahip elektro-mekanik teknolojiler; iletişim ağı sensörleri ile aktive edilen materyal bazlı, motor bazlı, hidrolik ve/veya pnömatik sistemlere sahip bilgi teknolojileri olarak 3'e ayrılmaktadır.
2. Pasif Teknolojiler: Pasif teknoloji kinetik sistemler; form değiştiren malzemeler, termo-bimetal materyaller, faz değiştiren malzemeler, elektro aktif polimer, şekil belleği müttefiki ve şekil hafızalı polimer gibi malzemeler aktive edilen malzemeler bazlı teknolojiler ile ısı, ışık, rüzgâr gibi çevresel faktörler tarafından aktive edilen sensörsüz, kontrolsüz sistemlere sahip pasif teknolojiler olarak 2'ye ayrılmaktadır.

Yukarıda verilen bilgilere ek olarak diğer araştırmacılara ait sınıflandırmanın da yer aldığı matris, Tablo 1'de gruplanmıştır.

Tablo 1. Araştırmacıların kinetik mimarlık sınıflandırmaları

Yıl	Araştırmacı	AMAÇ	KULLANILDIĞI YER	HAREKET TİPOLOJİSİ	ÇALIŞMA PRENSİBİ	MALZEME
1970	Zuk ve Clark			X	X	
1972	Otto ve Burkhardt					X
1992	Brookes ve Grech					X
2000	Fox ve Yeh		X		X	
2001	Korkmaz			X		
2010	Asefi				X	
2010	El Razaz			X		
2011	Moloney			X		
2012	Lee	X				X
2012	Grosso ve Basso					
2014	Başar			X		
2015	Adrover					X
2017	Ali ve Megahed	X		X	X	
2019	Duran	X			X	X
2019	Milkullovci	X	X			
2021	Çakır	X			X	
2021	Engin ve Dinçer	X				
2022	Matin ve Eydgahi				X	

Belirlenen kinetik mimarlık tanımı kapsamında yapılan literatür çalışmalarında araştırmacıların yaptıkları sınıflandırmalar amaç, kullanıldığı yer, hareket tipolojisi çalışma prensibi ve malzemeye göre 5 farklı grup altında toplanabilmektedir. Araştırmacıların bu gruplar altında yaptığı sınıflandırmalar ve bazı sınıflandırmalara yaklaşımları tablolar şeklinde sunulmuştur (Tablo 2,3,4,5,6).

Tablo 2. Amaçlarına göre gruplandırma

Yıl	Araştırmacı	Yaklaşım	Sınıflandırma
2012	Joushua David Lee	Kinetik yapı ve parçaların mobilite, konum ve geometrisine göre incelenmesi	• Sosyal gerekçeler • Çevresel gerekçeler • Ekonomik gerekçeler • Teknik • Estetik/Metaforik gerekçeler
2017	Naglaa Ali Megahed		• Estetik temelli • Fonksiyon temelli
2019	Yll Mikullovci		• Çevresel şartlar • Fonksiyonel amaçlar • Lüks
2019	Nihan Duran		• Esneklik • Fiziksel çevre ile uyum • Fonksiyonel değişiklik • Görsel değişiklik
2021	Zeynep Kevser Çakır		• Fonksiyonel değişim ve esneklik • Fiziksel çevre denetimi • Sürdürülebilirlik • Estetik kaygı ve görsel dönüşüm • Etkileşim ve kişiselleştirme
2021	Sanet Engin ve Emre Dinçer		• Görsel konfor • Isıl konfor • Enerji performansı • Havalandırma • Akustik Kalite

Tablo 3. Kullanıldığı yere göre gruplandırma

YIL	ARAŞTIRMACI	YAKLAŞIM	SINIFLANDIRMA
2000	Fox ve Yeh	Yapısal mühendislik, sensör teknolojisi ve uyarlanabilir mimari üzerinden kinetik mimarinin incelenmesi	• Dinamik kinetik yapı • Gömülü kinetik yapı • Konuşlandırılabilir kinetik yapı
2019	Yll Mikullovcı		• Yapı bileşeni • Çeper parçalar • Özerk konutlar

Tablo 4. Hareket tipolojisine göre gruplandırma

Yıl	Araştırmacı	Yaklaşım	Sınıflandırma
1970	Zuk ve Clark	Kinetik mimarinin uygulama ve yapısal yönleri ile incelenmesi	• Dinamik olarak kendi kendini kuran yapılar • Deforme veya dönüşebilen binalar • Çoğalan ürünler
2001	Korkmaz	Kinetik mimaride zaman bazlı değişime göre hareketlerin incelenmesi	• Mobil yapılar • Geometrik değişimler
2010	El Razaz	Kinetik mimari yapıların sürdürülebilirlik parametresi üzerine incelenmesi	• Statik • Dinamik
2011	Moloney	Kinetik mimaride zaman bazlı değişime göre hareketlerin incelenmesi	• Uzayda geometrik dönüşüm • Materyal deformasyon

Tablo 4.'ün devamı

2014	Başar	Kinetik gözlemlenen tipolojilerinin incelenmesi	mimaride hareket	• Katlanma • Dönme • Kayma • Genişleme-daralma • Gerilme-kapanma • Açılma-kapanma
2017	Naglaa Ali ve Megahed	Kinetik gözlemlenen tipolojilerinin incelenmesi	mimaride hareket	• Katlanma • Kayma • Dönme • Genişleme • Dönüşme

Tablo 5. Çalışma prensibine göre gruplandırma

Yıl	Araştırmacı	Yaklaşım	Sınıflandırma
1970	Zuk ve Clark	Kinetik mimarinin uygulama ve yapısal yönleri ile incelenmesi	• Mekanizmalar veya kinetiği sağlayan bileşenler • Terse çevrilebilir veya terse çevrilemez sistemler • Mobil veya tek kullanımlık mimari ürünler
2000	Fox ve Yeh	Kinetik sistemin kontrol yöntemlerinin incelenmesi	• İçsel kontrol • Doğrudan kontrol • Dolaylı kontrol • Duyarlı-dolaylı kontrol • Her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol • Sezgisel duyarlı-dolaylı kontrol

Tablo 5.'in devamı

2010	Asefi	Kullanıcı ihtiyacına göre cevap veren çatıların incelenmesi	• Kendinden destekli ve kendinden destekli olmayan sistemler • Geçici veya kalıcı mimarlık
2017	Naglaa Ali ve Megahed	Kinetik mimaride gözlemlenen hareket tipolojilerinin incelenmesi	• Pnömatik • Kimyasal • Magnetik • Doğal • Mekanik
2019	Nihan Duran		• Enerji gerekmeyen • Enerji gerektiren
2021	Zeynep Kevser Çakır	Dinamizmi sağlayacak olan mekanizmanın türlerinin incelenmesi	• Makaralı sistemler • Menteşeli sistemler • Raylı sistemler • Makaslı sistemler • Dişli sistemler • Kablolu sistemler • Pnömatik sistemler • Manyetik sistemler • Hidrolik sistemler
2022	Negar Heidari ve Eydgahi	Kinetik çalışma prensiplerinin incelenmesi	• Aktif teknolojiler • Pasif teknolojiler

Tablo 6 Malzemeye göre gruplandırma

Yıl	Araştırmacı	Yaklaşım	Sınıflandırma
1972	Otto ve Burkhardt	Hafif yapılar veya açılır tavanların incelenmesi	• Germe-Çekme yapıları • Membran yapıları
1992	Brookes ve Grech	Taşınabilir mimarideki türlerinin prefabrikasyon açısından incelenmesi	• Düz paketlenmiş • Pantograf • Membran • Pnömatik • Gerilmeli • Pod ve kapsüller
2012	Del Grosso ve Basso		• Deforme olabilen yapılar • Rijit bağlantılar
2015	Rivas Adrover		• Rijit • Deforme olabilen • Esnek • Karma
2019	Nihan Duran		• Metaller • Polimerler • Karbon fiberler • Doğal Malzemeler

2.2. Bütüncül Bir Kinetik Mimarlık Sınıflandırma

Genel olarak sınıflandırmalar, sınıflandırılan konudan tümünden gelim veya tüme varım şeklinde çıkarımlar yapılabilmesine, okunabilirliğin artmasına, benzerliklerin ve farklılıkların anlaşılmasına imkân sağlamakta; ayrıca, sınıflandırılan konunun gelişmesine de katkıda bulunmaktadır. Tez kapsamında araştırılan sınıflandırmalara bütüncül bir bakış ile kinetik mimarlık tasarımının nasıl yapılabileceğine dair fikir verilmesi, sınıflandırmaların daha kolay anlaşılır hale getirilmesi ve ileride yapılabilecek araştırmalara altlık oluşturulması gerekçeleri ile kinetik mimarlıkta yeni bir sınıflandırma oluşturulması düşünülmüştür. Literatür kısmında araştırmacıların sunduğu kinetik sınıflandırmalar, 5

başlık altında gruplandırılabilmiştir. Bazı sınıflandırmaların okunabilirliği karmaşıklştırdığı, bazılarının ise hayata geçirilen veya geçirilmesi mümkün olduğu düşünölen kinetik mimarlık eserlerini kapsamadığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda yeni önerilen kinetik mimarlık sınıflandırması kapsayıcılığa ve okunabilirliğe odaklanarak tasarlanmıştır. Tasarlanan kinetik mimarlık sınıflandırması 6 sınıflandırma bloğundan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Amaç,
2. Kinetik sistemin kullanıldığı yer,
3. Hareket tipolojisi,
4. Kinetik sistemin çalışma prensibi,
5. Kinetik malzemenin türü,
6. Cevap verdiği etken (Aktivatör)

şeklindedir. Üretilen bu farklı sınıflandırma blokları arasındaki ilişki yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu, tez çalışmasının ana çıktısını oluşturmaktadır.

Yapılan bütöncöl kinetik sınıflandırma denemesinden başlıklar halinde söz edilmiş, gerekçeleri açıklanarak örnekler üzerinden anlatılmıştır. Örneklerin seçiminde, seçilen kinetik yapılar hakkında yayımlanan mimari raporlar, sistemler, eleştiriler, çizimler ve çeşitli görseller incelenerek çıkarımlarda bulunulmuş ve ilgili sınıflandırma başlığı altında verilmiştir. Daha sonrasında sınıflandırmanın bulgular kısmında, yapılan sınıflandırmaya göre güneş diyagramı oluşturulmuştur.

2.2.1. Amaçlarına Göre Sınıflandırılma

Kinetik kabiliyet, canlılarda olduğu gibi mimarlık alanında da belirli hedeflere ulaşmak amacıyla bir araç olarak kullanılmaktadır. Birçok kinetik mimarlık eseri incelendiğinde, literatür taramasındaki çoğu sınıflandırmada bulunmayan ve son yıllarda gelişen sensör teknolojisi ile sıkça karşımıza çıkan iletişim-etkileşim amaçlı yapılan kinetik tasarımların bulunduğu görölmektedir. Yapılan gruplandırmalara söz edilen iletişim-etkileşim başlığı eklenerek; kinetik mimarlığın sahip olduğu ve çeşitli hareket geometrileriyle gerçekleştirdiğı kinetik kabiliyetini, çevresel etkileri kontrol ederek konfor sağlama, enerji (sürdürülebilirlik), esneklik, estetik (görsel çekicilik) ve iletişim-etkileşim amacıyla belirli kinetik sistemlerin yapıya entegre edilerek oluşturulduğu söylenebilir. Gelecek zamanlarda yaşanacak olan teknolojik gelişmeler, sosyoköltörel yapının değışmesi

gibi etmenler, kinetik yapının söz edilen amaçlar dışında başka amaçlarla da sınıflandırma olabileceği göstermektedir.

a) Çevresel Etkileri Kontrol Ederek Konfor Sağlama:

Çalışmanın önceki bölümlerinde canlıların, türlerinin sürekliliğini sağlamak amacıyla yaşamları boyu doğaya karşı savaş vermek durumunda kaldıkları belirtilmiştir. Canlıların hayatta kalma savaşı sonucu yenilenler doğal seçim ile yok olmuş, diğer canlılar ise doğaya uyum sağlamak amacıyla çeşitli adaptasyonlar geçirerek varlıklarını sürdürmüştür. Buna rağmen savaşın diğer tarafında bulunan doğanın, yaşanan bu çekişmeden pek de etkilendiği söylenemez. Milyonlarca yıl aynı düzende devam eden bu savaş, insanın yeryüzüne etkisinin kayda değer seviyeye çıkmasıyla değişmiştir. Yazar ve tarihçi ünvanıyla tanınan Yuval Noah Harari 2016 yılında yayımladığı “Homo Deus” kitabında, homosapiens olarak adlandırılan insan ırkının doğayla olan savaşında dengeleri bozduğundan, hatta doğaya karşı üstün gelmeye başlamasıyla, doğaya hükmedişinden bahsetmektedir. Geliştirdiği teknoloji ile insan ırkı zaman içerisinde doğaya hükmedişi kabiliyetini “Homo Deus” olarak yani “İnsan Tanrı” olarak yeniden tanımlamıştır (Yuval, 2016).

Kimya dalında Nobel Ödülü alan Paul Crutzen tarafından Antroposen olarak adlandırılan, jeolojik zaman cetvelinde insan türünün yeryüzüne etki etmesiyle başlayan zamandan günümüze kadar süregelen süreçte (Yuval, 2016) insanlar, çevresel koşulların etkisini kontrol etmeye başlamış ve onu yönetme yönlendirme edinimine ulaşmıştır. Daha önceden belirli sınırlar içinde oluşan insanlık Antroposenik Dünya ile bu sınırları bozarak kendi etkisinden türeyen bir yerkürede yaşamaya başlamıştır (Boyacıoğlu, 2017). Endüstri Devrimi ile en üst seviyede hissedilen Antroposen Çağı, mimarlık alanındaki yükselişinin en büyük katkılardan birinin kinetik mimarlık olduğu düşünülebilir. Kinetik mimarlıktan önce çevresel etkilere karşı sadece savunma üreten insanoğlunun, kinetik mimarlık ile çevresel etkenleri kontrol etmesiyle ve içinde bulundukları ekosistemlere karşı mini ekosistemler üretmesiyle kontrolü eline aldığı ileri sürülebilir.

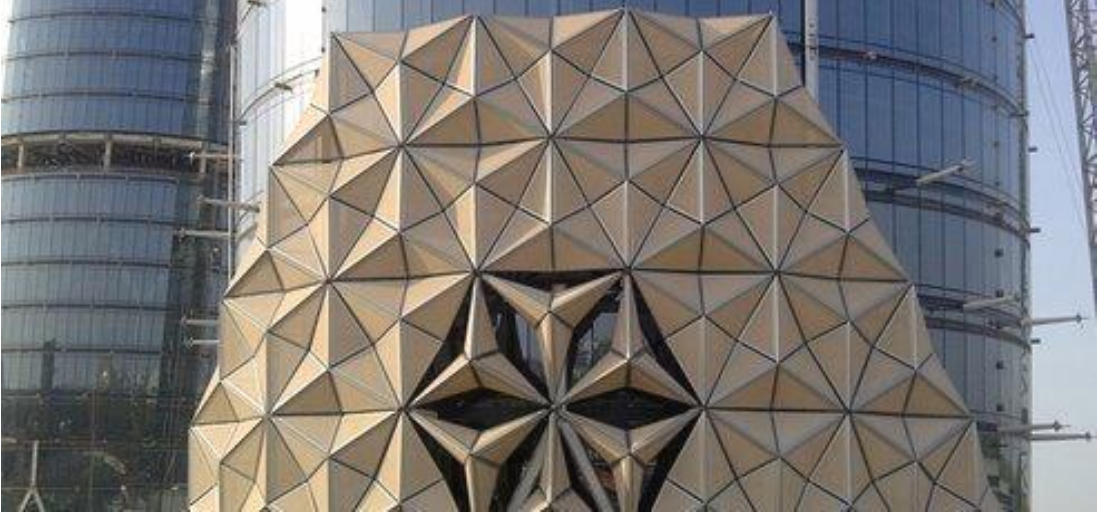
Sahip oldukları fiziksel koşullar ile mekanlar, mekânı kısa veya uzun süreli deneyimleyen kullanıcıların eylemlerine etkileyebilmektedir. Mekânın fiziksel koşullarının sahip olduğu parametreler ile ilişkilendirilebilen bu etki, kullanıcıların herhangi bir eylemi gerçekleştirirken sarf ettiği enerjide ve bunun verimliliğinde gözlemlenebilir. Ergonomi parametresi göz ardı edildiğinde, mekânın sahip olduğu ve dışardan etki eden çevresel

faktörlerin, kinetik sistemler ile engellenmesi veya yönlendirilmesi sağlanarak mekanlardaki kullanıcıların konfor düzeyinin optimuma çekilmesi ve dolayısıyla verimliliğin artması sağlanabilmektedir. Konforu etkileyen çevresel faktörlerin kinetik sistemler ile kontrol edilebilirliğinin sağlanması için belirlenmesi gerekmektedir. Günümüze kadar gelen süreçte yapılan kinetik mimarlık eserlerini ve potansiyellerini incelendiğinde;

- Sıcaklık
- Işık
- Ses
- Havalandırma

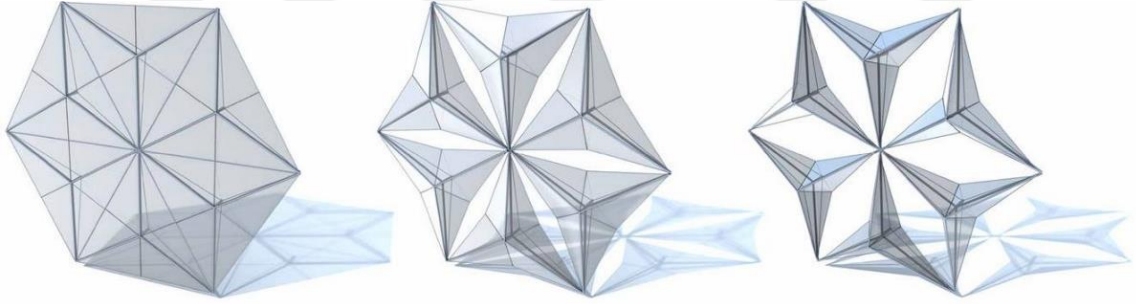
parametrelerin kinetik sistemler ile kontrol edilebilir olduğu düşünülmüştür. Günümüzde, bu parametrelerin kontrol ederek ışık, hava, görsel ve sıcaklık ile ilgili konfor elde edilmesi veya var olan konforun iyileştirilmesi amacıyla tasarlanan birçok kinetik tasarım bulunmaktadır.

Sıcaklık parametresinin kullanıcıların konforu için optimuma çekilmesi amaçlı yapılara örnek olarak, Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi kentinde Aedas Arch firması tarafından tasarlanan Al Bahar Kuleleri verilebilir. 145 metre yüksekliğine sahip olan bu kuleler bulunduğu bölge yüzünden sürekli olarak Güneş ışınlarına maruz kalmaktadır. Bölgede ortalama sıcaklık 37,7 °C ve yağış %0 oranına sahip olduğundan dolayı yapıya vuran Güneş ışınları iç mekandaki ısıyı artırmaktadır. Kullanıcıların konforu için sıcaklığı optimum değere klimalar vasıtasıyla getirmek, büyük bir enerji harcanmasına ve karbon ayak izinde artışa sebep olacağı için tasarımcılar tarafından cephenin 2 metre dışında, bağımsız, fiberglas malzemeden üretilmiş güneş kırıcılar tasarlanmıştır (Şekil 13) (URL-8, 2021).



Şekil 13. Al Bahar Kulesi Cephesi (URL-8, 2021)

Tasarlanan güneş kırıcılar, Güneş ışınlarının yıl boyunca geliş açısına göre birbirinden bağımsız motorlar ile kontrol edilebilen parametrik tasarım ile üretilmiştir (Şekil 14) (URL-8, 2021).



Şekil 14. Al Bahar Kulesi cephe sistemi (URL-8, 2021)

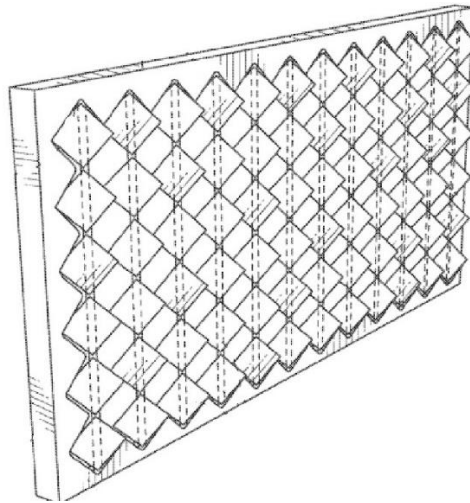
Işık parametresinin kullanıcıların konforu için optimuma çekilmesi amacına İngiltere'nin Suffolk kentinde tasarlanan Kayan Ev (Sliding House) örnek olarak verilebilir. dRRM mimarlık grubu tarafından tasarlanan bu yapı, hareket edebilir birleşik duvar ve çatı elemanları ile kinetik mimarlık kategorisine girmiştir. Durağan eleman konumundaki cam cephenin dışında tasarlanan bu kinetik eleman, 28 metre uzunluğa ve 50 ton ağırlığa sahiptir ve zeminde bulunan raylar sayesinde, durağan olan cam cephenin üstüne gelerek örtüşme hareketi yapabilmektedir (Şekil 15) (URL-9,2021).



Şekil 15. Kayan Ev (Sliding House) (URL-9, 2021)

Kayan Ev adlı mimari eserde bulunan kinetik sistemin, Şekil 14’te görüldüğü gibi cam cephenin yüzeyini kaplayacak veya ondan sıyrılacak şekilde hareket etme kapasitesi bulunmaktadır. Yapılan bu sistemde istenildiği zamanda kinetik sistem hareket ettirilerek, iç mekânın maruz kaldığı Güneş ışığı ayarlanabilmektedir. İç mekânın doğal ışıklandırması sağlanmasının yanı sıra, iç mekân ile dış mekân arasındaki görsel geçirgenlik de oluşturmaktadır.

Luhtala tarafından 2014 yılında icat edilen, 2016 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından patentlenen sistem, kinetik sistemler tarafından kontrol edilebilir parametrelerden olan ses parametresinin, işitilen ses kalitesinin artırılması için tasarlanan kinetik panel sistemlerine örnek olarak verilebilir (Şekil 16).



Şekil 16. Dinamik ayarlanabilir akustik panel sistemi (Luhtala, 2016)

Luhtala'nın yaptığı bu projede, hareket edebilen panellerin bir yüzüne sesin absorbe (emilmesi) edilmesini sağlamak amacıyla yüzeyde ses emici malzemelerden, diğer yüzeyine ise sesin yansımalarını sağlamak için ses yansıtıcı malzemeler kullanılmıştır. Her bir panel kendi eksenini etrafında sıfır ila doksan derece arasında bir açı ile dönme hareketi gösterebilmektedir. Kinetik sisteme bağlı olan bu paneller, projenin konumlanacağı mekâna, mekandaki konuma veya mekânda bulunan farklı işlevlere göre istenilen yansıma ve soğurulma işlemi ayarlanabilir duruma getirilmiştir (Luhtala, 2016).

Araştırma kapsamında incelenen örneklerle göre, kinetik mimarlık alanında havalandırma parametresinin kullanıcıların konforu için optimuma çekilmesi amaçlı tasarlanan mimari eserlerde, genellikle optimum havalandırma gereksiniminin ikinci bir yarar olarak tasarlandığı düşünülmektedir. Doğal ışık alımı için cephenin açılması sayesinde oluşan boşluklardan havalandırma imkanının sağlanması veya enerji harcamalarının düşürülmesi amacıyla klima kullanımı azaltılması için bölgedeki etkin rüzgarların kullanılarak havalandırma sistemine katılma işlemleri gibi işlevsellikler, ikinci yarar olarak görülme durumuna örnek olarak verilebilir. Bu tür kinetik mimari eserlerde ana amaç, daha çok enerji tasarrufu veya doğal ışık olarak gözlemlenmiştir.

b) Enerji (Sürdürülebilirlik):

Tez kapsamında araştırılan, Milattan Sonra 1. yüzyılda yaşayan Heron'un statik yapı elemanlarına dinamiklik kazandırmak için tasarladığı projeler, James Watt tarafından tasarlanan buhar makinesinin atası olarak kabul edilmektedir. 1763 yılında James Watt tarafından icat edilen buharlı makineler, Endüstri Devrimini başlatan en büyük gelişme olarak görülmekte ve üretimdeki insan gücünün yerine makine gücünün yer almasında bir devrim olarak sayılmaktadır (Külcü, 2016). Standartlara uygun tek tip üretimi ve üretimin daha hızlı olmasını sağlayan makineleşme, 18. yüzyılın günümüze ve geleceğe bıraktığı en büyük etki olarak düşünülebilir. İnsanın üretimde harcadığı enerji ve maliyet düşünüldüğü zaman, makineleşme kaçınılmaz bir ekonomik yönelme olarak görülebilmektedir; ancak insan gücünün ihtiyaç duyduğu enerji gibi makineler de belirli bir enerji ihtiyacı duymaktadır. Endüstrileşme sonucunda oluşan bu enerji ihtiyacı, geçmişten günümüze kadar parabolik olarak artış yaşamaya devam etmektedir. Bu enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla, skalası gittikçe gelişen teknoloji ile yenilebilir veya yenilemez enerji kaynakları kullanılmaktadır.

Modern çağın başlangıcında modernistler, doğanın insan için olduğu ve insan medeniyetinin gelişmesi için her türlü sömürülmeye açık olan, kaynakların tükenmesi ile ilgili hiçbir tartışmanın olmadığı düşüncelere sahipti. İkinci Dünya Savaşı sonlarında teknolojinin hızla gelişmesi ile ihtiyaç duyulan enerjinin, nükleer tepkimelerden oluşan enerjiden elde edilme çalışmalarının yanında rüzgâr, sıcak su, güneş gibi yenilebilir enerji kaynakları keşfedilmiştir. Yenilebilir enerji kaynaklarının keşfedilmesine rağmen insanoğlu doğanın sunduğu kaynakların tükeneceğine dair bir düşünceye varmamış ve doğanın sömürülmesi devam etmiştir (Baysan, 2003).

Doğanın tahrip edilmesi toplum tarafından idrak edilmiş ve 20. yüzyılın 3. çeyreğinde doğaya bir dönüş hareketi olan hippî hareketinin başlaması sağlanmıştır. 1970’lerde yaşanan petrol krizi ile devletler, yenilemeyen enerji kaynaklarına (petrol, doğalgaz, kömür vs.) alternatif enerji kaynaklarına yönelmeye başlamış ve sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kavramı, ilk kez 20. yüzyılın son çeyreğinde Bruntland Raporu’nda, dünyada var olan kaynakların gelecek nesillere aktarımı ve ona göre kullanımı olarak ifade edilmiştir. Kaynakların tüketimi, tüketilme şekli ve doğanın korunması üzerine araştırmalar kapsamına giren sürdürülebilirlik kavramı ise insanoğlunun üretebilme kabiliyetinin gelecekte de korunması olarak tanımlanmıştır (Baysan, 2003; Seydioğulları, 2013).

İncelenen örneklerle göre kinetik mimarlık eserleri, Endüstri Devriminden 20. yüzyılın son çeyreğine gelene kadar geçen süreçte esneklik ve estetik (gösteriş) amacıyla inşa edilmiştir. 20. yüzyılın son çeyreğinden sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte kinetik mimarlık eserlerinin genellikle enerji verimliliğini sağlama amaçlı tasarlandığı gözlemlenmiştir. Enerjinin üretilmesini ve/veya daha az enerjinin tüketilmesini sağlayan bu tür eserler teknolojinin gelişmesiyle birlikte mimarlık sektöründeki varlığını artırmıştır. Ancak kinetik sistemlerin hareket oluşturabilmesi için enerji kullanılmadığı sistemler de bulunmaktadır. Bundan dolayı, eğer amaç sürdürülebilirlik ise tasarım sırasında enerji hesaplamaları son derece önemli rol oynamaktadır.

Aktif sistemlere sahip olan ve kaynak olarak canlı gücünün kullanılmadığı kinetik mimarlık eserlerinde, kinetik sistemin amacını gerçekleştirebilmesi için belirli bir enerji kullanması gerekmektedir. Bu enerjinin, kinetik sistemlerde 3 farklı kısma yönlendirildiği düşünülebilir. Birincisi mekanizmanın kontrol edilirliliğinin sağlandığı beyin kısmı; ikincisi hareketin oluşmasını sağlayan motorlar (ki bu elemanlar enerjinin en çok tüketildiği yerdir); üçüncüsü ise birinci ile ikinci enerji tüketen kısımların arasındaki iletişimi sağlayan elemanlar olarak gösterilebilir. Söz edilen bu hareketi oluşturan ve/veya başka alanlarda

ihtiyaç duyulan enerjinin (ısıtma, aydınlatma, havalandırma gibi) karşılanması amacıyla, bazı kinetik mimarlık eserlerinde enerji üretimi yapıldığı ve/veya enerji harcamasının düşürüldüğü gözlemlenmektedir. Bu durum, yapının sürdürülebilirlik ilkelerine uyumluluğunu artırmaktadır.

Enerji üretimi amacıyla, kinetik sistem entegre edilen mimari eserlere, Güneş Çiçeği Evi (Heliotrope House) örnek olarak verilebilir. Alman mimar Rolf Disch tarafından 1994 yılında tasarlanan Güneş Çiçeği Evi, Almanya'nın Freiburg kentinde bulunmaktadır. Yapının en önemli özelliği, Güneşin gökyüzündeki konumuna göre dönebilme kabiliyetine sahip olmasıdır. Cephelerinin farklı ısı geçirgenlik kat sayısı bulunmaktadır. Yapının, ısı geçirgenliği yüksek olan cephesi; yaz aylarında Güneş ışınlarından uzak, kış aylarında ise Güneş ışınlarına maruz kalacak şekilde dönme hareketi yapmaktadır. Bu sayede yapının ısıtma ve soğutma için gerek duyduğu enerjinin azaltılması sağlanmaktadır. Yapının çatısında 6,6 kW nominal gücüne sahip güneş panelleri tasarlanmıştır. Bu paneller yapının dönme hareketinden bağımsız olarak, kendi ekseninde yaptığı dönme hareketiyle Güneşe yönlenebilmektedir. Bu sayede de Güneş ışınlarından en optimize şekilde yararlanılarak enerji üretimi amaçlanmıştır (Şekil 17) (URL-10, 2022).



Şekil 17. Güneş Çiçeği Evi (Heliotrope House) (URL-11, 2022)

c) Esneklik:

Esnek kavramı, etimolojik olarak bir dış kuvvet etkisinde kalarak cismin uzama, kısılma, bükülme gibi fiziki durumunu değiştirdikten sonra, kendisine etki eden kuvvetin kalkması sonucu eski fiziki durumuna geri dönebilme yetisine sahip olan cisimlere verilen bir sıfattır. Esneklik ise isim olarak esnek olma durumu olarak tanımlanmaktadır (URL 12 ve 13, 2022). Mimarlık alanında ise esneklik kavramından türetilmiş ve literatüre giren birçok söylem yer almaktadır.

Hollandalı mimar Herman Hertzberger, mimarlık alanındaki esneklik kavramını çok amaçlı kullanımlara ev sahipliği yapabilmesi olarak nitelendirmektedir (İslamoğlu, 2018). Hertzberger (2005), binaların tasarımlarının tarafsızlığı (esnek olma) durumunda farklı işlevlerde kullanımına ev sahipliği yapabileceğini ileri sürmüş ve bu sayede değişen zamanların ve durumların etkilerini tasarıma entegre edilebileceğini düşünmüştür. Ona göre, bu durumun belirli yan etkileri bulunmaktadır. Esnek planlamanın kesinlikle bir ilişkisinin olmadığını belirsizlikle alakalı olduğunu belirtmektedir. Bu sebepten dolayı tasarım, her ne kadar değişime ayak uydurabilen esnek bir yapıya sahip olsa bile hiçbir zaman herhangi bir soruna tam olarak en iyi ve en uygun çözüm olmamaktadır (Hertzberger, 2005). Bu belirsizlik durumunun, mimarlıktaki esneklik kavramının getirdiği avantajlarla birlikte ikilem yarattığı söylenebilir.

Esneklik, net bir planlamanın mutlak reddi olarak düşünülebilir. Özellikle son yüzyılda hızla gelişen teknoloji ile modern toplumların, sürekli olarak değişimlere maruz kalmasıyla birlikte, bu değişimler insan-mekân ilişkilerini etkilemektedir. Toplum yapısının son derece dinamik olmasına karşın, insanlığın inşa ettiği mimari ürünlerin son derece statik olması durumu, işlevsellik kavramı çerçevesinde, mimari ürünün daha yapılmadan ölüm tarihinin belli olmasına sebep olmaktadır. Bunun önlenmesi ve yapının sürdürülebilirliğinin artması amacıyla, yapılara atanan işlevler dışında farklı işlevlerin de entegre edilebilme durumu göz önüne alarak esneklik katılmaktadır. Sonuç olarak, esnek tasarım ile üretilen doğru çözümün kalıcılığı, onun zaman içerisindeki akışa göre şekil almasına bağlı olmakla birlikte, süreklilikten uzak, geçici bir kesinliğe sahip olduğu ileri sürülebilir. Bu gerekçelere bakıldığında, Walter Gropius'un mimarlığın bir anıt gibi düşünülmemesi gerektiğini, yaşam içerisindeki akışa hizmet eden, modern hayatın dinamizmine uyum sağlayabilecek esneklikte olması gerektiği düşüncesi (Forty, 2000), oluşturulan sava destek olarak örnek verilebilir.

Çevresel koşulların ve teknolojinin sürekli olarak değişmesi toplumun yapısını etkilemekte ve değiştirmektedir; ancak bu değişim lineer bir gelişim olarak gözlemlenmemelidir. Tarih boyunca insanların oluşturduğu toplumlara bakıldığında, oluşturulan toplumların yüzyıllar önce değişmiş oldukları parametrelerine geri döndüğü gözlemlenebilmektedir. Sürekli gelişim yerine sürekli değişim söz konusudur. Dolayısıyla insanlığın var olduğu zamandan günümüze kadar süregelen bu değişim, mekanlara da yansımaktadır. Esnek mekanların üretilmesindeki temel neden ise bu değişimin sağlanması olarak düşünülebilir. Bulunduğu konumdaki şartların farklılaşması, işlevin çürümesi, ihtiyacın değişmesi gibi tetikleyici etkenler, bir amaç uğruna tasarlanmış mekânı değişime zorlamaktadır. Kronenburg'un mimarlıktaki esnekliğin sağlanması için etkileşim, mobilite, adaptasyon ve dönüşüm ile oluşturulabileceğini belirtmesi (İslamoğlu, 2018), mekâna etkiyen parametrelerin değişkenliklerine en hızlı şekilde cevap verebilme yetisine sahip olan kinetik mimarlık eserlerin, esneklik sıfatına en iyi şekilde layık olduğu düşünülebilir.

Dijital Çağ etkisindeki modern toplumlar arasında birbirleriyle süreklilik arz eden ve değişken dinamiğe sahip bir etkileşim bulunmaktadır. Bu etkileşim ile birbirine geçen toplumların, sosyo-kültürel yapısı ve ihtiyaçları değişmiştir. Mahrem mekânın, teşhir edilmek istenen bir obje haline gelmesi, asıl işlevi mahremiyet olan mekânın işlevini kaybetmesine sebep olabilmektedir. İnsanın mekandaki mahremiyet ve teşhir dengesini koruması bölücü veya sınırlandırıcı yüzeylerin dinamizm katılması ile çözülebilir. Aynı şekilde düşey veya yatay düzlemlerin hareket etmesi ile sirkülasyonun istenildiği gibi yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu tür problemlere karşı üretilen kinetik mimari eserlerin esnek tasarıma katkısı yadsınamazdır.

İngilterenin'nın Berkshires bölgesinde, Olson Kundig Architecture tarafından tasarlanan Waxwing Residence Projesi, esneklik amacıyla tasarlanan kinetik mimarlık eserlerinden biri olarak gösterilebilir. Yapı, ormanlık bir vadide, 4200 metrekarelik alanda, konut olarak tasarlanmıştır. Yapının doğayla uyumunun sağlanması amacıyla malzeme olarak ahşap, brüt beton ve cam ağırlıklı bir tasarım görülmektedir. Mimarlar, cephe kurgusunda ağırlıklı olarak cam cephe tercih ederek iç ve dış mekânın görsel buluşmasını amaçlamıştır. Yapıdaki, yaşama mekanını bahçeyle ayıran cam cephe kinetik sisteme bağlanmış ve mekanlar arası görsel geçirgenliğin ve fiziksel sirkülasyonun kontrol edilebilirliğini arttırmıştır. (Şekil 18) (URL 14 ve 15, 2022).

Yaşam mekanını sınırlandıran düşey elemanın hareket edebilme kabiliyeti sayesinde, mekân, farklı işlevlere ev sahipliği yapabilmektedir. Aynı zamanda yapı içi sirkülasyonun

alternatif yollarla yeniden kurulduğu söylenebilir. Bu bakımdan mimarların tasarıma esneklik katma amacı göttükleri ileri sürülebilir. Kapalı mekân sınıflandırmasından, yarı açık mekân sınıflandırması arasında geçişe yardımcı olan bu kinetik sistemde katlanma hareketleri görülebilmektedir.



Şekil 18. Waxwing Residence (URL-15, 2022)

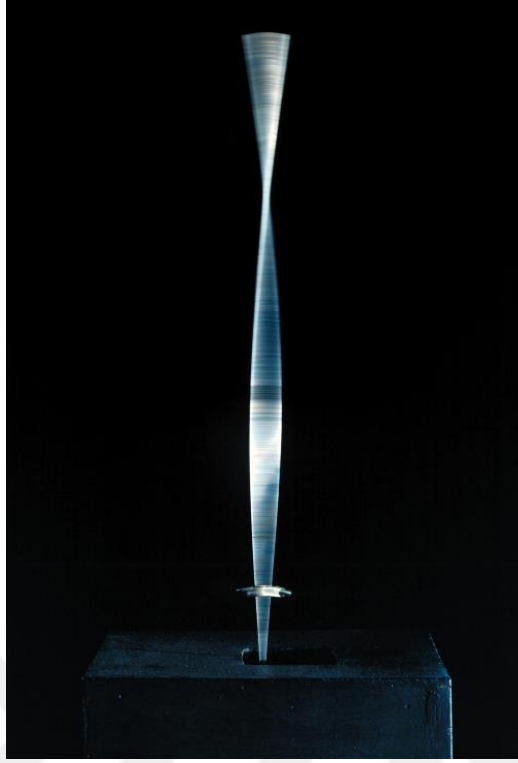
d) Görsel Çekicilik (Estetik):

Estetik kelimesi, etimolojik olarak incelendiğinde Türkçe'ye Fransızca'dan esth  tique kelimesinden gelmekte olup; TDK'ye g  re sanatsal olarak yaratılan, genel olarak sanatta ve hayattaki g  zelliğinin bilimi olarak tanımlanmaktadır (URL-16, 2022). Bu tanımlamanın yanı sıra, tarih boyunca birçok filozof tarafından estetik kavramının kaynağı ve neyi temsil ettiğii tartışma konusu olmuştur.

M.  . 427-347 yılları arasında yaşıyan Platon, g  zelliğii (dolayısıyla estetiğii) İdea Evrenindeki mutlak g  zellik kavramından alınan paya g  re değ  rlendirmekte ve zamanla değ  şime uğrayan nesneleri g  zellik kavramının dışında tutmaktadır. G  zelliğinin asıl

kaynağının zaman kavramı dışında konumlandığı güzellik ideası olduğunu belirtmektedir. M.Ö. 384-322 yılları arasında yaşayan Aristoteles, Platon'un aksine güzelliği, cismin var olduğu uzaysal düzlemdeki oranlara bağlamaktadır. Rönesans'ın etkin olarak hissedildiği dönemlerde Leonardo, güzelin sanatçı tarafından üretildiğini öne sürerken, Raphael güzelin doğada olduğunu ve sanatçıyı ise bunu aktarabilen kişi olarak nitelendirmektedir. Hegel ise güzeli doğal ve sonradan üretilen sanatsal olarak ikiye gruba ayırmış ve evrensel bir güzellik algısının olamayacağını düşünmüştür (Yıldırım, 2004; Kavuran ve Bayram, 2013). Tarih boyunca, sürekli olarak çeşitlenen ve/veya şekil değiştiren ikilemlerden oluşan sanat, estetik ve güzellik kavramları günümüzde de birçok farklı söylemle dile getirilmektedir.

Endüstrileşme sonucu ortaya çıkan makineleşme sayesinde, neredeyse Milattan Öncelerine kadar dayanan dinamik sanat kavramı, kendisini oluşturan kinetik sistemlerin çeşitliliğinin artmasıyla tasarlanmış sanatsal objelerin sayısında artış gözlemlenmektedir. Kinetik sanat teriminin kabul edilen başlangıç noktası, 1920 yılında Naum Gabo'nun yayınlanan realistik manifestosu ve aynı yıl içinde açılan Virtual Kinetic Volume sergisi olarak görülmektedir (Moloney, 2011). Naum Gabo heykeltıraş olan kardeşi Antonie Pevsner ile yayınladıkları manifestoda, binlerce yıllık süregelen sanat tarihinde sanatın sadece statik yapıda kurgulanabilecek yargısından kurtulması gerektiğini ve artık çağımızın en önemli kavramı olan kinetik ritimleri sanatın en önemli unsurları olduğunu belirtmişlerdir. Bu manifesto ışığında üretilen ilk kinetik heykel yine Gabo tarafından tasarlanan "Kinetic Construction: Standing Wave" eseri olmuştur (Şekil 19) (URL-17, 2022). Kinetik sanatın ortaya çıkışı, kinetik sanat kapsamında üretilen eserlerdeki $t(0)$ - $t(n)$ zaman aralığında yaşanan olaylar, zaman parametresini sanat eseri için deformasyonu çağrıştıran bir kavram olmaktan çıkarmıştır. Bunun yerine zaman da tasarım bileşeni olarak kullanılan bir tarz olarak kabul görmüştür.



Şekil 19. Gabo'nun Kinetic Construction (Standing Wave) eseri (URL-18,2022)

20. yüzyılın başlarında yaşanan gelişmelere rağmen kinetik sanat üzerine önemli söylemler geliştiren sanatçı sayısı son derece azdır. Nitekim kinetik sanatı ortaya süren ve ilk örneğini üreten Naum Gabo (Şekil 19), kendisinin ileriki yaşamında kinetik sanat ile pek ilgilenmemiştir. 1960-1970 yılları arasında George Rickey, Frank Popper, Guy Brett, Frank J. Malina dışında kinetik sanat kuramcısı dışında kinetik sanat adına bir gelişme görülmemiştir. 21. yüzyılın başlarında Guy Brett'in 2000 yılında yayımladığı *Force Fields: Phases of the Kinetic* in 2000 ve Roger Horrocks'un 2009 yılında yayımladığı *Art that Moves: The Work of Len Lye* yazıları ile kinetik sanata olan ilgi nispeten canlanmıştır (Moloney, 2011).

Son yüzyılda yaşanan gelişmeler ve değişen estetik algılar ile kinetik sanatın revaçta olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda, mekanların oluşturan mimari elemanlara dinamizm kazandırılması ve estetik bir sanat eser haline getirilmesi son derece yaygın olarak görülmeye başlamıştır. Goethe'nin tanımladığı gibi müziğin donmuş hali olan yapı yapma sanatı dinamik bir eser haline dönüşmüş ve kinetik sanat çerçevesinde incelenebilir konuma gelmiştir.

2014 yılında düzenlenen Venedik Mimarlık Bienali için Alman mimarlar Frank Barkow ve Regine Leibinger'in tasarladığı “Utopian Dream of Moving Architecture” isimli kinetik duvar, estetik amaçla üretilmiş kinetik mimari elemanlara örnek olarak verilebilir (Şekil 20). Barkow ve Leibinger durağan olarak tasarlanan duvarlar yerine 20. yüzyılda endüstrileşmenin ve modernizmin getirdiği kinetik mimarlığın ütöpik kurgularını yansıtmaya çalışan cansız bir mimari elemana canlılık katmak için nefes alan bir duvar tasarlamayı amaçlamıştır. Duvarın nefes alıp verme işlemini gerçekleştirebilmesi için yarı saydam yapıda olan elastik ve sentetik kumaş malzemesi kullanılmıştır. Duvarın strüktüründe ahşap iskele kullanılmıştır. Bu ahşap iskele içine, öteleme hareketi ile kumaşın gerilmesini veya toplanmasını sağlayabilecek, pistonu yüzeydeki kumaş ile birleştirilmiş ve birbirinden bağımsız hareket edebilen motorlar yerleştirilmiştir. Bu motorların kombinasyonlu şekilde aktif hale getirilmeleri sayesinde elastik kumaş ile oluşturulan yüzeyde dalgalanma etkisi yaratılmıştır (URL-19,2022).



Şekil 20. Barkow ve Leibinger'in tasarladığı Kinetik Duvar (URL-19,2022).

Tasarlanan kinetik duvar, farklı mimari bileşenlerin zaman içerisinde değişen rolleri üzerine oluşturulan temadaki sergi alanı için tasarlanmıştır (URL-19, 2022). Mimarların, kısıtlı şekilde değişen sınırların katılımcı ile anlık bedensel etkileşime girerek zihinlerindeki estetik algısıyla oynamakta olduğu söylenebilir. Verilen bu örnekte seçilen elastik kumaşın hareket etmesi durumunda yüzeyde hareli bir etki gözlemlenmesi, bulunduğu mekânı sınırlandıran kinetik elemanın mekân boyutlarını değiştirmesi ile kullanıcıların duvarı, hatta mekânı tanımlayan bir eleman olduğu için mekânı da bir sanat ögesi olarak görmesini sağlamaktadır.

e) İletişim ve Etkileşim:

Canlılar başka canlılar ile iletişim kurabilmek için doğrudan kendi bedenlerini veya beden hareketleri ile oluşan çeşitli olguları araç olarak kullanmaktadır. Bu tür iletişim araçlarına vücut dili, söz, yazı gibi olgular örnek olabileceği gibi tasarımcılar tarafından üretilen mimari mekanlar üzerinden de iletişim gerçekleştirilebilmektedir. Üretilen mekanlar, mekânı deneyimleyen canlı ile iletişime geçerken, canlının duyu mekanizmalarını hedef almaktadır. Görme, duyma, dokunma duyuları ile algılanan mekanlar, Leland'ın da belirttiği gibi canlıların sahip olduğu genel kalıtsal özelliklerden oluşmamaktadır (Leland, 2016). Dolayısıyla mimarlar, tasarlanan mekanların kullanıcılar ile iletişime geçerek veri aktarımında bulunabilmesi için birçok yöntem kullanmaktadır. Bu iletişim, kullanıcı tarafından algılanan mekânın boyutları, renk, saydamlık-opaklık, doku gibi parametreler ile gerçekleştirilebileceği gibi kullanıcı tarafından doğrudan algılanamayan ve yorumlamaya açık veriler (Micheal Foucault'un "Panoptikon" yapısına yaptığı yorum bu duruma örnek olarak verilebilir) aracılığıyla da gerçekleştirilebilmektedir.

İnsanlar beden aracılığı ile var olduğu çevreye temas etmekte ve onunla etkileşim içerisine girmektedir. Mekânın ana kullanıcısı olan insan, mekanları sahip olduğu bedeni baz alarak tasarlayabilmektedir. Vitrius'tan gelen bu düşünce, Leonardo da Vinci ile devam etmiş ve Rönesans Döneminin temelini oluşturmuştur. Daha sonra, modernizm döneminde Le Corbusier gibi tasarımcılar ile bedenin matematiği, mimari mekanların üretimini etkilemiştir. İnsan bedeninin fiziksel ölçülerine göre üretilen mekanlar, yapısı gereği statik yapıda bulunmaktadır. İnsan bedeni ise son derece dinamik bir yapıya sahiptir. Statik yapıda bulunan mekân ile dinamik haldeki insan bedeni arasındaki iletişim her ne kadar monolog (tek taraflı) bir ilişki olarak görülse de Palassmaa'nın "mimarlık, kendimizi mekân ve

zamanla şekillendirmede ve bu boyutlara insani bir ölçü vermedeki yegâne aracımızdır” (Pallasmaa, 2011) ifadesi bu iletişimin diyalog şeklinde gerçekleştiğini açıklamaktadır. Dinamik yapıdaki beden ile statik yapıdaki mekân varlığı diyalektik, tez/antitez kavramı gibi, iki zıt sıfatın birlikte kullanılarak kendi varlıklarını oluşturduğu düşünülebilir. Bedensiz mekân olmayacağı gibi mekânsız beden de düşünülemezdir.

Pallasmaa’nın ifadelerine göre, mekân ile beden arasındaki ilişki ve bunun sonucunda oluşan iletişim belli bir zaman diliminin geçmesiyle meydana gelmektedir. Zira, beden ile mekân arasında yaşanan kısa süreli etkileşim ile bilginin mekândan bedene şeklinde tek yönlü (monolog) aktarıldığı da varsayılabilir. Bu iletişimin diyalog oluşturma süresinin kısaltılması durumu kinetik sistemler ile sağlanabilir. Birbirinin görüş açısındaki iki insan sözsüz ve teknoloji kullanmaksızın oluşturacakları iletişimi, sahip oldukları bedenlerinin hareket ettirmeleri ile gerçekleştirilebileceği gibi, mekâna da dinamizm kazandırılması bu işlemin benzer bir hızlı bir iletişim yolu olarak oluşturulabilir. Böylece, mekân ve kullanıcı arasında etkileşim kısa süre içerisinde kurulur ve tamamlanabilir. Lakin, her kinetik yapı çift yönlü iletişime olanak sağlamaz. Dinamizm kazandırılan yapıların veya mekanların, kısıtlı zaman içerisinde insanlar ile oluşturduğu iletişim ve kinetik ürünün sistem yapısı, aktarılması istenilen verinin tek yönlü (monolog) veya çift yönlü (diyalog) etkileşim şeklinde gerçekleştirilebilir. Bilgiyi ifade etme aracına dönüştürülen bu tür kinetik yapılara Calatrava’nın Milwaukee Sanat Müzesi, dinamik mimari ürünlerin insanlar ile kurduğu iletişim türünün monolog olarak tanımlanabilecek yapı örneklerinden biri olarak gösterilebilir.

2001 yılında, ABD’nin Wisconsin eyaletinde 13.196 metrekarelik alana inşa edilen Milwaukee Sanat Müzesi, mimarlık ve mühendislik arakesitinde tasarlanmıştır. Yapının, şehrin tasarımı, topoğrafyası dikkate alınarak, yakınında bulunan göl ve kültürel bağlamlar aracılığıyla oluşturulmuştur. Müze tasarımında kullanılan kinetik güneş kırıcılar, yapının sırt kısmı denebilecek belli bir eksen etrafında katlanma hareketi yapabilmektedir. Bu katlanma hareketi kuşların uçmak için kanatları ile yaptığı harekete benzetilerek tasarlanmıştır. Yeni sergi açılışı zamanı, müzenin kinetik yapı elemanları açılarak kentle iletişime geçmektedir (Şekil 21) (URL 20 ve 21, 2022).



Şekil 21. Milwaukee Sanat Müzesi (URL-21, 2022)

Serginin açılış bilgisi, yapının dinamizmi aracılığı ile kentteki yapıyla görsel olarak iletişime geçen bireylere iletilmiştir ancak; bireylerin yapıya karşı bir veri aktarımı olmamaktadır. Bu da müzede bulunan serginin açılışı için kinetik elemanlarının kent sakinleri ile oluşturduğu iletişimin monolog şeklinde gerçekleştirildiği ileri sürülebilir.

Dinamik mimari ürünlerin insanlar ile kurduğu iletişim türünün diyalog olarak tanımlanabilecek örnekleri interaktif mimarlık kategorisi altında bulunabilmektedir. Tez kapsamında diyalog olarak tanımlanan çift yönlü etkileşim, Mark Meadows'a göre dört farklı aşamada gerçekleşmektedir (Burry, 2010):

1. Gözlem: Katılımcının görsel olarak ürünle iletişime geçerek yorum yapması
2. Keşfetme: Katılımcının bir eylem gerçekleştirmesi
3. Modifikasyon: Katılımcının sistemi aktive etmesi ve değiştirmesi
4. Karşılıklı değişim: Sistemin katılımcıyı değiştirmeye teşvik etmesi

InteractiveWall Projesi diyalog iletişim türü ile iletişime geçen kinetik mimari ürünlere örnek olarak verilebilir. Pnömatik ve elektrikli otomasyon teknolojisi tasarımcılarından olan Festo firması tarafından, Hannover Messe 2009 sergisinde sunulması amacıyla tasarlanmıştır. 7 ayrı duvar bileşeninden oluşan dinamik duvar, katılımcıya yanıt veren, belirli karaktere sahip, istenilen zamanda hareket ettirilebilen veya gerçek zamanlı davranış gösterebilen bir yapıya sahiptir. Sahip olduğu etkileşimli yapı sayesinde aktivatörün izleyicilikten katılımcılık rolüne geçmesine imkân sunmaktadır. Yazılım

açısından bakıldığı zaman çok modlu, senkronize edilebilir bir sisteme sahiptir (Şekil 22) (URL-22, 2023). Etkileşim temeli üzerine kurulu InteractiveWall projesi alıcı ve verici görevlerini üstlenebilen iki aktif tarafa sahiptir. Bu bağlamda katılımcılarla kurduğu iletişim diyalog olarak nitelendirilebilir.



Şekil 22. InteractiveWall Projesi (URL-22, 2023)

InteractiveWall projesinde 7 bileşen bitişik bir şekilde yan yana konumlandırılmıştır. Katılımcının esere yaklaşması ile yakınlık sensörleri devreye girmekte ve duvar katılımcıdan uzaklaşarak tepki vermektedir. Bükülme işlemi komşu bileşenlerden bağımsız şekilde gerçekleşmektedir. Bağımsız olmalarına rağmen etkileşimli bileşenler, bitişiklerindeki bileşenlerin konumlarına göre kendi konumlarını senkronize ederek ayarlayabilmektedir. Herhangi bir aktivatörün varlığı olmadığı zamanlarda duvar dinlenme konumuna yani bükülme olmayan durumuna geri dönmektedir. InteractiveWall bileşenlerinin her iki tarafında da yakınlık sensörü bulunmaktadır. Oluşturulan yazılıma göre, bir bileşenin her iki tarafından yaklaşan katılımcıların hangisine yanıt vereceğine dair müzakere etme yeteneği bulunmaktadır. Bu sayede kinetik eser oyun benzeri bir davranış gösterebilmektedir. Oyun davranışı, iki taraftan yaklaşan katılımcıların yakınlık durumlarına

göre düzenlenmiştir. Bileşene en yakın olan katılımcıya göre bileşen hareket eder ve iç bükey kavis o katılımcıya göre oluşur. Oluşturulan oyun ile katılımcının sistemi keşfetmesi ve daha iyi anlaması sağlanmıştır. InteractiveWall davranış olarak sadece harekete odaklanmamıştır. Üzerinde bulunan ışık ve ses sistemleri sayesinde katılımcı ile çok modlu bir etkileşim oluşturabilmektedir. Bileşenlerinin yüzeylerinde kontrol edilebilir birbirinden bağımsız şekilde çalışabilen LED'ler bulunmaktadır. LED'ler katılımcının varlığına göre doğrudan bir veri almak yerine hareketli bileşenin bükülmesine göre yani katılımcının hareketini dolaylı yoldan yanıt verecek şekilde tasarlanmıştır. Kinetik bileşenler, dışa doğru bükülürken, LED'lerin oluşturduğu ışık deseni daha hareketli hale getirilerek katılımcı ile başka bir iletişim yoluna gidilmiştir. Aktivatörün olmaması yani kinetik eser dinlenir konumda iken LED'ler daha sakin bir şekilde ışık koreografisini gerçekleştirmektedir. Işık koreografisine benzer ses sistemi de kinetik bileşenlere entegre edilmiştir. Kinetik bileşen dinlenme konumunda iken daha sakin sesler çıkartırken, bükülme oranı arttıkça ortama verdiği ses yoğunluğu artmaktadır (URL-22, 2023). Böylece kinetik mimari ürün ile oluşturulan oyun, katılımcılar tarafından çalınacak bir enstrüman haline de gelmiştir. InteractiveWall ve katılımcı arasında, formdaki görselliğin değiştirildiği, katılımcıda ise hareket, merak, eğlence, heyecan gibi çeşitli duyguların aktifleştirildiği diyalog, iletişim meydana gelmektedir.

Mekanları deneyimleyen katılımcı, genellikle geçmiş deneyimlerine ve kendisine duyurulan çeşitli bağlamlarla mekânı anlamlandırmaktadır. Katılımcı, anlamlandırdığı mekâna göre çeşitli roller üstlenmekte ve üstlendiği roller ile katılımcı eylemlerini belirlemektedir. Katılımcı, bilinçli veya bilinçsiz şekilde mekânın kurguladığı sınırlar çerçevesinde sıkışmakta ve kendisine dikte edilen rolü üstlenmek zorunda bırakılabilmektedir. Dinamizm kazandırılmış etkileşimli mekanlarda, katılımcıya seçim ve eylem noktasında daha serbestlik tanımlanabilmektedir. Tez kapsamında diyalog olarak nitelendirilebilen kinetik mimari ürünler, katılımcının zihnine mekânın canlı olduğuna dair inandırıcılık katmaktadır. Bu tür mimari ürünler, modern toplumun içinde bulunduğu dijital çağın programlanabilir, dinamik, esnek ve kişiselleştirilebilir yapısı sayesinde insanların gelecek zamanda daha fazla karşısına çıkacağı ön görüşünde bulunulabilir.

2.2.2. Kullanıldığı Yere Göre Sınıflandırılma

Kinetik mimari kısaca, mimarlık kapsamına giren ürünlerin tasarımında ve yapımında hareketin kullanılması anlamına gelmektedir. Bu hareket, mekanik sistemler, şekil hafızalı alaşımlar veya akıllı malzemeler gibi çeşitli yollarla elde edilebilmektedir. Kinetik mimari; binalar, köprüler, kamusal alanlar ve diğer yapılar dahil olmak üzere birçok ortamda, farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bunların yanında mimari mekânı tamamlayan çeşitli sanat enstalasyonlarında, heykellerde ve diğer mimari ifade biçimlerinde de kullanılabilir. Kinetik mimari, aşırı sıcaklıklar, şiddetli rüzgarlar veya şiddetli yağışlar gibi çevre koşullarının sık sık veya tahmin edilemeyecek şekilde değiştiği ortamlar için uygunluğu ile ön plana çıkmaktadır. Ek olarak, kinetik mimariyi deneyimleyen katılımcıların ihtiyaç ve tercihlerine yanıt veren etkileşimli ve duyarlı ortamlar oluşturmak için kullanılabilir.

Genel olarak, kinetik mimari, büyük ölçekli altyapı projelerinden küçük ölçekli sanat enstalasyonlarına kadar çok çeşitli ortamlarda kullanılabilir ve enerji tasarrufu, gelişmiş işlevsellik ve gelişmiş estetik gibi çok çeşitli faydalar sağlayabilir. Literatür araştırmasında kinetik mekanizmanın kullanıldığı yere göre gruplandırılmasının yer aldığı Tablo 5'te incelenen araştırmacılar Fox ve Yeh'in (2000), "dinamik", "gömülü" ve "konuşlandırılabilir" başlıkları kapsayıcılık özelliğine sahip olduğu düşünüldüğünden dolayı, bu tez kapsamında oluşturulan sınıflandırma denemesinin "kinetik sistemin kullanıldığı yere göre sınıflandırması" başlığında üst başlık olarak değerlendirilmiştir. Mikullovci'nin (2019) oluşturduğu "yapı bileşeni", "çeper parçalar" ve "özerk konutlar" başlıklarının gerçek hayatta tasarlanan veya tasarlanması mümkün olan kinetik eserleri tam kapsamadığı düşünüldüğünden dolayı bazı başlıklar eklenerek alt başlıklar oluşturulmuştur. Bu bağlamda tez çalışmasında incelenen örnekler göre kinetik mimarlığın; cephe elemanı ve yapı kabuğu, çatı elemanı, mekân bütünü, yapı bütünü, iç mekân mimari eleman ve sanat enstalasyonu olarak 6 farklı yerde kullanıldığı tespit edilmiştir. Üst başlık ve alt başlıkların ilişkileri Tablo 6'da gösterilmiştir. Sonrasında, kinetik sistemin entegre edildiği yerlerin yani alt başlıkların hangi amaçlarla tasarlandığı maddeler halinde örneklerle birlikte açıklanmıştır:

Tablo 6. Kinetik sistemin kullanıldığı yere göre gruplandırılması

Üst Başlıklar	Alt Başlıklar
Dinamik kinetik yapı	Cephe Elemanı ve Yapı Kabuğu Çatı Elemanı
Gömülü kinetik yapı	Mekân Bütünü Yapı Bütünü
Konuşlandırılabilir kinetik yapı	İç Mekân Mimari Elemanı Sanat Enstalasyonu

a) Cephe Elemanı ve Yapı Kabuğu:

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte son yıllarda, bina cephelerinin tasarım ve inşasında kinetik mimarinin kullanımı giderek daha popüler hale gelmiştir. Cephelerde tasarlanan hareket, mekanik sistemler, şekil hafızalı alaşımlar veya akıllı malzemeler gibi çeşitli yollarla elde edilebilir. Bina cepheleri, binaya, bina sakinlerine ve tasarlandığı bölgedeki görsel veya fiziki katılımcılara birçok fayda sağlayabildikleri için kinetik mimarinin en çok görüldüğü yer olarak varsayımı yapılabilir.

İncelenen örneklerle göre modern mimaride, kinetik mimarlığın cephelerde kullanılmasının temel sebepleri; konfor ve enerji, estetik, iletişim ve etkileşim olarak gösterilebilir:

- Konfor ve Enerji: Kinetik cephelerin en önemli faydalarından biri, bir binaya giren Güneş ışığı miktarını kontrol etmek için kullanılabilmesidir. Bu, gölge sağlamak veya gerektiğinde ışığın girmesine izin vermek için hareket ettirilebilen ayarlanabilir panjurlar, gölgeleme cihazları veya diğer bileşenlerin kullanılmasıyla elde edilebilmektedir. Bir binaya giren Güneş ışığı miktarını kontrol ederek kinetik cepheler; enerji tasarrufu sağlayabilen, iç mekân konforunu ayarlayabilen ve binanın çevresel etkisini azaltabilen özellikleri ile yapay aydınlatma ve soğutmaya yönelik enerji harcamalarını azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Kinetik cephelerin bir diğer önemli faydası da bir binaya giren ve çıkan hava akışını kontrol etmek için kullanılabilmesidir. Bu, temiz havanın girmesine ve kirli havanın dışarı atılmasına izin verecek şekilde ayarlanabilen hareketli havalandırma delikleri, pencereler veya diğer bileşenlerin kullanılmasıyla yapılabilmektedir. Bu hareket, bina sakinlerinin

iç hava kalitesini ve dolayısıyla iç mekân konforunu iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir.

- **Estetik:** Kinetik cepheler, zaman içinde değişebilen ve gelişebilen görsele sahip olarak dinamik ve ilgi çekici yapılar oluşturmak için de kullanılabilir. Bu durum, kinetik cepheyi insanların deneyimlemesi ve etkileşime girmesi için daha ilginç ve ilgi çekici hale getirebilmektedir. Cephelerde kinetik elemanları kullanarak mimarlar sadece işlevsel değil aynı zamanda görsel olarak da çarpıcı cepheleri tasarlayabilmektedir.
- **İletişim ve Etkileşim:** Kinetik cephelerin bir diğer faydası da onları kullanan kişilerin ihtiyaç ve tercihlerine cevap veren etkileşimli ortamlar yaratmaktadır. Örneğin kinetik cepheler; hava hareketlerine günün farklı saatlerindeki değişikliklere insanların veya diğer uyaranların varlığına yanıt olarak açılacak veya kapanacak şekilde programlanabilir. Bu duruma en iyi örneklerden biri “iletişim ve etkileşim” başlığı altında anlatılan Calatrava’nın Milwaukee Sanat Müzesi gösterilebilir. Bu durum cephenin sadece statik bir kabuktan ziyade binanın aktif ve ilgi çekici bir bileşen olmasına izin vermektedir.

b) Çatı Elemanı:

Kinetik çatı elemanı tasarımının yapılma nedenlerinin çoğu maddesi, cephede tasarlanan kinetik sistemlerin nedenleri birbirine benzerlik göstermektedir. Çatılarda tasarlanan hareket, kinetik cephe sistemlerinde olduğu gibi mekanik sistemler, şekil hafızalı alaşımlar veya akıllı malzemeler gibi çeşitli yollarla elde edilebilir. İncelenen örneklerle göre modern mimaride, kinetik mimarlığın çatılarda kullanılmasının temel sebepleri; enerji, konfor, estetik, iletişim ve etkileşim olarak açıklanabilir:

- **Enerji:** Kinetik çatıların en önemli faydalarından biri, güneş enerjisini toplamak için kullanılabilmesidir. Bu, özellikle Güneş ışınlarını takip edecek şekilde ayarlanabilen çatıya sonradan monte edilen veya yapıyla birleşik hareket eden sistemlere monte edilen güneş panellerinin kullanılmasıyla sağlanabilmektedir. Bu sistemler, toplanan enerji miktarını en üst düzeye çıkarabilir, binayı daha enerji verimli hale getirebilir ve karbon ayak izinin düşürülmesiyle yapının ürettiği çevresel zarar indirgenebilir. Bu duruma en iyi örneklerden biri olarak “Enerji” başlığı altında anlatılan Güneş Çiçeği Evi gösterilebilir. Kinetik çatılar yağmur

suyunu toplamak için de kullanılabilir. Yağmur suyunu toplama tanklarına veya sarnıçlara yönlendirmek için ayarlanabilen çatıya monte sistemler kullanılabilir. Toplanan su daha sonra sulama, temizlik veya diğer amaçlar için yönlendirilebilir, böylece binanın içme suyuna olan bağımlılığı azaltılır ve çevresel etkisi indirgenebilir.

- **Konfor:** Kinetik çatılar, yapıya giren doğal ışığın miktarını kontrol etmek için kullanılabilir. Yapıda tasarlanan ışık bacalarının kinetik sistemlerle kontrolünün sağlanması, yapı içine istenilen derecede gün ışığının alınması cephede olduğu gibi konfor ve karbon ayak izinin azaltılmasında önemli yer tutmaktadır. Kinetik çatıların bir diğer önemli faydası, bir binaya giren ve çıkan hava akışını kontrol etmek için kullanılabilmesidir. Bu durum temiz havanın girmesine ve kirlenen havanın dışarı atılmasına izin verecek şekilde ayarlanabilen tavana monte havalandırma delikleri, pencereler veya diğer bileşenlerin kullanılmasıyla yapılabilir. Bu durum bina sakinlerinin iç hava kalitesini ve konforunu iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir.
- **Estetik:** Kinetik çatılar, zaman içinde değişebilen ve gelişebilen görsel olarak dinamik ve ilgi çekici yapılar oluşturmak için de kullanılabilir. Çatı tasarımında kinetik elemanları kullanarak, mimarlar ve tasarımcılar sadece işlevsel değil aynı zamanda görsel olarak da çarpıcı yapılar yaratabilmektedir.
- **İletişim ve Etkileşim:** Kinetik çatıların bir diğer faydası da kinetik cephelerde olduğu gibi katılımcıların ihtiyaç ve tercihlerine cevap veren etkileşimli ortamlar yaratmak için kullanılabilmesidir. Örneğin kinetik çatılar, hava veya günün saatindeki değişikliklere veya insanların veya diğer uyaranların varlığına yanıt olarak açılıp kapanacak şekilde programlanabilir.

c) Mekân Bütünü:

Bu tez çalışmasında, kinetik mimarlık kapsamında mekânı sınırlandıran düşey ve yatay elemanların topluca konum değiştirilmesi sağlanarak mekânın başka bir konumda yeniden oluşması mekânsal hareket olarak tanımlanmıştır. Bu hareket kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına cevap verebilecek dinamik, uyarlanabilir ve işlevsel dinamik ortamlar yaratmak için kullanılmaktadır. Bu bağlamda incelenen kinetik mimarlık örneklerine göre modern

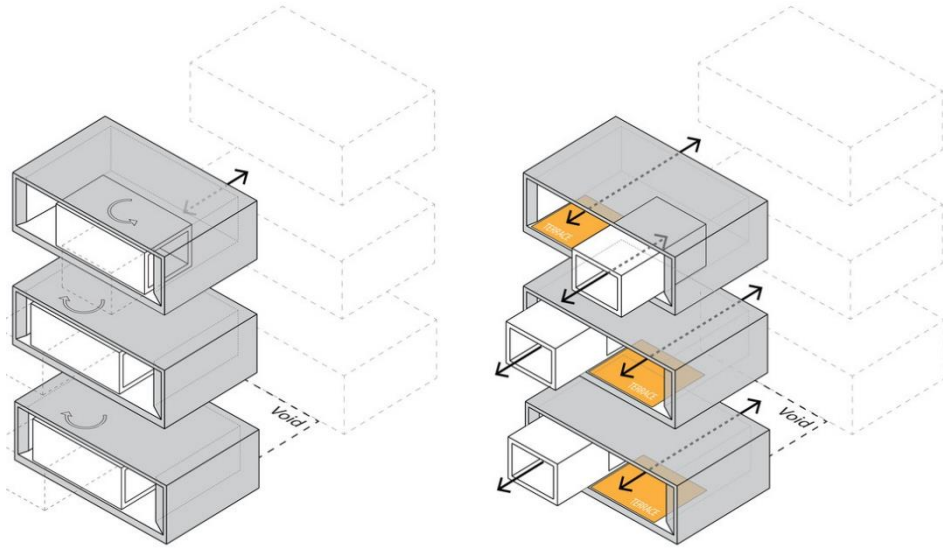
mimaride, mekânsal hareket kullanılma sebepleri temel olarak konfor, esneklik, estetik enerji başlıkları altında ele alınabilir:

- Konfor: Mekânın konumunun değişmesi ile manzara açısının yeniden oluşturulması, doğal ışığın ve havalandırmanın düzenlenmesi ile konfor oluşturulabilir.
- Esneklik: Mekânsal hareket sonucu değişen parametrelerin etki ettiği yeni mekân ile eskisi arasında kullanıcıya seçenek sunması, işlevsel olarak farklı esnek mekanlar oluşturulmasını sağlayabilir.
- Estetik: Dinamik ve etkileşimli ortamlar yaratarak bir alanın estetiğini geliştirmek için kullanılabilir.
- Enerji: Mekansal hareket ile oluşan dinamizm, bir alana giren doğal ışık ve havalandırma miktarını kontrol ederek enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilir.

Mekansal hareket yapan kinetik mimarilere örnek olarak Sharifi-ha Evi verilebilir. NextOffice–Alireza Taghaboni tarafından 2014 yılında tasarlanan bu yapı, İran'ın Tahran şehrinde bulunmaktadır. Konut binası olarak tasarlanan Sharifi-ha Evi, 1400 m² alana sahiptir. Mimarlar, geleneksel İran evlerinde bulunan Zemestan-Neshin (kışlık oturma mekânı) ve Taabestan-Neshin (yazlık oturma mekânı) mekanlarını, kinetik sistemler sayesinde oluşan hareket kabiliyeti ile tek bir mekânda çözümlemiştir. Yapı 90 derece dönme hareketi yapabilme kabiliyetine sahip, dış ortam ile bitişik halde konumlanmış 3 ayrı mekâna sahiptir. Bu mekanlar, soğuk kış dönemlerinde kapalı konumda tutularak yapının ısı kaybını önlerken; yaz aylarında açık konuma gelerek teras oluşturur. Açık konumdayken iç mekânın dış ortamla kurduğu görsel iletişim artar ve yapı içindeki sıcaklık önlenmiş olur. Bu dinamik mekanlar, birbirinden bağımsız hareket kabiliyetine de sahiptir. Böylece, aralarında oluşturulan açısal farklar ile yapının silüeti için önemli bir eleman haline gelmektedir (Şekil 23, 24) (URL-22, 2023).



Şekil 23. Sharifi-ha Evi ön cephesi (URL-24, 2023)



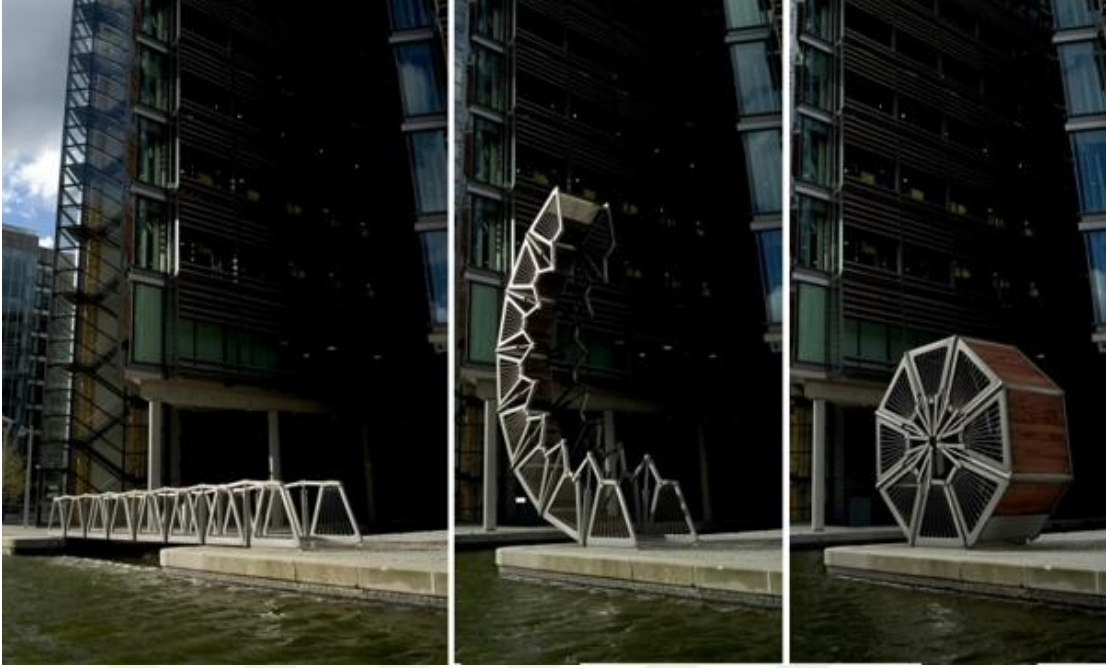
Şekil 24. Sharifi-ha Evi hareket diyagramı (URL-24, 2023)

d) Yapı Bütünü:

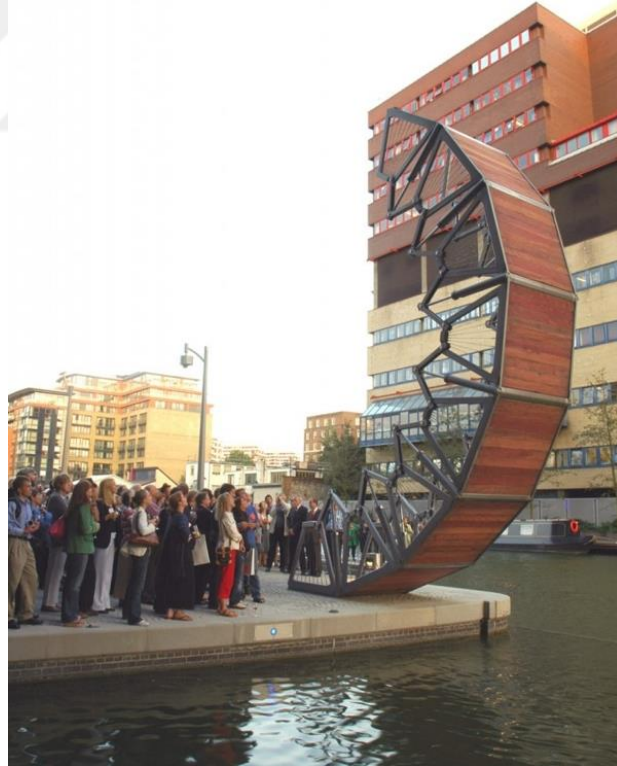
Bu tez çalışmasında, kinetik mimarlık kapsamında yapının $t(0)$ anındaki konumundan, bütün olarak hareket ederek yeniden konumlanması durumu bütünsel hareket olarak tanımlanmıştır. Bu bağlamda incelenen kinetik mimarlık örneklerine göre, kinetik mimarlıkta bütünsel hareketin kullanılmasının temel sebepleri; konfor, esneklik, estetik ve enerji başlıklarında ele alınabilir:

- Konfor: Mekânsal harekette olduğu gibi yapının bütün olarak hareket etmesi yapı içinde bulunan kullanıcıların aktif olarak kullandığı mekanların dış ortamla olan iletişimi değişmesi ile manzara açısının yeniden oluşturulması, doğal ışığı ve havalandırmayı düzenlenmesi sağlanarak konfor oluşturulabilir.
- Esneklik: Farklı işlevlerin yerine getirilmesini, farklı sirkülasyon ve işlevlerin kullanılmasını sağlayabilir.
- Estetik: Dinamik ve etkileşimli ortamlar yaratarak bir alanın estetiğini geliştirmek için kullanılabilir.
- Enerji: Bütünsel hareket ile oluşan dinamizm, yapıya gelen doğal ışık ve havalandırma miktarını kontrol ederek enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilir.

İngiltere’de Thomas Heatherwick tarafından tasarlanan Yuvarlanan Köprü yapısı, kinetik mimarının yapının bütününde görüldüğü örneklerden biri olarak verilebilir. Londra’daki Grand Union Kanalı’nda Paddington Basın’da 2004 yılında hizmete giren Yuvarlanan Köprü, bütünsel hareket yapan kinetik mimarının önemli yapıları arasında bulunmaktadır. Köprü tasarımı, şehir içi hem yaya hem de deniz sirkülasyonunun kesintisiz yapılabilmesi amacıyla esneklik sağlayabilen kinetik yapı olarak tasarlanmıştır. Sekiz üçgenden tasarlanan yapı yuvarlanma hareketi yaparak, karada toplanmış sekizgen haline gelebilmektedir (Şekil 25). Bu sayede üzerine köprü işlevi gördüğü nehirden deniz taşıtlarının geçmesine izin vermektedir. Yapı istenildiği anda statik şekilde durabilen yapıya sahiptir bu sayede de kentte heykel işlevi görebilecek bir sanat eseri haline gelebilmektedir (Şekil 26) (URL 25, 2023).



Şekil 25. Yuvarlanan Köprü açılıp kapanma aşaması (URL-25, 2023)



Şekil 26. Yuvarlanan Köprü'nün sanat eseri olarak kullanılma hali (URL-25, 2023)

e) İç Mekân Mimari Elemanı:

Modern toplumda insanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını mekanların içinde geçirmektedir (Ott WE, 1989). Zaman içerisinde çeşitli etkenlerle insan ihtiyaçları farklılaşmış ve insanlığın en çok vakit geçirdiği bu mekân türünde de kaçınılmaz olarak değişimler yaşanmıştır. Esnek tasarımın da ortaya çıkışını hazırlayan bu etkenler kinetik mimarlığın iç mekanlarda kullanımını arttırmıştır. Kinetik mimari, bir mekânın işlevselliğini ve estetiğini geliştirebilen çok yönlü ve işlevsel bir iç tasarım yaklaşımı oluşturmaktadır. Hareketi bina iç mekân tasarımına dahil ederek, mimarlar ve tasarımcılar uyarlanabilir, dinamik, enerji verimli, çok yönlü, yüksek düzeyde işlevsellik sağlayan ve modern iç mekanlara hitap eden alanlar yaratılabilmektedir.

Bu bağlamda incelenen örneklere göre modern mimaride, kinetik mimarlığın iç mekanlarda kullanılmasının temel sebepleri; esneklik, estetik, enerji, iletişim ve etkileşim başlıkları altında ele alınabilir:

- Esneklik: İç mekanlarda kurgulanan kinetik mimari ögeler, kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamak üzere yeniden yapılandırılabilen ve değiştirilebilen uyarlanabilir alanlar oluşturmak için kullanılabilmektedir. Kinetik ögeler ile sürekli değişen ve farklılık gösteren kullanıcı ihtiyaçlarına göre uyarlanan dinamik ortamlar oluşturabilir. Kullanıcıların işlevsel ihtiyacına göre daha büyük veya daha küçük mekanlar, mekânı sınırlandırılan duvarların hareket ettirilmesi ile oluşturulabilir. Bu durum; hareketli duvarlar, tavanlar, döşemeler ve ayrıca geri çekilebilir duvarlar/bölmeler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Şekil 27'de verilen örnekte olduğu gibi iki ayrı ofis mekânının birleştirilmesi, ortaya çıkan birleşik mekânın farklı amaçlarla kullanılmasını sağlayabilmektedir.



Şekil 27. İki yönlü düz duvar panelleri (URL 23, 2023)

Kinetik mimari, sınırları belli olan mekânı optimize etmek ve sınırlı alandan en iyi şekilde yararlanmak için kullanılabilir. Örneğin iç mekanda kullanılan kinetik mimari öğelerden hareketli iç bölmeler ile mekân içindeki sirkülasyonun iyileştirilmesi; ses emilimini/yansıtılmasını sağlayan hareketli paneller kullanarak ses kalitesinin artırılması, mahremiyet derecesinin ayarlanması; modüler raf sistemi, ışık elemanlarının işleve uygun hareket ettirilerek konfor düzeyinin yükseltilmesi, gerektiğinde daha fazla kullanılabilir alan yaratmak için bir mekanın yeniden yapılandırılması ve ardından ihtiyaç olmadığında yeniden düzenlenebilmesi gibi yararlar sağlanabilir.

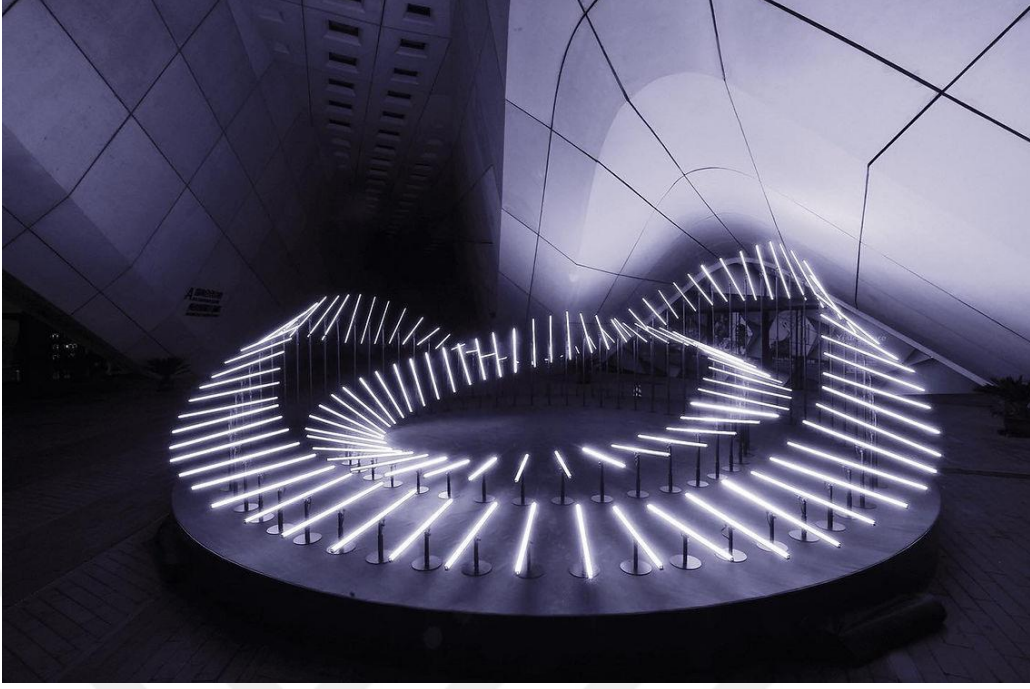
- Estetik: İç mekânda kullanılan kinetik mimari, bir alanın estetik çekiciliğini artırmak için de kullanılabilir. Örneğin, hareketli duvarlar veya tavanlar gibi kinetik unsurların dahil edilmesiyle, bir alan işlevsel bir ortamdan dinamik ve görsel olarak çekici bir ortama dönüştürülebilir.
- Enerji: İç mekânda kullanılan kinetik elemanlar tıpkı cephede kullanılanlar gibi bir alandaki enerji verimliliğini artırabilir. Örneğin, otomatik gölgeleme sistemlerinin iç mekân içerisinde tasarlanması söz konusu olabilir. Dolayısıyla, bir alana giren doğal ışık miktarı kontrol edilebilir, bu da yapay aydınlatma ihtiyacını azaltarak enerji tüketimini sınırlandırmaya yardımcı olabilir.

- İletişim ve Etkileşim: İç mekanlarda görülen kinetik tasarımlar mekânda bulunan bireylerin ihtiyaç ve tercihlerine cevap veren etkileşimli ortamlar yaratmak için kullanılabilir.

f) Sanat Enstalasyonu:

Sanat enstalasyonları, genellikle izleyicinin ilgisini çeken ve bir hareket, değişim duygusu sağlayan etkileşimli, dinamik enstalasyonlar yaratmak için kullanılabilir. Bazı sanat enstalasyonları, mimari bir öge olarak nitelendirilebilir. Bu bağlamda, kinetik özelliklere sahip sanat enstalasyonları kullanıldığı alanlara göre heykel, performans sanatı, ışık sanatı ve kamusal sanat olarak 4 temel başlıkta ele alınabilir:

- Heykel: Mimarlık alanında çeşitli elemanlar (düşey ve yatay düzlemler) heykel gibi sanat eseri olarak sayılabilir. Bu bağlamda kinetik heykeller mimari ürün olarak, hareket ve değişim duygusu yaratmak için kullanılacak etkileşimli ve ilgi çekici bir sanat biçimi sunabilme kabiliyetine sahiptir. Kinetik heykeller genellikle rüzgâr veya fiziki temas ile harekete geçirilerek dinamik ve sürekli değişen bir görüntü yaratacak şekilde tasarlanmaktadır.
- Performans Sanatı: Kinetik mimari elemanlar, performans sanatlarında dinamik, ilgi çekici ve sürükleyici bir ortam yaratmak için kullanılabilir. Sanatçıların performansı sırasında şekil değiştiren ve/veya kendini farklı bir konumda konumlandırabilen kinetik mimari elemanlar (duvar, setler, sahne düzlemi...), katılımcılar için ilgi çekici bir deneyim sunabilmektedir. CollectiveScale şirketinin Ammonite sahne tasarımı, kinetik mimarlığın performans sanatı enstalasyonunda kullanımına örnek olarak gösterilebilir (Şekil 28). Tasarım, sanatçının bulunduğu sahneyi sınırlandıran mimari öge olmasının yanı sıra, sanatçının sergilediği performansına göre hareket edebilen ve ışık saçan elemanlardan oluşmaktadır (URL-26, 2023). Böylelikle kinetik tasarım, müzik sanatının duysal hazzının da yanında görsel bir hazzla da dönüşmesine imkân sağlamaktadır.



Şekil 28. Ammonite Sahne Tasarımı (URL-26, 2023)

- Işık Sanatı: Kinetik mimarlık elemanları, dinamik ve etkileşimli görüntüler oluşturmak için ışık sanatı enstalasyonlarında kullanılabilir. Hareketli ışık kaynaklarına sahip olan yüzeyler, yansıtılan ve/veya yansıtıcıyı hareket ettiren yüzeyler gibi elemanlara sahip olan mekanlar bu duruma örnek olarak verilebilir.
- Kamusal Sanat: Kamusal alanlarda bulunan kinetik mimari ürünler, kent sakinlerinin ilgisini çeken etkileşimli ve dinamik enstalasyonlar yaratmak için kullanılabilir. Işık ve sesi bir araya getiren mimari eleman olarak sayılabilen bazı kinetik heykeller, çeşmeler ve çeşitli enstalasyonlar bu duruma örnek olarak verilebilir.

Sanat enstalasyonlarında kullanılan kinetik mimari, sanatçılara çalışmalarında dinamizmi ve değişimi keşfetmeleri için benzersiz bir olanak sağlamaktadır. Heykelde, performans sanatında, ışık sanatında veya kamusal sanatta kullanılmış olan kinetik mimarlık öğelerinin, izleyiciyi kendisine katması, haz uyandırması, değişim duygusunu hissettirmesi, dinamik ve monolog veya diyalog şeklinde etkileşimli iletişim kurabilme kabiliyeti sayesinde, sanat ve mimarlığın ara kesişimini son derecede etkili temsil ettiği öne sürülebilir.

2.2.3. Hareket Tipolojisine Göre Sınıflandırılma

İnsanlık var olduğundan itibaren içgüdüsel olarak doğadan aldığı bilgiler sayesinde yaşamını sürdürmeye çalışmıştır. Doğada gözlemlediği olay ve olgulardan çıkarımlarda bulunmuş, ulaştığı sentezlere göre birçok farklı alanda tasarımlar gerçekleştirmiştir. Bu tür kaynakların kullanılmasındaki temel neden olarak milyonlarca yıldır süregelen evrim süreci sonucunda hayvan, bitki veya çeşitli organizmaların üretmiş oldukları çözüm yöntemlerinin işlevsellik üzerinden gelişmesi gösterilebilir. Reuleaux'nun (2013) bir makineyi tanımlarken doğanın mekanik kuvvetleri ile iş yapmaya yarayan dirençli cisimler kombinasyonu tanımı bu sava bir ek olabilir. Biyomimikri olarak da düşünülebilen bu taklit Benyus'a (1997) göre doğanın tasarımını, işlevsel sistemlerini, oluşma süreçlerini ve elementlerini sentezleyerek elde edilen bulguların taklit edilmesi veya modifikasyon yapılarak geliştirilmesi ile problem çözmeye yönelik bir bilim dalı olarak tanımlanmıştır.

Doğada görülen herhangi bir maddenin $t(0)$ zamanında uzayda bulunan koordinatlarının, $t(n)$ zamanında değişerek konum değiştirmesi olarak adlandırılan öteleme işlemi ile cismin açısal hıza sahip olarak bir eksen veya sabit bir nokta etrafında dönmesi ile oluşan dönme hareketinin birleşimi ile hareket oluşmaktadır. Kinetik mimarlık alanında da kullanılan bileşenler, temel olarak bileşen noktalarının ötelenmesi, bir eksen etrafında noktanın dönmesi veya her ikisinin de gerçekleşmesi sonucu hareket kabiliyetlerini kazanmaktadır. Yapılan literatür çalışmasındaki araştırmacılar, kinetik sistemlerde bu temel hareketlere göre veya bu hareketlerin bir arada uygulanarak ortaya çıkan hareketine göre sınıflandırma sunmaktadır. Araştırmacıların oluşturduğu farklı sınıflandırmalar bu alanın gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu tez kapsamında ise temel 2 hareketin kombinasyonları ile oluşan ve doğadaki hayvan hareketlerinde barizce görülebilen hareket türleri ele alınarak sınıflandırma oluşturulmuştur.

Biyomimikri üzerine çalışan Persiani'ye (2018) göre doğada bulunan hareket geometrisi;

- Örtüşme,
- Katlanma,
- Bükülme,
- Yuvarlanma,
- Dönme/Burulma,
- Burkulma,

- Uzama,
- Genişleme

olarak 8 temel başlık altında toplanmaktadır. Bu 8 ana harekete bağlı geometri, çok sayıda sisteme sahip canlılarda (bitkiden hayvana, küçük ölçekte mikro organizmalardan makro ölçekteki organizmalara, basit sistemlere sahip canlılardan karmaşık sistemlere kadar) görülebilmektedir. Tez kapsamında insanlığın sürekli olarak doğayı taklit ederek tasarım yapmasından dolayı doğada görülen hareket çeşitlerine göre kinetik mimarlık alanında sınıflandırma yapılması uygun görülmüştür.

Araştırmacıların hareket tipolojilerine göre yaptıkları sınıflandırmalarda kullanılan ifadeler çok geniş kapsamlı ve/veya burulma hareketinin karşılığı olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında hareket tipolojisi için önerilen sınıflandırmada, Persiani'nin hareket geometrisi kapsamında kinetik mimarlık alanında görülen veya görülmesi muhtemel olan 8 hareket geometrisi ele alınmıştır. Persiani'nin burulma olarak tanımladığı hareket tipolojisi, dönmenin bir sonucu ile ortaya çıktığı için aynı başlık altında verilmiştir. Literatürde bulunan kayma sınıflandırması Persiani'nin hareket tipolojilerinde görülmemesi nedeniyle yapılan sınıflandırmaya eklenmiş ve Persiani'nin örtüşme hareketi kayma hareketinin bir sonucu olarak ortaya çıktığından aynı başlık altında incelenmesi uygun görülmüştür (Tablo 7).

Literatür araştırmasındaki hareket gruplandırması (Tablo 4) ve kullanılan malzeme sınıflandırması (Tablo 6) incelendiğinde sınıflandırma maddelerinin birbirleri ile son derece ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple kinetik mimaride kullanılan malzeme özellikleri hareket başlığı altında verilmiştir. Bu iki sınıflandırma arasındaki ilişkinin daha iyi gösterilebilmesi adına kullanılan malzeme özellikleri, Adrover'in (2015) "rijit", "deforme olabilen", "esnek", "karma" başlıkları kullanılmıştır. Ancak, kinetik tanımında belirtildiği gibi hareketin, geri dönüştürülebilir olması gerektiğinden dolayı "deforme olabilen elemanlar" başlığı tez kapsamında oluşturulan sınıflandırma denemesinden çıkarılmıştır. Sonuç olarak oluşturulan hareket tipolojisi başlıkları:

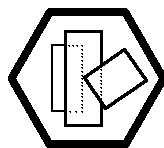
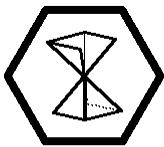
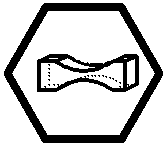
- Rijit (Katlanma)
- Karma (Örtüşme/Kayma, Dönme/Burulma, Yuvarlanma)
- Esnek (Bükülme, Genişleme, Uzama)

şeklinde oluşturulmuştur.

Tablo 7. Kinetik sistemin hareket tipolojilerine göre sınıflandırılması

Malzeme

Özelliği Hareket Simgesi Tanımı

RİJİT		Katlanma: En az iki parçanın ortak eksen etrafında birbiri üzerine kapanacak şekilde dönüş hareketinde bulunması olarak tanımlanabilir.
		Örtüşme/Kayma: Bir temel geometrinin bir düzlem boyunca ötelenmesi; özdeş veya farklı diğer geometriler ile belirli bir eksenle paralel düzlemler oluşturacak şekilde kayma hareketi sonucunda üst üste binmesi ile oluşan hareket olarak tanımlanabilir.
KARMA		Dönme/Burulma: Geometrik cismin, uzay düzleminde yönünün değişmesi; bir veya birden fazla yüzeyinin döndürülmesi sonucu, döndürülen yüzeye bağlı diğer yüzey veya yüzeylerin kompakt olacak şekilde deformasyonunu sağlayan hareket olarak tanımlanabilir.
		Yuvarlanma: Geometrik yüzeyin, bir eksen etrafında sarılması ile kompakt hale gelmesini sağlayan hareket olarak tanımlanabilir.
ESNEK		Bükülme: Geometrik şeklin köşe noktalarının birbirlerine göre uzay düzlemindeki koordinatlarının değişmesi sonucu geometri yüzeyinin kavisli bir şekilde deforme olması ile oluşan hareket olarak tanımlanabilir.
		Genişleme: Esnek yapıya sahip geometrik şeklin, iç hacimlerini artırarak yüzey alanını artırmasını sağlayan hareket olarak tanımlanabilir.
		Uzama: Hacimleri sabit olan geometrik şeklin bir doğrusal boyutunu kısaltarak diğer doğrusal boyutunu artırmasını sağlayan hareket olarak tanımlanabilir.

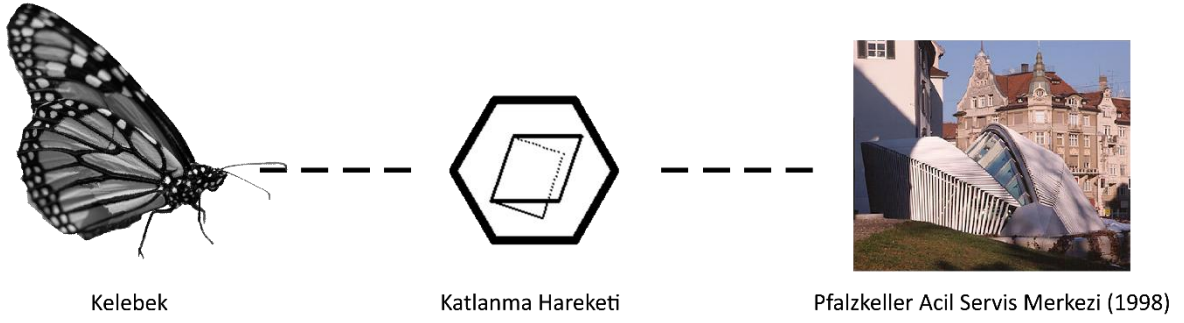
Tablo 7’de verilen Persiani’nin doğadaki canlılardan aldığı hareket geometrileri, kinetik mimarlık örneklerindeki hareketlerde görülebilmektedir. Bu yüzden kinetik mimarlık eserlerinin hareket sınıflandırılmasında kullanılabilir bir yöntem olduğu ileri sürülebilir. Bahsedilen hareket geometrileri dikkate alınarak yeni kinetik sistemlerin oluşturulmasında kullanılabilir.

Katlanma geometrisine örnek olarak, İsviçre’nin ST. Gallen şehrinde bulunan Pfalz Keller Acil Servis Merkezi verilebilir. Bu yapı, Santiago Calatrava tarafından tasarlanan kinetik mimarlık örneklerinden biridir. Calatrava, çevresinde bulunan tarihi bölgeyi bozmamak için tasarladığı yapıyı yerin altına inşa etmiştir. Yapının giriş kapısı ve ışık bacası işlevi gören çatısı yeryüzünde tasarlanmıştır. Çatı, iki ton ağırlığa sahip yedi santimetre kalınlığa sahip camdan ve camın dışını kaplayan kinetik elemandan oluşmaktadır (Şekil 29) (URL-30, 2022).



Şekil 29. Pfalz Keller Acil Servis Merkezi (URL-30, 2022)

Katlanma hareketi yapan kinetik eleman yeraltına tasarlanmış olan acil servise etkiyen ışık ve sıcaklığı kontrol edilmesini sağlamaktadır. Kelebek kanatlarının ortak bir eksen etrafında dönmesi sonucu katlanması bu örnekte kullanılan sistem ile aynı olduğu söylenebilir (Şekil 30).



Şekil 30. Katlanma hareket geometrisi örneği (URL 30 ve 31, 2022)

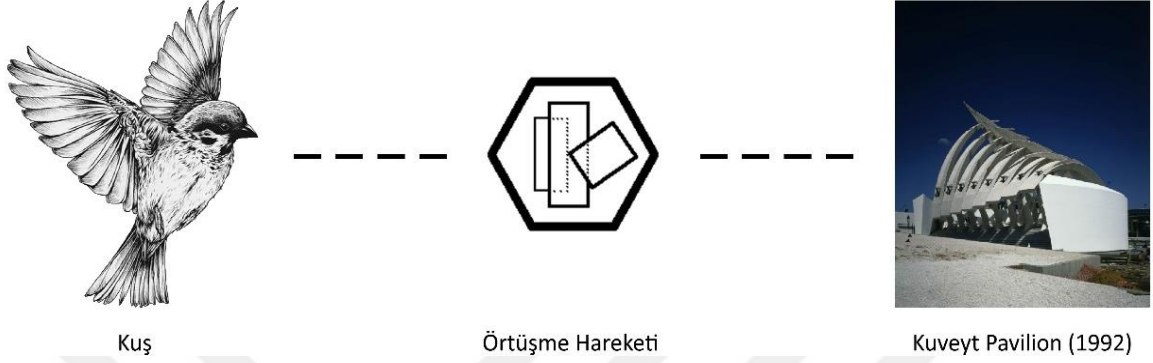
Örtüşme hareketine örnek olarak, İspanya'nın Sevilla şehrinde düzenlenen 1992 Dünya Fuarı için inşa edilen Kuveyt pavyonu verilebilir. Calatrava tarafından tasarlanan bu yapı, meydanın üzerine her biri 25 metre uzunluğunda, eğri yüzeylere sahip, hareket edebilir 17 kinetik eleman bulundurmaktadır. Tasarımın da ana konseptini oluşturan bu kinetik elemanlar, o yıllardaki fazla tanınmayan Kuveyt ülkesinin palmiye ağaç yapraklarının ve geleneksel törenlerde kullanılan eğri kılıcın (pala) şekillerinden ilham alınarak tasarlanmıştır. Her bir kinetik eleman, bilgisayardan önceden kurgulanmış 15 farklı yazılım kombinasyonu ile kendilerini 15 farklı şekilde yeniden konumlandırabilmektedir. Tam açık şekilde konumlandırıldığında Kuveytlilerin petrolün keşfinden önceki deniz tüccarları ve kaşiflerin gemilerinin yelkenini sembolize etmektedir (Şekil 31) (URL 27, 2022; Asefi, 2012).



Şekil 31. Kuveyt Pavyonu (URL-27, 2022)

Kuveyt pavyonunun örtüşme hareketi sonucu kapanmasıyla Sevilla'nın sıcak yaz günlerinde gölge sağlayabilecek işlevsel mimari bileşene dönüşebilmektedir. Kuş

kanatlarını açıp kapatırken kuşun kanatlarının sahip olduğu tüylerin, paralel olarak konumlanıp sonra tekrardan bir eksen üzerinde yeniden konumlanması, bahsedilen Kuveyt pavyonun hareket prensipleri ile örtüşmektedir (Şekil 32).



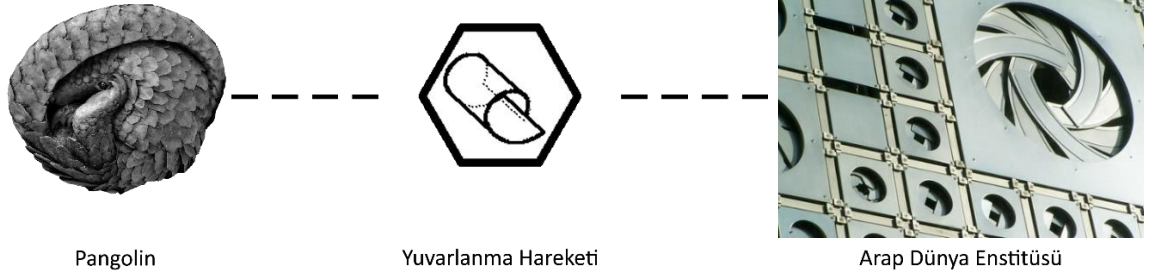
Şekil 32. Örtüşme hareket geometrisi örneği (URL 27 ve 29, 2022)

Yuvarlanma hareket geometrisi, İleri Düzey Kinetik Sistemler başlığında da sözedilen Arap Dünya Enstitüsü yapısı ile örneklendirilebilir. 1987 yılında Jean Nouvel, Architecture-Studio, Gilbert Lezenes ve Pierre Soria tarafından tasarlanan bu yapı, Fransa'nın Paris kentinde inşa edilmiştir. Yapının cephesi, tasarımında Arap ve Avrupa kültürlerinin yansıtıldığı Güneş ışığına duyarlı, farklı boyutlara sahip kinetik elemanlardan oluşmaktadır. Kinetik elemanı oluşturan bileşenlerin yuvarlanma hareketi sonucu boşluğun kapatılmasıyla, Güneş ışığını ve cephenin saydamlığını etkileyen sistem oluşturulmuştur (Şekil 33) (URL 5, 2022).



Şekil 33. Arap Dünya Enstitüsü cephesi (URL-34, 2023)

Pangolin hayvanının kendisi savunabilmesi amacıyla vücudunun zayıf alanlarını içe gelecek şekilde yuvarlanması Arap Dünya Enstitü binasında bulunan bu kinetik yapı elemanlarının hareket türüne benzemektedir (Şekil 34).



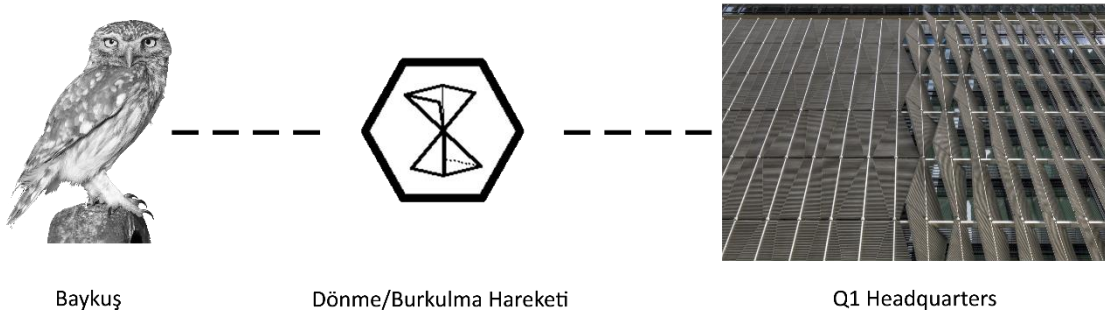
Şekil 34. Yuvarlanma hareket geometrisi örneği (URL 35 ve 36, 2022)

Persiani'nin "twisting" olarak adlandırdığı hareket türü Türkçe'deki karşılığı dönme ve/veya burulma kavramları olarak düşünülmüştür. Dönme hareket geometrisine örnek olarak verilebilen Q1 Headquarters yapısı, Chaix & Morel et Associés ve JSWD Architekten mimarlık büroları tarafından Almanya'nın Essen bölgesinde tasarlanmıştır. Işık bacalı atriyuma sahip yapı, bina içinde sahip olduğu bloklar arası sirkülasyonu asma kat ve yaya köprüleri ile sağlamaktadır. Yapının cephesinde yaklaşık 400.000 paslanmaz çelik lamellerinden oluşan kinetik elemanlar bulunmaktadır. Bu kinetik elemanlar, Güneşin konumuna göre dönme ve katlanma hareketleri ile yönlendirilmektedir. Bu yönelim sayesinde oluşan enerji tasarrufu, Alman Sürdürülebilir Bina Derneği (DGNB) tarafından altın sertifika ile ödüllendirilmiştir (Şekil 35) (URL-37, 2022).



Şekil 35. Q1 Headquarters (URL-38, 2023)

Kafasını en fazla 270° derece döndürebilen baykuş kuşunun boynunda bulunan kas yapısı bu dönme hareketi sonucu olan burulma etkisine de sahiptir. “Twisting” kelimesinin Türkçedeki dönme karşılığı göz önüne alınarak ve Q1 Headquarters yapısının dönme hareketine sahip olmasından dolayı bu geometriye örnek olarak verilebilir; fakat kinetik elemanın yapılmış olduğu malzemenin esnek olmaması burulma hareketinin gözlemlenmemesine yol açtığı belirtilmek durumundadır (Şekil 36).



Baykuş

Dönme/Burkulma Hareketi

Q1 Headquarters

Şekil 36. Dönme/Burkulma hareket geometrisi örneği (URL 38 ve 39, 2022)

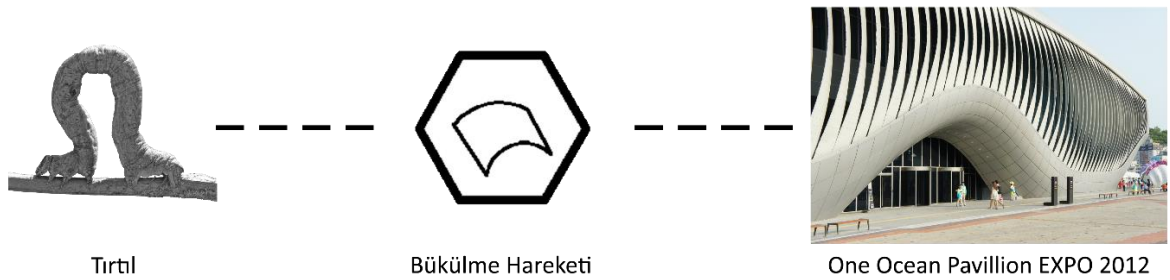
Bükülme hareket geometrisine örnek olarak, Avusturyalı mimarlık ofisi olan Soma Architecture tarafından EXPO 2012 için tasarlanan One Ocean pavyon yapısı verilebilir. Cephede kurgulanmış bulunan kinetik elemanlar sayesinde mimarlık alanında çokça tanınırlığa sahiptir. Yapı tasarlanırken ITKE Stuttgart Üniversitesi'nde biyolojik hareket

mekanizmalarının mimari ölçekte hangi yollar ile uygulanabileceğini araştıran bir araştırma projeden ilham alınarak balık solungacı şeklinde konsept oluşturulmuştur. Dikey doğrultuda tasarlanan kinetik elemanların, köşe noktalarının yer değiştirmesi sonucu bükülmesi amaçlanmıştır. Bükülme işleminin gerçekleşebilmesi için kinetik elemanlar, cam elyaf takviyeli polimerlerden üretilmiştir (Şekil 37) (URL-32, 2022).



Şekil 37. One Ocean Pavyonu (URL-32, 2022)

One Ocean Pavillion yapısındaki bu bükülme işlemi, tırtıl canlısının belirli bir yönde mesafe katetmesi amacıyla vücudunu bükme hareketi yapmasına benzemektedir. (Şekil 38).



Şekil 38. Bükülme hareket geometrisi örneği (URL 32 ve 33, 2022)

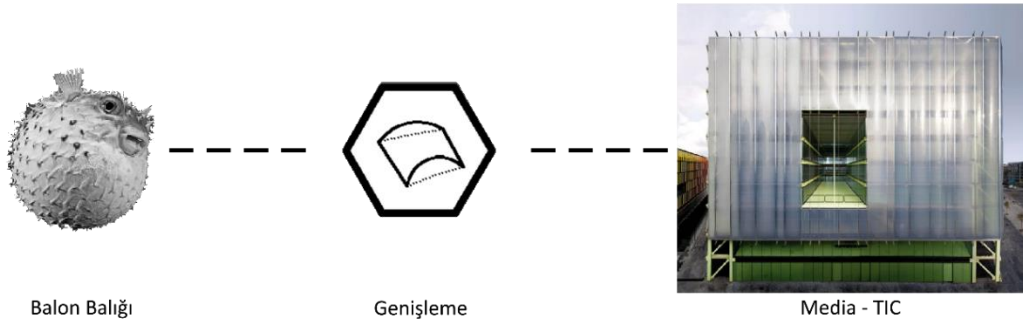
Genişleme hareket geometrisine örnek olarak İspanyol mimar Enric Ruiz-Geli tarafından tasarlanan Media-TIC binası verilebilir. İspanya'nın Barselona kentinde bulunan bu yapı iletişim teknolojileri merkezi olarak işlev kazanmıştır. Mimar, işlevi ile yapının karakteristiği uyuşması için çeşitli yazılımsal donanımlara bağlı kinetik yapı elemanlarına sahip şekilde yapıyı tasarlamıştır. CAD-CAM dijital yazılımları kullanılarak yapının enerji

verimliliğini artıracak kinetik elemanlar entegre edilmiştir. Yapının güney cephesinde kullanılan bu kinetik elemanlar tetrafloretilen malzemeden üretilmiştir. Güneş ışığı sensörlerine bağlı yazılım yardımıyla, cepheye vuran Güneş ışınlarını engellemek amacıyla cephe elemanının içine nitrojen doldurularak yoğun katman elde edilmektedir. Bu sırada şişen ve opaklaşan cephe, mekân içindeki ısı konforu sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Şekil 39) (URL 40 ve 41, 2022; Juaristi ve Monge-Barrio, 2016).



Şekil 39. Media-TIC (URL-41)

Balon balığının kendisini savunmak amaçlı hacmini artırarak genişlemesinin, Media-TIC yapısının sahip olduğu kinetik cephe elemanının ısı konforu için (bu hareket de bir nevi savunma olarak nitelendirilebilir) genişleme hareketini gerçekleştirmesi ile benzerlik gösterdiği savunulabilir (Şekil 40).



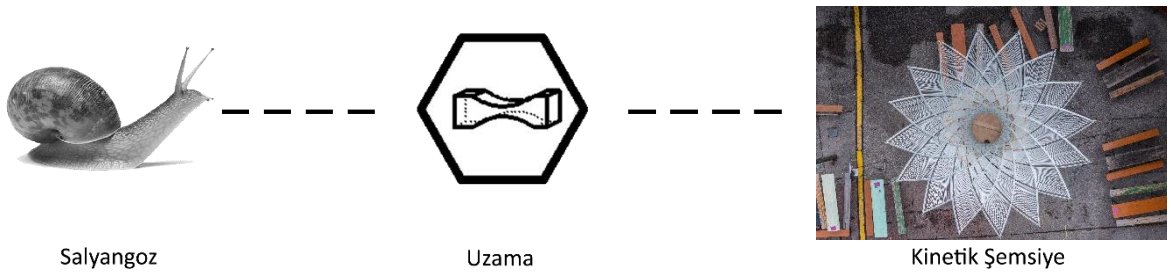
Şekil 40. Genişleme hareket geometrisi örneği (URL 41 ve 42, 2022)

Uzama hareket geometrisine örnek olarak, Almanya'nın Münih kentinde bir grup araştırmacı tarafından tasarlanmış kinetik şemsiye örnek olarak verilebilir. Yapının kendisini oluşturan, alüminyum kafes sisteminin hareket ettirilmesi ile tasarıma dinamizm kazandırılmıştır (Şekil 41).



Şekil 41. Kinetik Şemsiye (URL-43,2022)

Sistem hareket ederken, kafes sisteminin kirişlerine bağlı ve oluşturduğu boşlukları kapatan ince fiberglas lameller, esneyerek uzunluğunu artırması ve azaltması salyangoz canlısının da hareket amaçlı kullandığı esnek yapısı ile ilişkilendirilebilir (Şekil 42) (URL 44, 2022).



Şekil 42. Uzama hareket geometrisi örneği (URL 43 ve 44, 2022)

2.2.4. Çalışma Prensibine (Sistem) Göre Sınıflandırılma

Kinetik mimarlık ürünleri, çevresel etkileri kontrol ederek konfor sunma, enerji üretme ve/veya tüketimde azalma, esneklik sağlama, görsel çekicilik oluşturma, iletişim ve etkileşim gerçekleştirme amaçlarıyla kinetik sistemlerin mimari tasarımlara entegre edilmesiyle oluşmaktadır. Çeşitli aktivatör grupları tarafından aktifleştirilen kinetik sistemler yapıdaki hareketin oluşmasını sağlamaktadır. Bu kinetik sistemler; kontrol edilebilirliği, aktivatörün hareketteki rolü ve aktifleşme esnasındaki enerji kullanımına göre temelde aktif veya pasif olarak ikiye ayrılabilir.

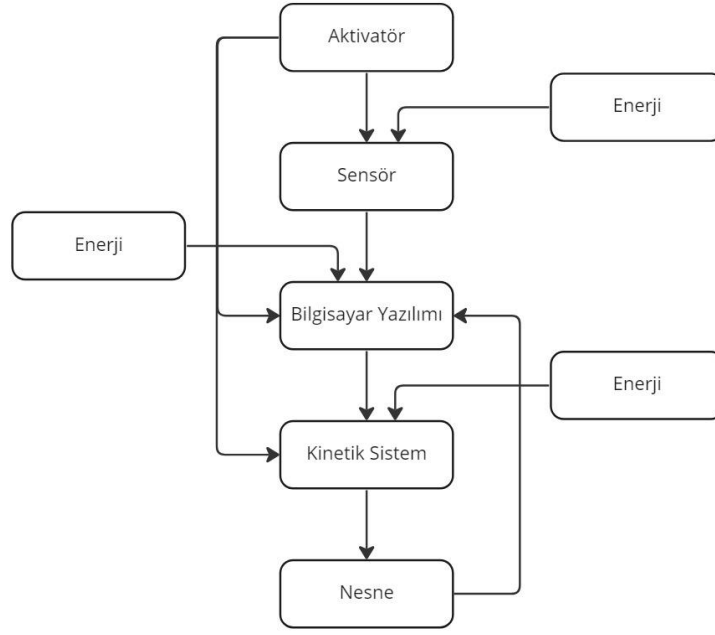
Tez kapsamında yapılan aktif-pasif sınıflandırması, literatür çalışması aşamasında bahsedilen (Tablo 2) Matın ve Eydgahi'nin (2022) aktif-pasif sınıflandırması temel alınarak üst başlıklar oluşturulmuştur. Duran'ın (2019) enerji gerektiren-enerji gerektirmeyen sistemler sınıflandırması, bu aktif-pasif sınıflandırma içinde çözümlenmiştir. Çakır'ın (2021) bahsettiği mekanizma sistemler, kinetik sistemlerin mekanik tasarımcının hayal gücüne göre çeşitlenebilmesi ve yapının diğer özellikleri ile ilişki kurulamamaktadır. Bu duruma bağlı olarak, mekanizma sistemlerinin örnek odaklı yorumlama yapılırken genellemelerde bulunulması sağlıklı olmayacağı düşünülmüş ve sınıflandırma denemesinin kapsamı dışında bırakılmıştır.

Fox ve Yeh'in (2000) kinetik sistemlerin kontrol yöntemlerinin incelemesinde bulunan "içsel kontrol", "duyarlı-dolaylı kontrol", "her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol" "dolaylı kontrol" ve "sezgisel duyarlı-dolaylı kontrol" "doğrudan kontrol" başlıkları aktif-pasif ana başlıkları altında değerlendirilmiştir. "Dolaylı Kontrol" başlığı hem aktif hem de pasif sistemlerde görülebilmesi sebebiyetiyle iki üst başlığın alt başlıklarında bulunmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Kinetik sistemin çalışma prensibine göre sınıflandırılması

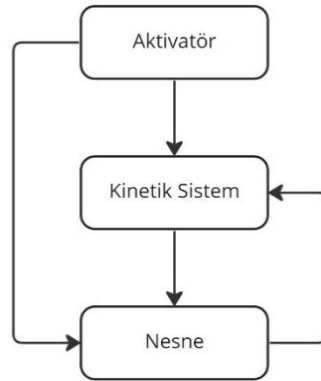
Üst Başlıklar	Alt Başlıklar
Aktif	İçsel Kontrol
	Duyarlı-Dolaylı Kontrol
	Her Yerde Bulunan Duyarlı-Dolaylı Kontrol
	Dolaylı Kontrol
	Sezgisel Duyarlı-Dolaylı Kontrol
Pasif	Doğrudan Kontrol
	Dolaylı Kontrol

Tasarlanan bu sınıflandırmanın içinde aktivatör bilgileri verilmemiştir. Bunun sebebi, canlı ve cansız aktivatörlerde yapılan gruplandırmanın aktif-pasiflik sınıflandırmasında oluşturulan gruplandırma ile kesişimini ayırmaktır. Bu sayede, daha okunaklı ve tekrar etmeyen bir sınıflandırma bütünü oluşturulması düşünülmüştür. Bu sebeple, aktif ve pasiflik sınıflandırması aktivatörden daha çok kullanılan kontrol yöntemine ve enerjiye dayandırılmıştır. Aktif olarak nitelendirilen kinetik sistemler, canlı aktivatörün doğrudan veya canlı/cansız aktivatörün elektrik enerjisi ile çalışan çeşitli sensörler veya yazımlar aracılığı ile kinetik sisteme dinamizm kazandırılmasını sağlayan sistemlerdir (Şekil 43). Aktif kinetik sistemler, çeşitli yazılımlar ile otonom kazandırılabilir, pasif durumda tutulabilir ve istenildiği zaman aktifleştirilebilir sistemlerdir. Bir başka deyişle aktif sistemler; hareket kabiliyetinin tamamen kontrol altında tutulabildiği kinetik sistemlerdir. Bu özelliklerinden dolayı, yapılagelmiş olan tüm kinetik mimarlık eserlerine bakıldığı zaman, kinetik mimarlık kapsamında aktif kinetik sistemlerin daha çok seçildiği öngörüsünde bulunulabilir.



Şekil 43. Aktif kinetik sistemin çalışma şablonu

Pasif olarak nitelendirilen kinetik sistemler, sensör sistemi bulundurmeyen, kontrolün çevresel aktivatörlere bağlı olduğu, kinetik sistemin hareket kontrolü tam olarak sağlanamadığı sistemler olarak tanımlanabilir (Şekil 44). Pasif olarak çalışan kinetik sistemler geleneksel malzeme ve akıllı malzeme olarak iki farklı türde ile farklı şekilde çalışabilmektedir. Aktif ve pasif üst başlıklarının alt başlıkları olan içsel kontrol”, “doğrudan kontrol”, “dolaylı kontrol”, “duyarlı-dolaylı kontrol”, “her yerde bulunan duyarlı-dolaylı kontrol” ve “sezgisel duyarlı-dolaylı kontrol” başlıkları literatür kısmında açıklanmış olup tekrar olmaması nedeniyle bahsedilmemiştir.



Şekil 44. Pasif kinetik sistemin çalışma şablonu

2.2.5. Malzemenin Türüne Göre Sınıflandırma

Yapılan literatür taramasında birçok malzeme ve sınıflandırma görülebilmektedir. Gelecekteki malzeme teknolojisinin değişiminin ön görüşünde bulunmak ise imkansızdır. Dolayısıyla bu tez çalışma kapsamında malzemeler “akıllı malzemeler” ve “geleneksel malzemeler” olarak ikiye ayrılmıştır. Malzemelerin davranış şekilleri olan rijit, esnek ve karma başlıkları ise hareket tipoloji başlığı altında incelenmiştir.

Özellikle son yüzyılda mimarlık alanında daha çok kullanılmaya başlanan form değiştiren malzemeler, termo-bimetal malzemeler, faz değiştiren malzemeler, elektro aktif polimer, şekil belleği müttefiki, şekil hafızalı polimer gibi akıllı malzemeler çevresel kinetik mimarlıkta pasif dinamizmi sağlamak amacıyla da kullanılabilmektedir (Heidari Matin & Eydgahi, 2019). Bu tür akıllı malzemelerin mimarlık alanında kullanılabilirliği malzemenin çevresel şartlara verdiği davranışa bağlıdır ve kinetik sistemlerde genellikle pasif şekilde çalışmaktadır. Malzemenin kimyasal, mekanik, termal, elektriksel veya manyetik özelliklerinin değişmesi ile hareket meydana gelir. Bu hareket çevresel değişiklikler ile gerçekleşmektedir (Addington ve Schodek, 2005).

Kinetik mimarlık kapsamında pasif sisteme sahip ve akıllı malzeme ile yapılan yapılara örnek olarak The Bloom pavyonu verilebilir (Şekil 45). Doris Sung ve ekibi tarafından 2011 yılında, ABD’de California eyaletinde tasarlanıp, hayata geçirilen The Bloom pavyonu, hiçbir yapay enerji kaynağına gerek duymayan kinetik bir sistem özelliği göstermektedir. Sahip olduğu 414 adet hiperboloid şeklinde tasarlanmış paneller, esere dinamizm kazandırmasının yanı sıra yapıyı ayakta tutabilecek strüktürel kabuk şeklinde tasarlanmıştır. Paneller, bi-metal karolar ve katlanmış alüminyum çerçeveleri ile kenetlenerek inşa edilmiştir. Panellere etki eden ısının artması, panelin dışarı doğru bükülerek açılmasına ve içindeki havayı serbest bırakabilmesine olanak sağlamaktadır. Isının düşmesi ile bu işlem tersine dönmüş olup havanın hapsedilmesine ve yalıtımın sağlanması gerçekleşmektedir (Şekil 46). Oluşturulan bu hareket nedeniyle pavyon, çiçeğin açma eylemi anlamına gelen “The Bloom” olarak isimlendirilmiştir (URL 45, 2023).



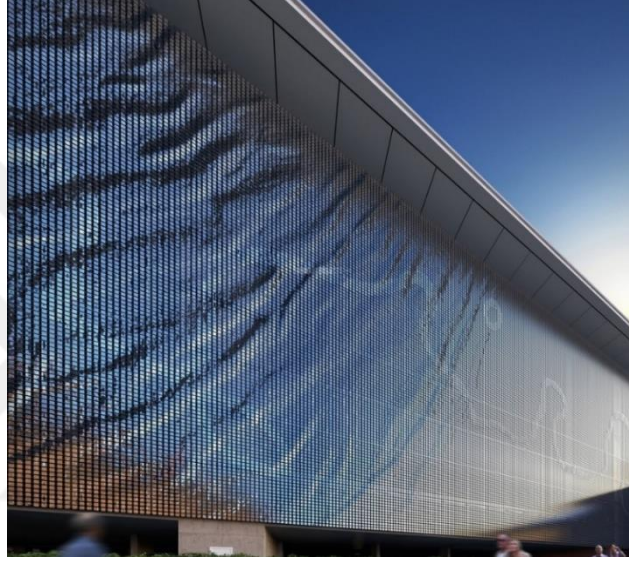
Şekil 45. The Bloom pavyonu (URL-45, 2023)



Şekil 46. The Bloom pavyonunun açılıp kapanan panelleri (URL-45, 2023)

Akıllı malzeme kullanmadan pasif olarak tasarlanan kinetik sistemler, geleneksel malzeme ile tasarlanan pasif sistemler olarak nitelendirilmiştir. Bu bağlamda, Ned Kahn

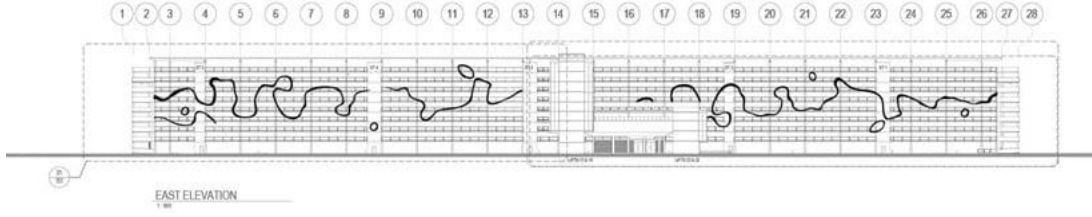
tarafından Brisbane Havalimanı otopark binasının cephesi için üretilen tasarım, bu tür kinetik sistemlere örnek olarak verilebilir (Şekil 47). 8 katlı otopark yapısının cephesi yaklaşık 5bin metrekare alana sahip 118.000 adet askıya alınmış alüminyum panel ile donatılmıştır (Şekil 48). Rüzgârın etkisiyle sallanan paneller, yapının cephesine dinamizm katmıştır (Şekil 49). Paneller arası boşluklar düzenli ve fark edilebilir düzeyde yakın yerleştirilmesinden dolayı yapının cephesinin harelenen bir perdeye benzemesi sağlanmıştır (URL 45, 2023).



Şekil 47. Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi (URL 46, 2023)



Şekil 48. Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi alüminyum panel detayı (URL 46, 2023)



Şekil 49. Brisbane Havalimanı kinetik otopark cephesi planlanan hare detayı (URL 46, 2023)

2.2.6. Cevap Verdiği Etkene (Aktivatör) Göre Sınıflandırılma

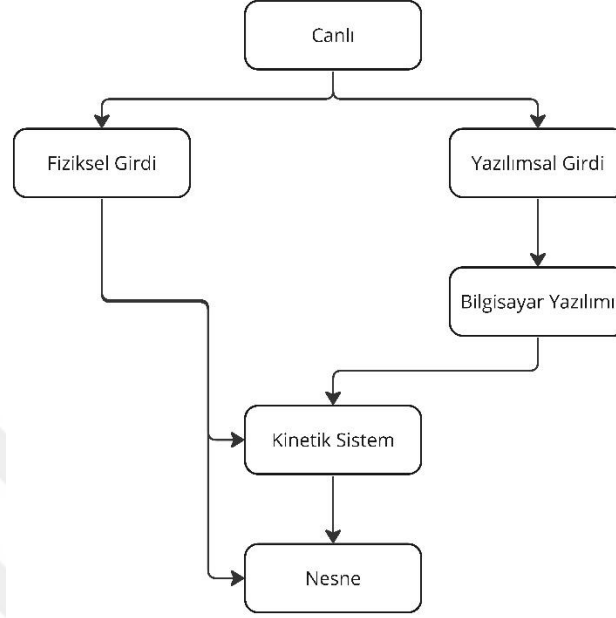
Kinetik sistemleri aktive edilebilmesi ve dinamizmin sağlanabilmesi için sisteme giriş yapılması gerekmektedir. Bu durumda kinetik sistemlere, bu girişi algılayacak elektronik sensörler, oluşturulan sisteme göre tasarlanan yazılımlar veya bu girişe cevap verebilecek mekanik sistemler entegre edilmektedir. Yapılan kinetik tasarımın amacına uygun olarak dizayn edilen algılayıcı/cevap verici sistem, aktivatörün etkisine girer ve bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde cevap oluşturarak dinamizmi tetikler.

Yapılan literatür çalışmasında incelenen sınıflandırmalarda kinetik mimari eserlerin aktivatörüne göre bir sınıflandırma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Kinetik yapının amaç ve çalışma prensibine dolayı kinetik sistemin cevap verdiği aktivatörlerin türü değişebilmektedir. Bu durumdan söz edilen sınıflandırma gruplarının arasındaki ilişkinin yorumlanması gerektiği çıkarımına varılmıştır. Bu bağlamda; kinetik sistemin cevap verdiği etken, tez çalışması kapsamında tasarlanan sınıflandırma denemesi başlıklarında yer alması önemli olduğu düşünülmüştür. Sistemin çalışmasını başlatan ve sistemin işlevini devam ettirmeyi sağlayan bu aktivatörler canlı ve cansız (çevresel aktivatörler) olarak 2 gruba ayrılmıştır.

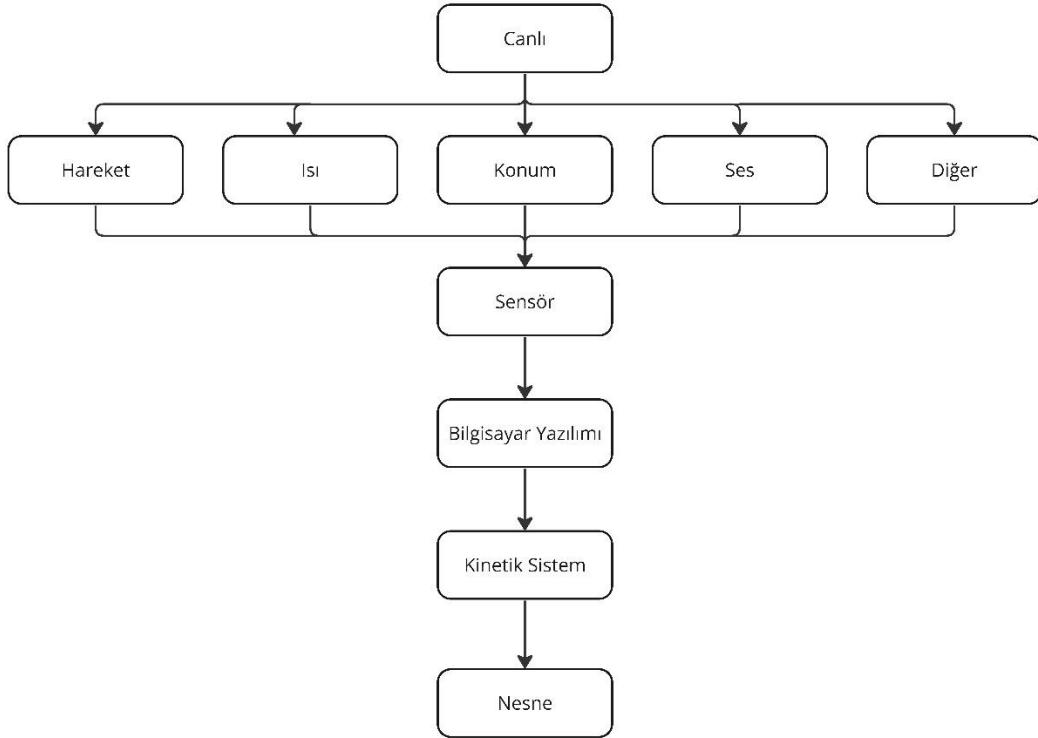
a) Canlı Aktivatörler:

İnsan, hayvan, bakteri gibi canlıların sahip olduğu fiziksel, biyolojik veya bilgisayar sistemine girdikleri yazılımların etkileri sonucu, kinetik mimarlığa entegre edilmiş dinamik sistemlerde hareket oluşturabilen aktivatörler, canlı aktivatör olarak sınıflandırılmıştır. Canlıların kinetik sisteme girdikleri fiziksel, yazılım ile oluşturdukları etki sonucu sensörsüz sistemi (Şekil 50) veya hareketlerini, sayısını, yaydıkları ısıyı, çıkardıkları sesi, sisteme olan

uzaklık/yakınlıklarını gibi fiziksel girdilerini algılayan sensörlü sistemi çalıştırabilmektedirler (Şekil 51).



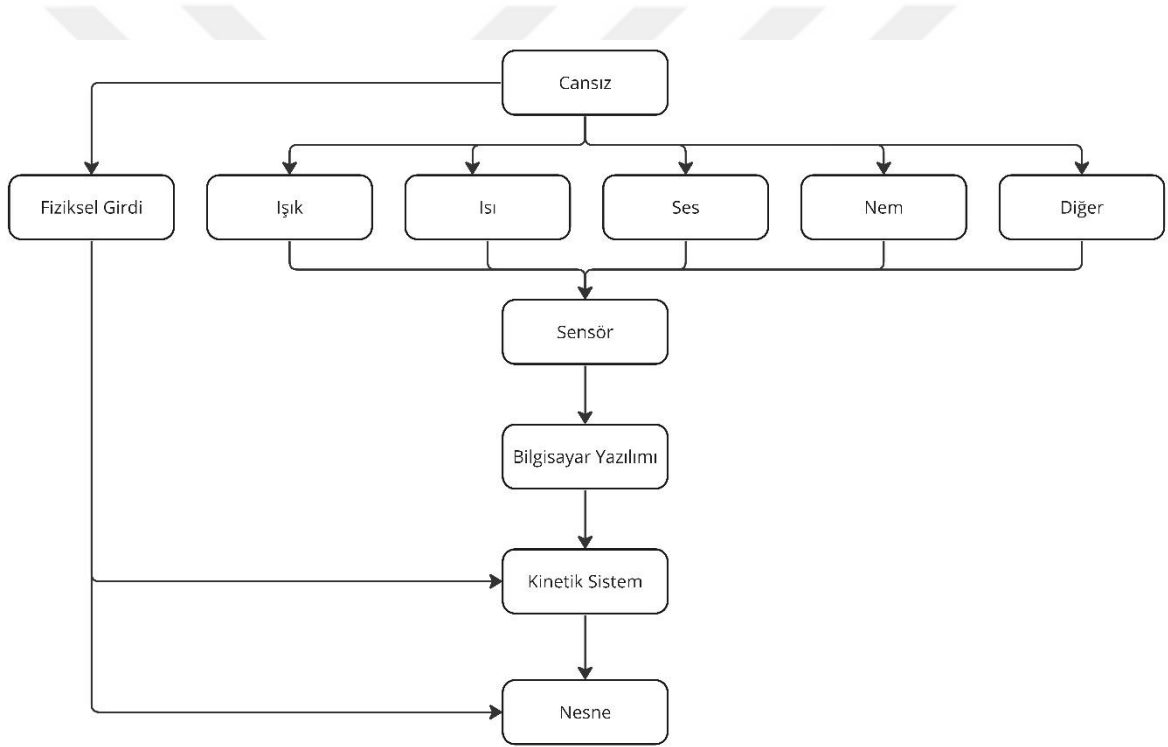
Şekil 50. Canlı aktivatörün sensörsüz sisteme girdi şablonu



Şekil 51. Canlı aktivatörün sensörlü sisteme girdi şablonu

b) Cansız (Çevresel Aktivatörler):

Nem, ısı, ışık veya havanın ve suyun sahip olduğu bileşenlerinin sayısı gibi ayırt edici özelliklere sahip çevreye bağlı (cansız) etkenlerin fiziksel veya yazılımsal etkileri sonucu, kinetik mimarlığa entegre edilmiş dinamik sistemlerde hareket oluşturabilen aktivatörler, çevresel aktivatör olarak sınıflandırılmıştır. Bu çevresel aktivatörler, kinetik sistemin sahip olduğu yazılıma göre veya yazılımsız olarak çalışan sistemlerin direkt olarak algıladığı otonom yazılım girdikleri fiziksel, yazılımsal bir etki sonucu veya yine bu canlıların hareketleri, sayısı, yaydıkları ısı, çıkardıkları ses, sisteme olan uzaklık/yakınlık gibi fiziksel çıktılarını algılayan sensörler ile mekanik sistemi çalıştırabilmektedirler (Şekil 52).



Şekil 52. Cansız aktivatörün kinetik sisteme girdi şablonu

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR 2

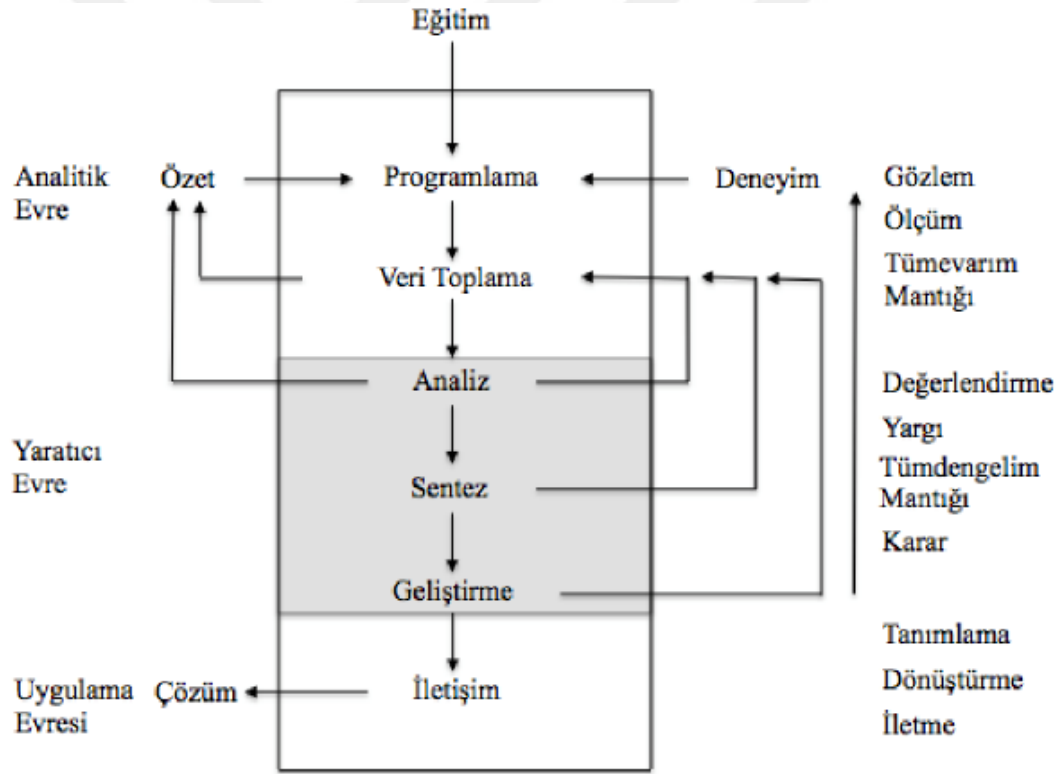
Tez çalışmasının bu kısmına kadar bahsedilen aşamalarda kısaca, kinetik mimarlığın etkilerinin neler olduğu, nasıl okunabileceği ve nasıl analiz edilebileceğinden bahsedilmiştir. Bu kapsamda insan-mekân-teknoloji kavramlarının kinetik mimarlıkla arasındaki bağlantılar açıklanmıştır. Yapılan sınıflandırma denemesi ile var olan eserler üzerinden birimsel analizin veya kinetik mimari eserlerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucu oluşan yorumların sistematik bir şekilde yapılması ve verinin okunabilirliğini artırarak toplanılması üzerinde odaklanılmıştır. Bu aşamada ise kinetik mimarlık alanında bir tasarım süreci denemesi yapılması ve bu sayede tasarım aşamasında karşılaşılan basamakların ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

Genel olarak tasarım probleminin giderilmesi için oluşturulan kısıtlama ve gereksinimler alanlara göre farklılık göstermektedir. Bu sebeple tasarıma yönelik farklı yaklaşımlar ve çözümler oluşmaktadır (Avinç, 2016). TDK'nın tasarım için kullandığı "bireyin zihninde canlandırılan biçim" tanımlaması (URL-47, 2023) ele alınırsa, tasarıma giden yol (tasarımcının bilgi ve deneyimine göre) tasarımcıdan tasarımcıya değişebilmektedir. Tasarıma giden yol, problemin belirlenmesi, problem çözümü araştırılması ve problemin çözülerek tasarıma ulaşılmasını içermektedir. Bu süreç tasarım süreci olarak tanımlanmaktadır. Kinetik mimarlık tasarım denemesinde de bu süreç temel olarak aynı aşamalardan geçmektedir.

Tez kapsamında üretilen tasarım denemesi; tasarımı stratejisini belirli bir sistematığe oturtan araştırmacılardan biri olan Archer'ın (1965) ortaya koyduğu model (Şekil 53) ve Megahed (2017) kinetik mimarlık tasarım stratejisi (Şekil 54) aşamaları ele alınarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Tasarıma geçilmeden önce Archer'ın tasarım süreci ve Megahed'in kinetik mimarlık tasarım stratejisi tanıtılmıştır. Daha sonrasında tasarıma giden yol, Megahed'in (2017) kinetik mimarlık tasarım stratejisi evreleri referans alınarak başlıklar halinde açıklanmıştır.

Archer'ın (1965) öne sürdüğü tasarım süreci analitik evre, yaratıcı evre ve uygulama çözüm evresi olarak 3 ana başlıktan oluşmaktadır. Analitik evrede programlama ve veri toplama aşamalarından oluşmaktadır. Programlama aşaması daha çok problem tanımı, çalışma planı gibi işlemler olarak tanımlanmıştır. Veri toplama aşaması ise bağlamla ilgili verilerin toplanmasını içermektedir. Analitik evreye dış girdi olarak tasarımcının deneyim,

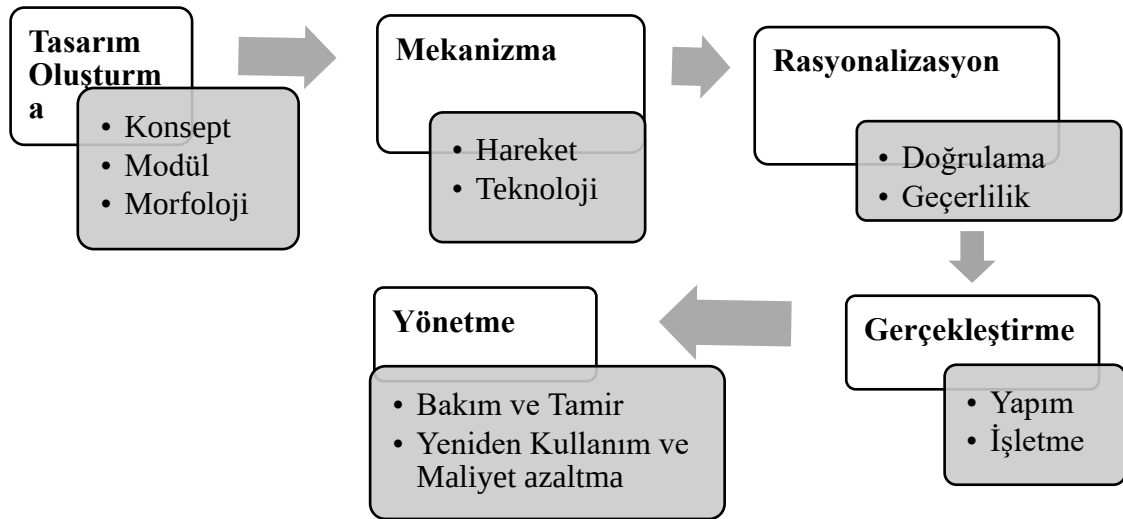
eğitim ve yaratıcı evredeki çıktıların özet olarak belirlenmiştir. Yaratıcı evrede analiz, sentez ve geliştirme aşamalarından oluşmaktadır. Analiz aşaması, problem belirlenmesi, tasarım kriterlerinin oluşturulması, toplanan verilerin ilişkilendirilmesi, gereksinimlerin ortaya konması gibi çeşitli işlemler olarak tanımlanmıştır. Sentez aşaması daha çok analiz sonucu çıkarımların oluşturulma işlemi olarak tanımlanmıştır. Geliştirme aşaması, seçilen tasarım kararının geliştirilmesi, test edilmesi ve çeşitli değerlendirmeler sonucu son tasarım kararları alınması işlemlerinden oluşmaktadır. Son evre olan uygulama evresi ise iletişim aşamasından oluşmaktadır. Bu aşama tasarımın dokümantasyonu ve uygulama projesinin hazırlanması işlemlerinden oluşmaktadır. Archer'ın bu tasarım süreci geri besleme döngüsüne (feedback) sahiptir. Yaratıcı evrede bulunan her bir aşamada ele alınan veri analitik evre için bir girdi olabilmektedir (Avinç, 2016).



Şekil 53. Archer Tasarım Süreci (Çeviren; Avinç & Vural, 2020)

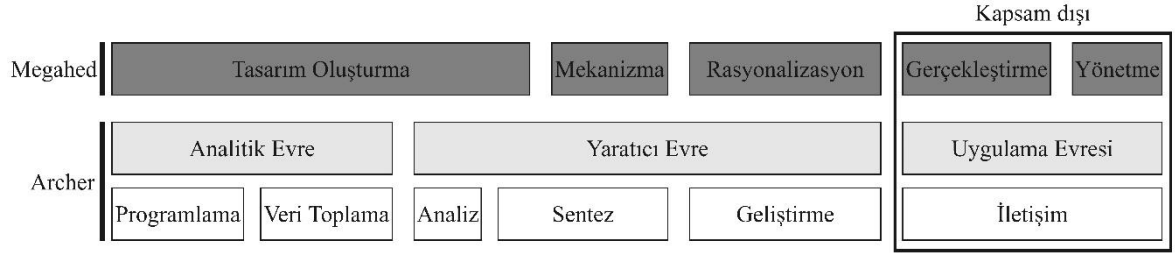
Megahed'in (2017) kinetik mimarlık özelinde geliştirdiği tasarım stratejisindeki evreler öncelik sırasına konulmuştur. Megahed bu tasarım stratejisini tasarımcının bir sonraki evreye geçmesi için her bir evrede bulunan aşamalarda bir veya birden fazla seçeneği seçebilecek bir sistem olarak tasarlamıştır. Bu sistem; tasarımı oluşturma, mekanizma,

rasyonalizasyon, gerçekleştirme ve yönetme olarak 5 evreden oluşmaktadır. Bu evrelerdeki aşamalarla, tasarımcının tasarlama aşamasında seçmesi gereken opsiyonlar veya yapılması gereken işlemler belirtilmektedir. Tasarım oluşturma evresi konsept, modül ve morfoloji olarak 3 aşamadan oluşmaktadır. Konsept aşaması fonksiyon ve estetik temelli olarak ikiye ayrılmıştır. Modül aşaması genişleme, esneklik, taşınabilirlik, taşıma ve konuşlandırma olarak 4 ayrı seçenekten oluşmaktadır. Morfoloji aşaması ise form ve yapı olarak ikiye ayrılmaktadır. Tasarım oluşturma evresi içerik bakımından Archer'ın analitik evresini kapsamaktadır. Kinetik tasarımın hareket sisteminin oluşturulmasını sağlayan mekanizma evresi, hareket ve teknoloji aşamalarından oluşmaktadır. Hareket aşaması hareket tipi, hareketi oluşturacak araçlar ve kinetik elementlerden oluşmaktadır. Teknoloji olarak hesaplama ve kontrol mekanizması olarak ikiye ayrılmaktadır. Rasyonalizasyon evresi, dinamik ve statik testlerin bulunduğu, doğrulama ve tasarımın hangi zamana yönelik oluşturulduğu bilgisini içeren geçerlilik aşamasından oluşmaktadır. Gerçekleştirme evresi yapım ve işletme olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Yapım aşaması için yapısal yenilik ve gelişmiş materyal olarak iki opsiyon sunulmuştur. İşletme aşamasında ise üretim, tedarik, montaj, yürütme ve güvenlik seçenekleri bulunmaktadır. Bu kinetik tasarım stratejisinin son evresi olan yönetme evresi bakım-tamir ve yeniden kullanım-maliyet azaltma aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 54).



Şekil 54. Megahed'in kinetik mimarlık tasarım stratejisi (Megahed, 2017)

Megahed'in (2017) kinetik tasarım stratejisinin ve Archer'ın (1965) tasarım sürecinin kesiştiği temel noktalar Şekil 55'te verilmiştir. Araştırılan iki araştırmacının öne sürdüğü tasarım evrelerinden yola çıkılarak kinetik mimarlık tasarımı oluşturulmasında sonuca giden yol diğer tasarım türleri ile benzeşmektedir. Bazı evrelerde alınan kararlar kinetik mimarlık özelinde derinleşmekte olduğu ve bunun tasarım sürecine yansıdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 55. Megahed tasarım stratejisi ve Arthur'un tasarım süreci

Yapılan tasarım süreci denemesi, Megahed'in (2017) kinetik mimarlık tasarım stratejisi evreleri ve Archer'ın verdiği detaylar kullanılarak yürütülmüştür. Oluşturulan program sırasıyla; tasarımın oluşturulması, modelleme aşaması, yazılım aşaması ve simülasyon aşaması şeklinde planlanmıştır. Şekil 55'te kapsam dışı olarak belirtilen evrelerin kinetik tasarımın sürdürülebilirliğinin artırılması ve ekonomik yönden irdelenmesi için önemli bir aşama olduğu tespit edilmiştir. Ancak; tez kapsamında üretilecek olan kinetik ürün bu evredeki aşamalarındaki performansının incelenmesi için kinetik mimarlığın da makine, elektrik, elektronik gibi multidisipliner yapısına bağlı olarak gereği çok fazla detay bilgi gerekmesinden dolayı bu evreler, tez kapsamında değerlendirilmemiştir.

3.1. Tasarımın Oluşturulması

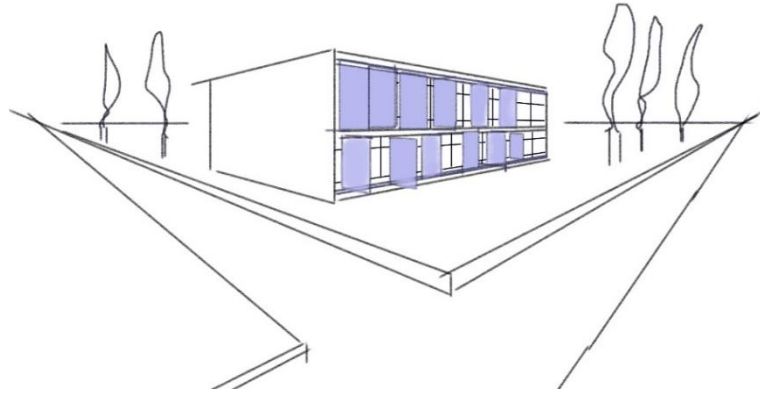
Çalışmanın bu kısmında kinetik tasarım denemesi Archer'ın (1965) sunduğu tasarım sürecindeki analitik evrenin programlama ve veri toplama aşamaları üzerinden anlatılmıştır.

1973 petrol krizi ile ilk kez ileri sürülen sürdürülebilirlik kavramının kinetik mimarlık üzerindeki etkisi azımsanmayacak şekilde devam etmektedir. Bunun temel sebebi kinetik sistemlerin bir canlı gibi çevreye uyum sağlama yeteneklerinden kaynaklıdır. Gelecekte yaşanabilecek enerji krizlerinde kinetik mimarlığın daha çok gündeme gelebileceği öne sürülebilir. Bu bağlamda, oluşturulan kinetik tasarım denemesi sürdürülebilirlik üzerine

odaklanılıp, iç mekâna düşen Güneş ışını oranını kontrol eden bir sistem olarak düşünülmüştür.

Tasarlanan kinetik sisteminin çevresel faktörler ile bağlam üzerinden değerlendirilebilmesi için belirli bir konum seçilmesi düşünülmüştür. Yapılacak olan incelemelerde doğruluk payının yüksek olması için yıl içindeki ortalama sıcaklık ve güneşli gün sayısının fazla olan iklim verileri kullanılması gerektiği düşünülmüştür. Bu bağlamda verilerin de kolay bulunabilmesinden dolayı tasarımın oluşturulacağı yer olarak Antalya ili seçilmiştir. 1930-2022 yılları arasında ölçülen Antalya iklim verilerine göre verilere göre Antalya ilinde yıllık ortalama sıcaklık 18,8 °C'dir. Yaz ayları ortalama sıcaklığı 27,4 iken kış ayları ortalama sıcaklık 10,8 °C'dir. Aynı zamanda, Antalya ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,2 saattir. Yaz aylarında bu süre ortalama 11,5 iken kış aylarında 5,3 civarındadır (URL-48, 2023). Archer'ın veri toplama aşaması, bahsedilen bu verileri de içeren "epw" uzantılı dosyaların analiz programlarına girdi olarak işlenmesi için toplanarak tamamlanmıştır. Böylece tasarımın neden yapıldığı, çalışma planı ve veri toplama aşamaları tamamlanarak analitik evre süreci bitirilmiş ve yaratıcı evre sürecine geçilmiştir.

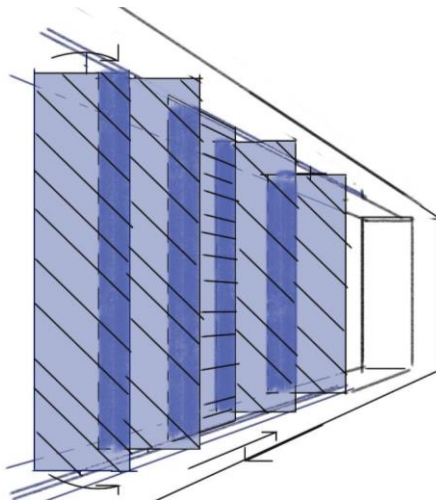
İç mekâna giren Güneş ışığının kontrol edilebilmesi amacını gerçekleştirilebilmesi için kinetik sistemin cephe boyunca paneller ile tasarlanması düşünülmüştür. Böylece iç mekâna düşen Güneş ışınının kontrolü sağlanarak ısı konforu ve sürdürülebilirliğin oluşturulması amaçlanmıştır (Şekil 56).



Şekil 56. Tasarım Eskizi

Çalışmanın bu kısmında kinetik tasarım denemesi Archer'ın (1965) sunduğu tasarım sürecindeki yaratıcı evre evrenin analiz, sentez ve veri geliştirme aşamaları üzerinden anlatılmıştır. Tasarım oluşturma evresinde bahsedilen Antalya iklim verileri incelendiğinde,

iç mekanlarda ısı konforu göre istenilen Güneş ışığının ortamı girme oranının aylara göre değıştiğı çıkarımına varılabilmektedir. Kış aylarında sıcaklığın ortalama 10,8 °C olması ve ortalama güneşlenme süresi 8,2 saat olması Güneş ışınlarının ortama girmesinin istenmesine; yaz aylarında sıcaklığın ortalama 27,4 °C' olması ve ortalama güneşlenme süresinin 11,5 saat olması Güneş ışınlarının ortamdaki uzaklaştırılmasının istenmesine sebebiyet vermektedir. Bu durumu çözülmesi için cephede kurgulanan güneş kırıcı sisteminin kendi ekseninde dönme ve cephe doğrultusunda istenilen yönde kayma/örtüşme hareketi yapması düşünülmüştür. Bu hareketler ile tasarlanan güneş kırıcı panellerin, yapının bütün cephesinde uygulanmasından kaçınılarak istenilen bölgede istenilen miktarda ışığın ortama geçmesine olanak sağlayabilmektedir. Amaca yönelik ve uygulanacak yerin yani cephenin fiziki imkanları göz önüne alınarak, opaklığın iç mekânın istenilen bölgesinde olması için tasarlanan panellerin yatayda hareket etmesi düşünülmüştür. Belirli bölgelerde opaklığın artırılması veya kısmen kaldırılması için tasarlanan panellerin kendi eksenleri etrafında dönme hareketi yapması uygun görülmüştür. Panellerin kayma hareketi yapabilmeleri için hareket doğrultusunda düzlemde raylar tasarlanmıştır. Örtüşme işlemini yapabilmesi, panellerin üst ve alt raylarla birleştiğı kısımda birbirlerinden bağımsız hareketli elaman konulması düşünülmüştür. Bağımsız kinetik elemanlar kendi eksenleri etrafında dönerek panellerin birbirleri arasında paralel olarak konumlandırdıktan sonra birbirlerine doğru hareket etmesiyle örtüşme hareketini tamamlamaktadır. Böylece, panellerin cephenin kör noktalarında istiflenmesi sağlanabilmektedir veya iç mekânda istenilen bölgede konumlandırılıp istenildiğı derecede gölgeleme sağlanabilmektedir (Şekil 57).



Şekil 57. Kinetik Cephe Elemanı Eskizi

Tasarım denemesinde dönme hareketinin etkilerinin iç mekanda doğru hesaplanabilmesi için burulma yaşanmadan gerçekleştirilmesi düşünülmüştür ve tasarımda geleneksel rijit malzeme kullanılması uygun görülmüştür. Bu bağlamda kompozit paneller tercih edilmiştir. Böylece Megahed'in (2017) kinetik mimarlık tasarım stratejisinin tasarım oluşturma aşaması da tamamlanmıştır.

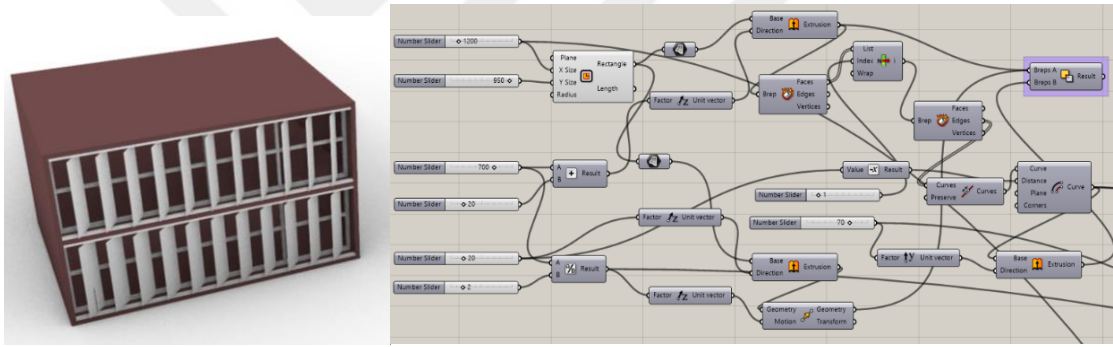
Megahed'in mekanizma aşamasına gelinirse; tasarlanan kinetik tasarım denemesinde belirlenen amaca yönelik sistemin başlatılması için sistemin girdileri, cansız aktivatörler (sıcaklık ve Güneş ışığı) tarafından olmasına karar verilmiştir. Çevresel girdilerin algılanarak yapıda bir cevap oluşturulması, kontrol edilebilirliğin sağlanması ve canlı müdalesine açık olması amacıyla sistemin aktif olarak tasarlanması düşünülmüştür. Bu doğrultuda yapılacak olan aktif sistemin, aktivatörlerden gelen girdilerin değerlendirilerek harekete yansıtılması için Fox ve Yeh'in (2000) duyarlı-dolaylı kontrol tanımına göre tasarlanması gerekmektedir.

3.2. Modelleme Aşaması

Archer'in geliştirme aşamasına gelindiğinde, tasarımın ilk olarak sanal ortamda kurgulanması düşünülmüştür. Sanal ortamda oluşturulan kinetik tasarımlar, tasarlanan yapının hareketli parçalarını veya işlevlerini simüle etmelerine ve tasarımın nasıl çalışacağını anlaşılmaya yardımcı olmaktadır. Kinetik mimarlık, mimari yapıların hareket yoluyla tasarlanması ile ilgilenen bir alan olduğundan dolayı kinetik mimarlık modellemeleri yapılırken tasarımcıya anlık hareket değişimini gösterebilecek çeşitli programlar kullanılabilir. Bu doğrultuda Rhino 3D ve eklentisi Grasshopper kullanılmıştır. Bu programın ve eklentisinin kullanılmasındaki temel sebep parametrik tasarımın getirdiği çeşitli avantajlardan yararlanmaktır. Tez kapsamında üretilen kinetik tasarım denemesinin değişken girdilerinin parametre olarak giriş yapılabilmesi gerekmektedir. Bu değişken girdilerin yapı ile ilişkisinin kurulması, Grasshopper eklentisinin parametrik tasarım olanağı ile sağlanabilir. Parametrik tasarım, geleneksel çizim yöntemlerinin sınırlarını daha da genişleterek sınırsız sayıda sınırlılık oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Bu durumda oluşturulan tasarım, çeşitli parametrelerin değişiminin tasarıma yansması kısa zamanda gerçekleşerek sonuç ürününün görülmesine yardımcı olmaktadır. Tasarlanan parametrik kurgunun, feedback sistemi ile tekrardan ele alınabilmesi tasarım sürecinin kısa bir zaman

aralığında tamamlanmasını da sağlamaktadır. Kinetik tasarımda kullanılabilecek diğer programlar ve özellikleri ise bulgular kısmında bahsedilmiştir.

Tasarlanan kinetik cephe elemanının 12mx9.5m taban ölçüleri olan kat yüksekliği 3,5m'den 2 katlı işlev olarak açık ofis birimlerinden oluşan bir kütleye entegre edilmesi düşünülmüştür. Oluşturulan senaryoya göre tasarım denemesinin konumlandırıldığı arazi Dünya'nın kuzey yarım küresinde olduğu için tasarlanan kinetik elemanların yapının sadece güney cephesine uygulanmasına karar verilmiştir. Tasarlanan paneller 3,1 metre yüksekliğinde tasarlanmıştır. Böylece kat yüksekliğini tamamen kapatılması sağlanmıştır. Panelin genişliğin ise 50 santimetre olarak tasarlanarak birden fazla panelin oluşturacağı farklı dönme açıları ile ışığın iç mekâna istenilen derecede girmesine imkân sağlaması düşünülmüştür. Bu bağlamda modelleme gerçekleştirilmiş olup Grasshopper'da oluşturulan parametrelerin bir kısmı ve parametreler sonucu oluşan model Şekil 58'de gösterilmiştir.

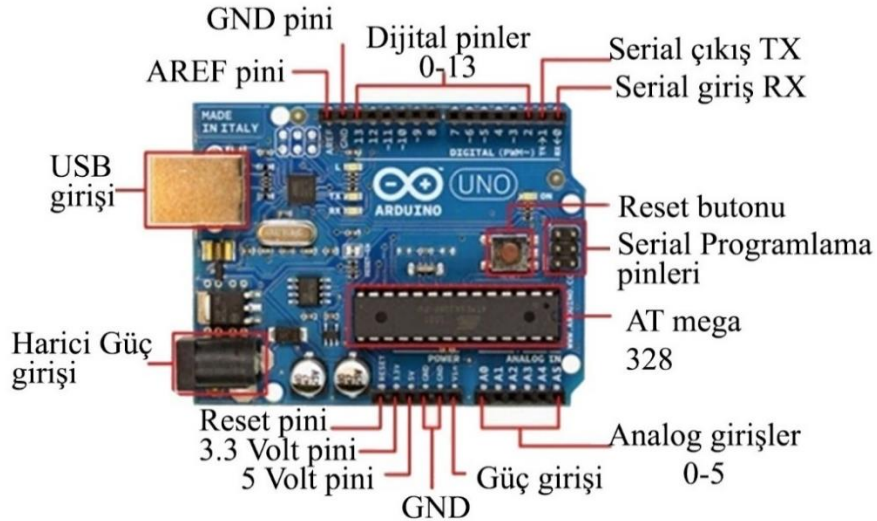


Şekil 58. Kinetik tasarım denemesi modeli

3.3. Yazılım Aşaması

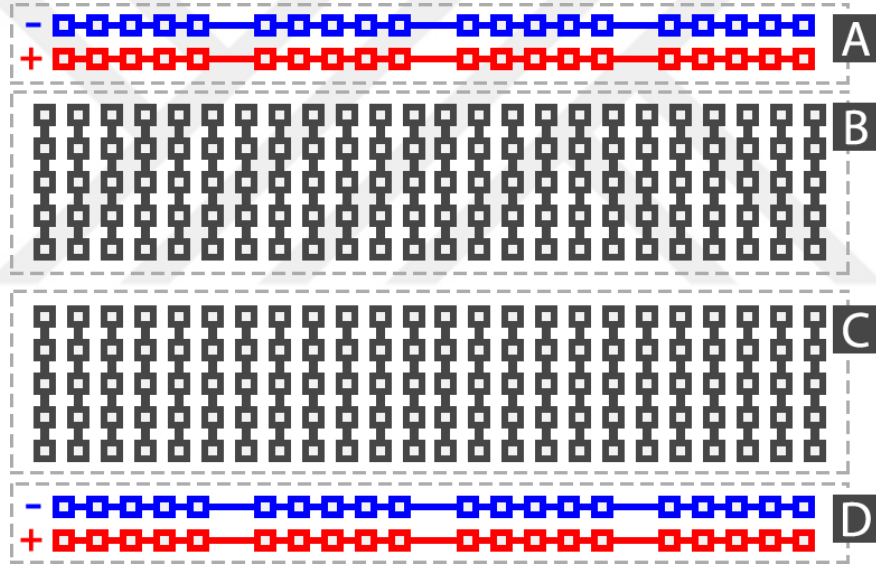
Hareketi tetikleyecek çevresel verilerin parametre olarak programa girilebilmesi için birçok geliştirme kartı kullanılabilmektedir. Tez kapsamında Arduino UNO geliştirme kartı kullanılmıştır (Şekil 59). Arduino, içerisinde dahili olarak çalışan mikrodenetleyiciye sahip açık kaynak kodlu bir geliştirme kartıdır. Bu geliştirme kartı sensörlerden gelen verileri okuyabilmekte ve bu verilere göre elektronik cihazlarda mikroçipin programlanmasıyla verilerin çeşitli araçlara aktarılmasını sağlayabilmektedir. Arduino geliştirme kartının çalışması için gereken güç USB hattı veya harici güç kaynakları ile sağlanabilmektedir. Tez kapsamında kullanılan Arduino UNO kartının üzerinde 14'ü dijital pin, 6'sı analog pin olmak üzere 20 adet bağlantı mevcuttur. Dijital pinler verilerin aktarılması konusunda giriş

ve çıkış olarak iki şekilde kullanılabilinmektedir. Her bir dijital pin 5 Volt ile çalışmakta ve maksimum 40 miliamper çekebilmektedir. 0'dan 13'e kadar numaralandırılan bu dijital pinlerden ilki veri alıcı RX, ikincisi veri yayıcı TX pinleri bilgisayar ile bağlantı kurulumuna ve program yüklenmesini sağlamaktadır. Numarası 3,5,6,9,10 ve 11 olan pinler PWM pinleri olarak nitelendirilmektedir. Bu pinler analog dönüşüm işlemlerinde kullanılmakta ve tez kapsamında da kullanılacak olan LED ve motor hızının kontrolünü edilmesine imkân tanımaktadır. Analog A0'dan A5'e kadar numaralandırılmaktadır. Bu pinler 0 ve 1023 arasındaki veri değerlerini okuyabilmektedir. Arduino UNO geliştirme kartında Vin, 5V, 3.3V, GND pinleri olmak üzere 4 çeşit enerji pini bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan Vin pini, geliştirme kartının çalışması için harici enerji kaynaklarından gelen 7 ila 12 volt arası gerilimi almaktadır. 5V pinlerde 5 voltluk çıkış alınmaktadır ve genellikle 5 volt isteyen sensörler bu pine bağlanarak onları beslemektedir. 3.3V pinler Arduino regülatörü sayesinde devredeki 3.3 volt ile çalışan bileşenlerin besleme pinidir. GND pini ise kurulan devrenin tamamlanmasını sağlayan gerekli topraklama işlemini gerçekleştiren pindir. Kartta On LED, RX/TX LED'leri ve L LED pini olmak üzere 4 adet LED bulunmaktadır. On LED, kartın aktif olup olmadığını göstermektedir. RX ve TX LED'leri haberleşme LED'leri olarak tanımlanmaktadır. Haberleşme aşamasında veri alışverişinin yapıldığını kullanıcıya göstermek için yanıp sönmektedir. Bunların haricinde Arduino kartının tekrar başlatılmasını sağlayan (resetleyen) Reset pini de bulunmaktadır (URL-49, 2023; URL-50,2023).



Şekil 59. Arduino geliştirme kartının yapısı (URL-50, 2023)

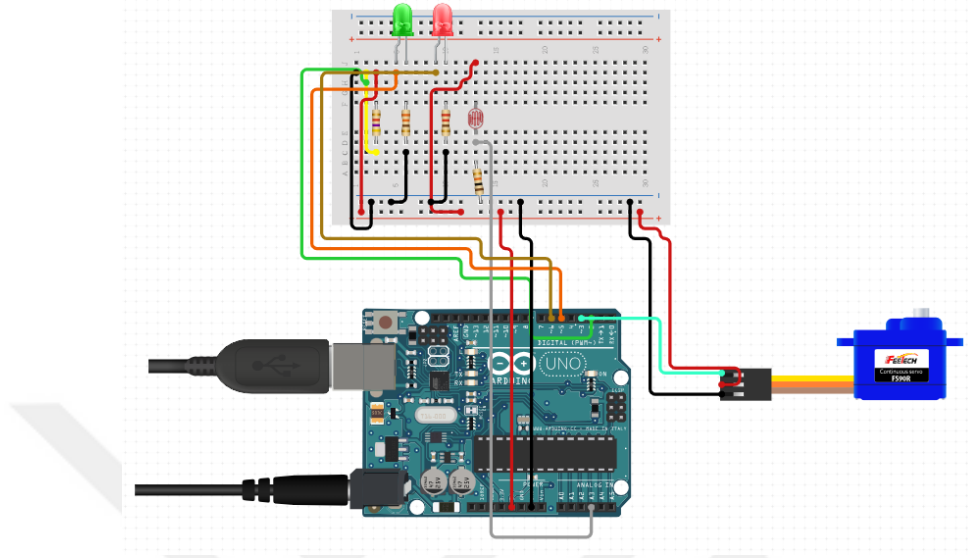
Tez çalışması kapsamında oluşturulan kinetik mimari tasarım denemesinde, Arduino geliştirme kartına bağlanacak olan devrelerin lehimlenmeden breadboard üzerinden denenerek test edilmesi düşünülmüştür. Breadboard, tasarlanan devrelerin tak-çıkart denemeleri ile test edilmesine olanak sağlamaktadır. Breadboard'ın iç yapısı yatay ve dikey yönde birbirlerine paralel dizilmiş metal kısıkaçlardan oluşmaktadır. İletken yapıya sahip bu metal kısıkaçların üstlerinde elektronik bileşenlerin ayaklarının yerleştirilebileceği şekilde boşluklar bırakılmıştır. Genel olarak breadboard'ın uç kısımlarında bulunan iletkenler yatay yönlü 4 adet, kendi içlerinde birbirine bağımlı paralel olanlar ise bağımsız şekilde çalışmaktadır. Dikey olarak konumlandırılan iletkenler, yatay olanlardan farklıdır. Breadboard'ın uzunluğuna bağlı olarak sayıları değişebilen dikey iletkenler, genellikle ortadan geçen bir bölücü ile ayrılmaktadırlar. (Şekil 60).



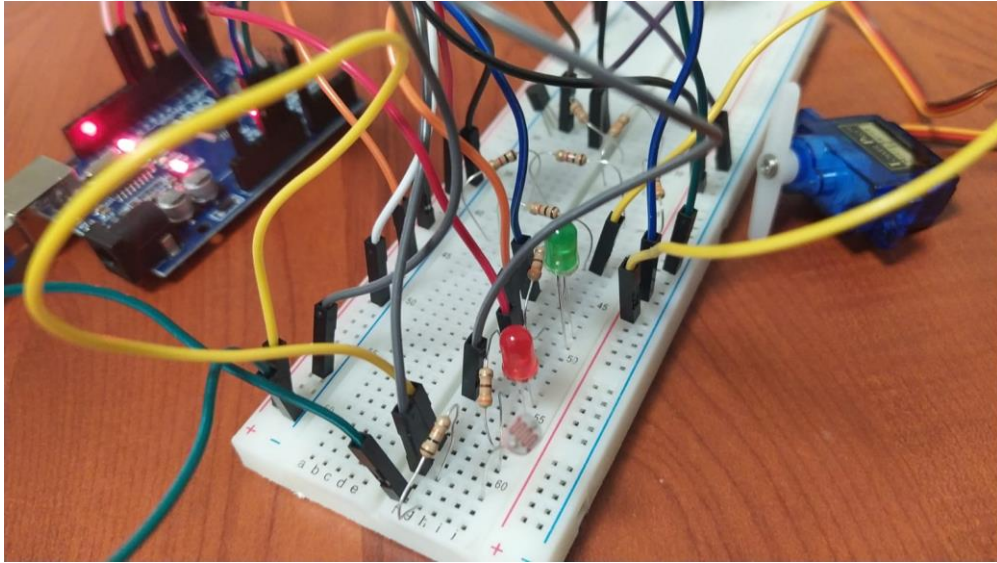
Şekil 60. Breadboard'ın iç yapısı (URL-51, 2023)

Tasarlanan kinetik cephe elemanının, ısı ve ışık değerlerine göre hareket sağlayabilmesi için ışık ve ses sensörlerine gerek duyulmuştur. Bunun için Arduino breadboard parçasına uyumlu LDR (Mini fotosel) ve DS18B20 sensörleri kullanılmıştır. Bu sensörlerin bağlanması için veri kağıdında (datasheet) belirtildiği üzere sırasıyla 10K ve 4.7K dirençlerle birlikte 5V ve GND bağlantıları kurulmuştur. Tasarımın dijital ortamda denenmesi düşünüldüğünden breadboard'a FS90R servo motoru temsili olarak bağlanmıştır. Yapılacak olan yazılımda dış verilerle oluşturulan şartlı blokların (else if/ if) hangisinin aktive edildiğinin gözlemlenmesi amacıyla breadboard'a LED'ler gibi bağlanmıştır. Bu

sistem ilk önce Circuito.io platformu üzerinden modellenmiř (şekil 61) daha sonrasından breadboard üzerinden sistem kurulmuştur (şekil 62).



şekil 61. Circuito.io platformu üzerinden tasarlanan model



şekil 62. Arduino UNO ve breadboard kurulumu

Arduino'nun Yazılım aşamasında çift yntem uygulanmıştır. Bunlardan biri Arduino'nun mobil olarak projelere entegre olabilmesi için direkt Arduino IDE'si kodlanarak yapılmıştır (Ek 3). Kurulan bu yazılımda Arduino UNO'ya bağlı bluetooth ile aplikasyondan iletilen veriye göre şartlı blokların çeşitlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede aktif

sistemin kontrolünün daha fazla oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca sistemin hangi eğer bağlacında olduğunu denetlemek amacıyla kırmızı ve yeşil LED'ler breadboard ve yazılıma entegre edilmiştir. Tasarlanan kodda bluetooth verisine bağlı 2 farklı eğer bağlacı oluşturulmuştur. Bu eğer bağlacı aynı zamanda ışık ve sıcaklık sensörlerinden gelen verilere göre de denetlenip sistem oluşturulmuştur (Şekil 63).

```

85     else if(isik >600 && santigrat > 20 && (kontrol==2)){
86         digitalWrite(led1,HIGH);
87         motor.write(150);
88         delay(450);
89         digitalWrite(led1,LOW);
90         delay(250);
91         digitalWrite(led1,HIGH);
92         delay(250);
93         digitalWrite(led1,LOW);
94         delay(250);
95         digitalWrite(led1,HIGH);
96         delay(250);
97         digitalWrite(led1,LOW);
98     }

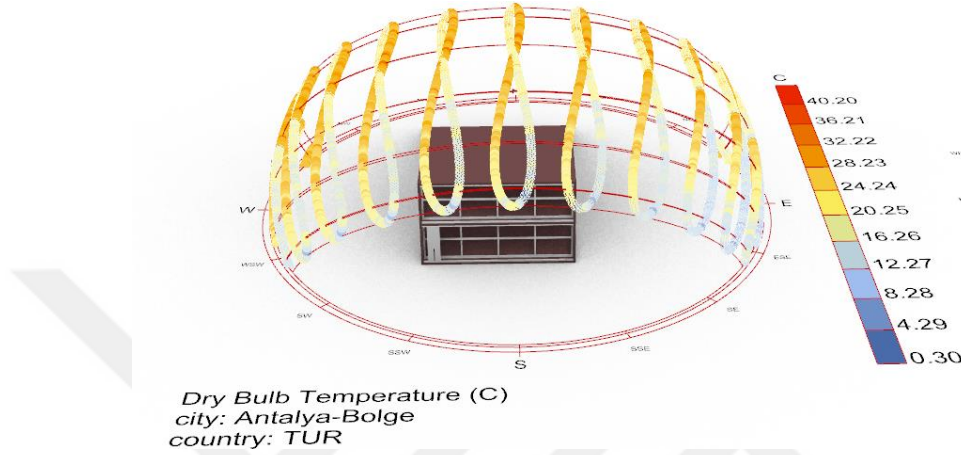
```

Şekil 63. Yazılan kodun şartlı bloklardan biri

2. yöntemde ise Grasshopper'ın Firefly eklentisinin kodları sisteme yüklenerek simülasyonların sanal ortamda gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu yöntemde Firefly ile veri akışının sağlanabilmesi Arduino'ya Firefly kodu yüklenmiştir. Ayrıca birinci yöntemde oluşturulan şartlı bloklar GhPython Script'te kurulmuştur. Bu yöntemle yazılan kodda, iç mekânın güneşlenme süresinin ayarlanması için sıcaklık ve ışık değerlerinin okunduğu 3 farklı eğer bağlacı oluşturulmuştur. Oluşturulan şartlı bloklar kinetik cephe elemanlarının 45^0 , 90^0 ve 120^0 dönmesini sağlayarak simüle edilmiştir. Kinetik elemanların kayarak cephe yüzeyini kaplaması durumu ise 3 farklı şekilde eğer bağlacına bağlanmıştır. Bu şartlı bloklar kinetik cephe elemanlarının cepheyi tam, kısmen kaplamasını veya cepheyi açık bırakmasını sağlamaktadır. Bu durumda kinetik cephe elemanları kendilerini 9 farklı durumda konumlandırabilmektedir.

3.4. Simülasyon Aşaması

Tasarlanan senaryo gereği simülasyon aşamasının yürütülmesi için Antalya iklim verileri, Rhino-3D Grasshopper'ın plug-in'i olarak çalışan Ladybug eklentisine parametre olarak verilmiştir (Şekil 64).

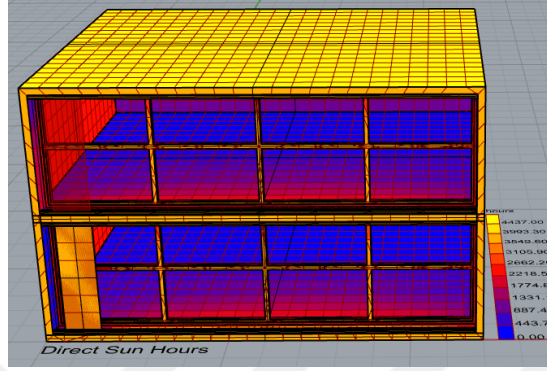


Şekil 64. Antalya iklim verilerine göre Güneş hareketi

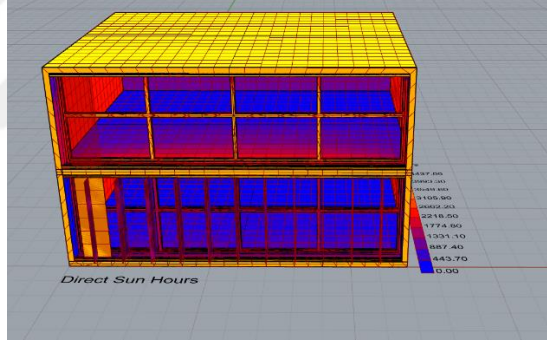
Programa girilen iklim parametrelerinde, kinetik cephenin 9 farklı modunun 3'ünde yapıya ve iç mekâna ait güneşlenme verileri simüle edilmiştir. İç mekânın güneşlenme süresi hesaplanırken Antalya ikliminin bir tam yıllık ortalama güneşlenme verisi kullanılmıştır. Simüle edilirken kinetik cephenin oluşturduğu etkinin daha iyi gösterilmesi için yapının sadece zemin katında kinetik cephe elemanları konulmuştur.

Birinci mod olarak kinetik cephe elemanının kenarda istiflenerek cepheyi açık bırakma durumu incelenmiştir. Cephenin tamamen açık bırakıldığı kinetik sistem modunda, içmekânın cama yakın kısımlarında yıllık ortalama 2662 saat ile 1774 saat arasında güneşlenme süresi olduğu görülmüştür (Şekil 65). İkinci mod olarak, kinetik cephenin yapıya 90° (dik) döndürüldüğü durum incelenmiştir. Bu durumda, iç mekânın cama yakın kısımlarında yıllık ortalama 884 saat ile 443 saat arasında güneşlenme süresi olduğu görülmüştür (Şekil 66). Üçüncü mod olarak kinetik cephenin yapıya 120° ve yarım kapama yaptığı durum incelenmiştir. Bu durumda, iç mekânda iki farklı gölgeleme değeri gözükmemektedir. Güneş panelinin kapattığı kısımda, yıllık ortalama 443 saat civarı iken açık kalan kısımdaki ise 2662 saat ile 1774 saat arasında güneşlenme süresi olduğu görülmüştür (Şekil 67). Tez kapsamında, kinetik tasarımın deşifresi üzerinde çalışıldığından, tasarım

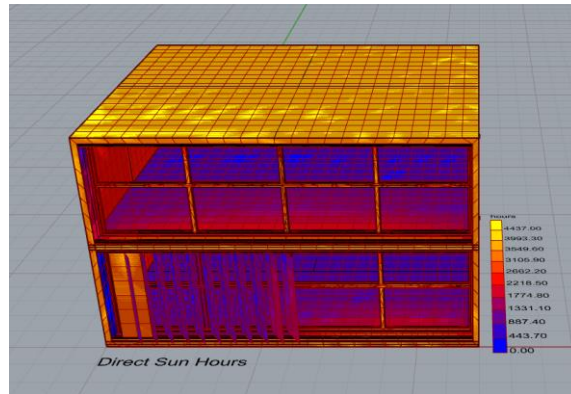
denemesi yapının güneşlenme analizleri ile Archer'ın geliştirme aşamasında bırakılmıştır. Ancak; yapılan analiz çıktılarından elde edilen veriler ile feedback süreci uygulamaya konulup, Megahed'in rasyonalizasyon ve Archer'ın uygulama evresine yeniden geçilerek tasarım, yeniden ele alınabilir.



Şekil 65. Cephenin tamamen açık kalma modu simülasyonu



Şekil 66. Kinetik cephenin yapıya 90⁰ modu simülasyonu



Şekil 67. Kinetik cephenin yapıya 120⁰ ve yarım kapama modu simülasyonu

4. BULGULAR

4.1. Kinetik Mimarlık Sınıflandırma Bulguları ve Diyagramı

Sınıflandırmalar, bir veri kümesindeki örnekleri belirli kategorilerde grupta ve bu kategoriler üzerinden yorum yaparak anlama için kullanılmaktadır. Bu bağlamda bilimsel araştırmalar ile pek çok farklı şekilde sınıflandırma yapılabilmektedir. Kinetik mimarlık alanında yapılan bu sınıflandırma, farklı yapıları ve tasarımları belirli kategorilere ayırarak, benzer özelliklere sahip olan kinetik yapıların daha iyi karşılaştırılmasını sağlamak, kinetik mimarlık tasarımında kaynak oluşturmak ve oluşturulmuş tasarımların okunmasını kolaylaştırmak amacıyla yapılmıştır.

Yapılan sınıflandırma, yapı özelliklerinin bütünleşik olarak görülmesi, yapılar arasındaki farklılık/benzerliklerin hızlıca okunabilmesi ve karşılaştırılabilmesi için dairesel güneş diyagramı şeklinde tasarlanması düşünülmüştür. “Bütüncül Bir Kinetik Mimarlık Sınıflandırması” başlığı altında verilenlere ek olarak, diyagramda işlenecek olan yapının tarihsel süreçteki konumuna göre diğer özelliklerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla “Kinetik Mimarlık Tanımı ve Gelişimi” başlığı altında incelenen tarihsel süreç de tasarlanan güneş diyagramına eklenmiştir. Böylece, tasarlanan güneş diyagramı;

1. Hareket
2. Amaç
3. Zaman
4. Kullanıldığı Yer
5. Malzeme
6. Sistem
7. Aktivatör

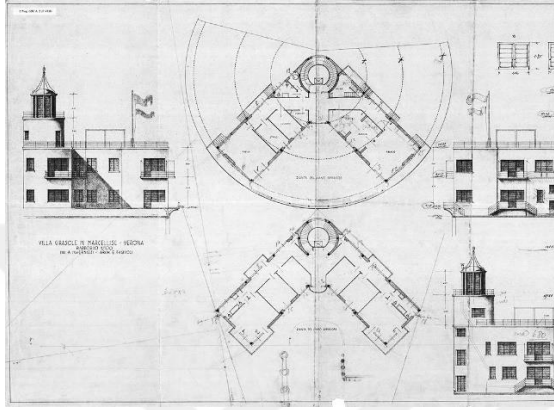
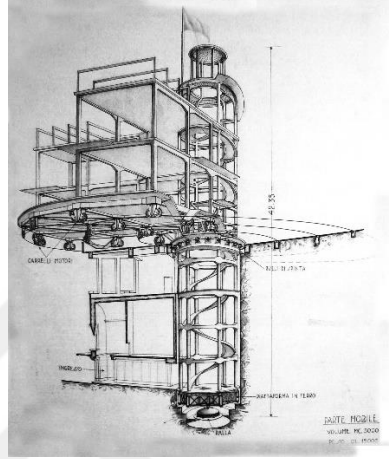
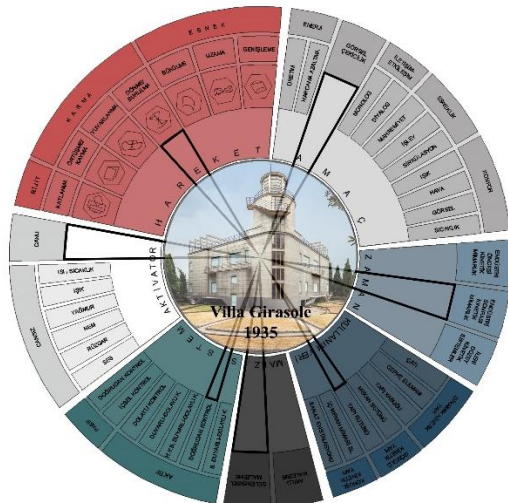
olarak 7 bölüme ayrılmıştır. Her bir bölüm, tezin önceki bölümlerinde söz edilen ilgili alanlara göre kademeli alt başlıklara bölünmüş ve Şekil 68'deki güneş diyagramı oluşturulmuştur. Şeklin büyük ölçekli hali ise EK-1'de verilmiştir.



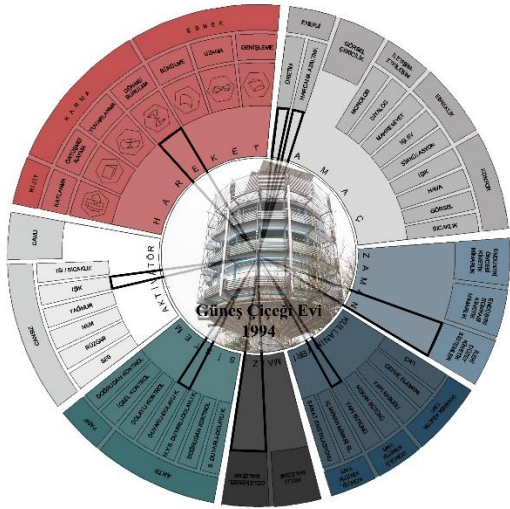
Şekil 68. Sınıflandırma diyagramı

Tasarlanan bu diyagram ile kinetik mimarlığın geçmişten günümüze kadar hayata geçirilen eserlerin tasarım amaçları, yapıda dinamizmin yaşandığı yer, hareket tipolojisi, malzeme özelliği, aktivatör çeşitliliği ve kullanılan sistem (aktif-pasif) değerlendirilebilmektedir. Örnek olarak, 1935 yılında inşa edilen Villa Girasole yapısı, 1994 yılında inşa edilen Güneş Çiçeği Evi yapısı, 2002 yılında inşa edilen Suite Vollard yapısı ve 2013 yılında inşa edilen Sharifi-ha Evi yapısı önce özellikleri gösterilip, diyagram şeklinde karşılaştırmalı yorumlanmıştır (Şekil 69). Villa Girasole, Güneş Çiçeği Evi ve Sharifi-ha Evi önceki başlıklar altında incelenip özellikleri verildiğinden dolayı bu başlık altında sadece tabloları ve tabloların altında diyagramı verilmiştir (Tablo 9, 10, 11, 12).

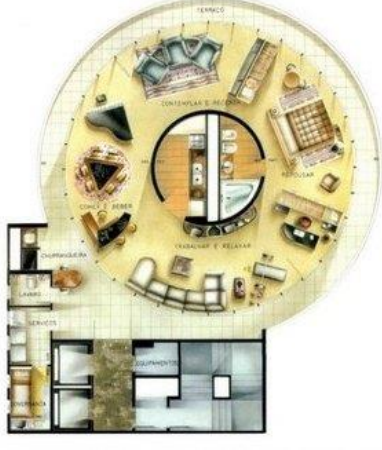
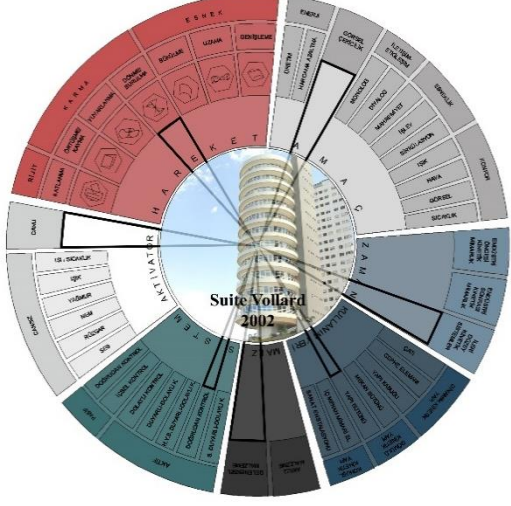
Tablo 9. Villa Girasole yapısının genel bilgileri (URL-4,2022)

Villa Girasole				
Kimlik	Tasarımcı	Yapım Yılı	Konum	İşlev
	Angelo Invernizzi	1935	İtalya	Konut
Çizimler	Plan/ Kesit		Hareketli Eleman	
				
Görseller				
Diyagram				

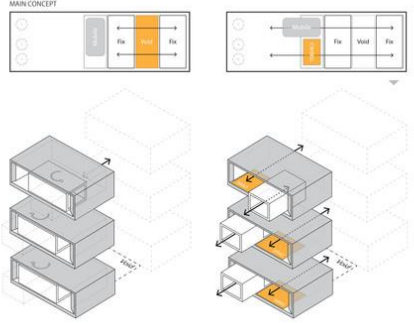
Tablo 10. Güneş Çiçeği Evi yapısının genel bilgileri (URL-11, 2022)

Güneş Çiçeği Evi				
Kimlik	Tasarımcı	Yapım Yılı	Konum	İşlev
	Rolf Disch	1994	Almanya	Konut
Çizimler	Plan/ Kesit		Hareketli Eleman	
				
Görseller				
				

Tablo 11. Suite Vollard yapısının genel bilgileri (URL-52, 2023)

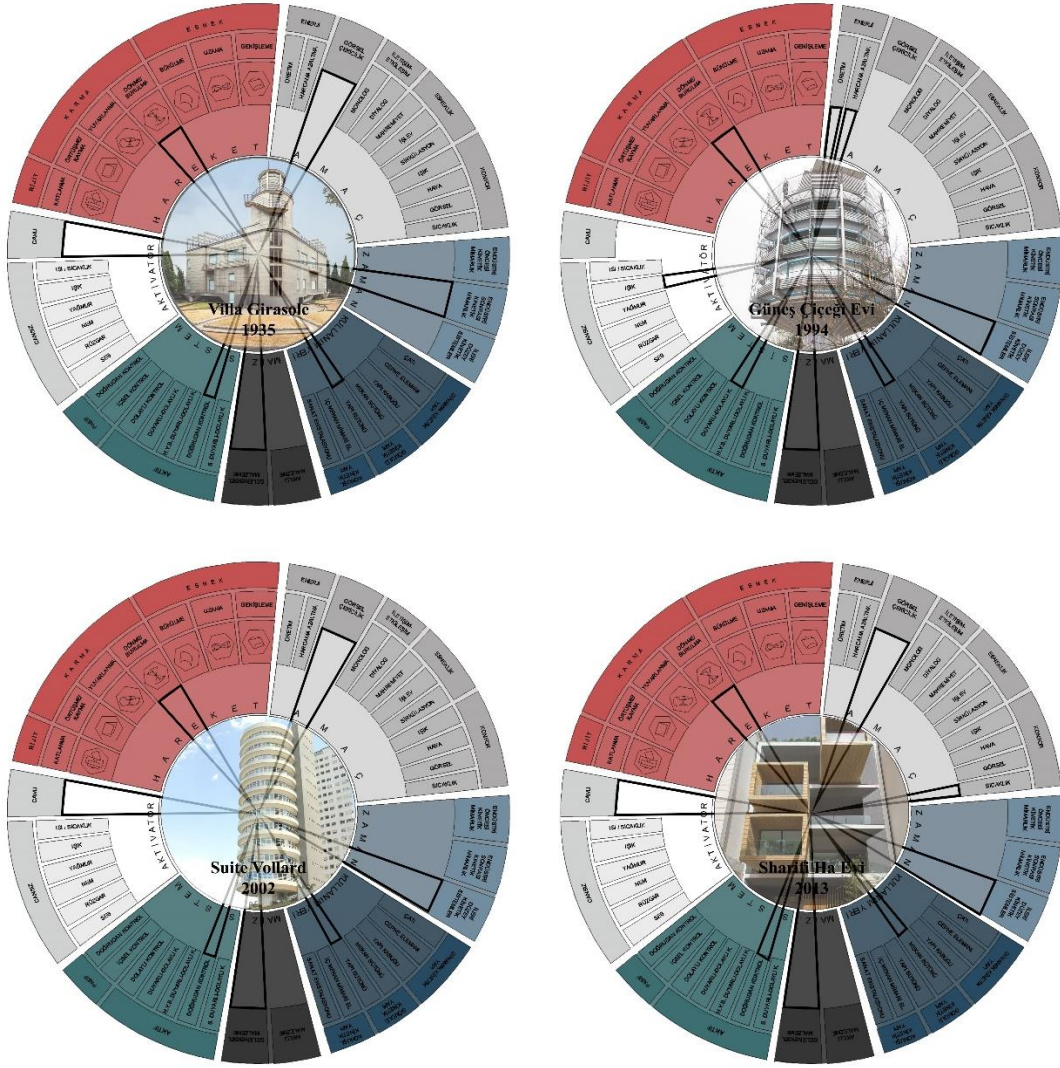
Suite Vollard				
Kimlik	Tasarımcı	Yapım Yılı	Konum	İşlev
	Bruno de Franco	2001	Brezilya	Konut/Otel
Çizimler	Plan/ Kesit		Hareketli Eleman	
				
Görseller				
Diyagram				

Tablo 12. Sharifi-ha Evi yapısının genel bilgileri (URL-22, 2023)

Sharifi-ha Evi				
Kimlik	Tasarımcı	Yapım Yılı	Konum	İşlev
	NextOffice-Alireza Taghaboni	2014	İran	Konut
Çizimler	Plan/ Kesit		Hareketli Eleman	
				
Görseller				
				

Suite Vollard, kendi eksenini etrafında dönen ilk gökdelen yapısı olarak 2001 yılında Brezilya’da inşa edilmiştir. Mimarı Bruno de Franco tarafından fütüristik bir konut olarak tasarlanan bu yapı 11 katının her biri saat yönü veya saat yönünün tersi yönünde dönebilmektedir. Her bir daire kullanıcı tarafından istenilen her iki yönde de döndürülebilmektedir. Aynı zamanda kullanıcı dönme hızını da ayarlayabilmektedir. Bu dönüş 360^0 derece olabilmektedir. Mühendisler tarafından ayarlanan kinetik sistem ile maksimum hızla yapı 1 saatte 1 tam tur atabilmektedir. Yapıyı döndürme yetisi olan tüm kinetik sistem parçaları inceleme ve bakım işlemlerinin kolay erişilebilirliğini sağlamak adına zemin altında kurgulanmıştır. Yapının tam ortasında betonarme sabit bir çekirdek bulunmaktadır. Bu sayede yapı dışardan bakıldığı zaman her katı farklı yönde dönen etkili bir görünüm sağlamaktadır (URL-52, 2023).

Tez kapsamında üretilen güneş diyagramının örneklendirmesi yapılırken, yukarıda tablolar halinde verilen yapıların seçilmesindeki temel neden; hareketin, belirli bir mekânda veya yapı bütününde gözlemlenen yapıların özelliklerinin birbirleri ile karşılaştırılarak diğer özellikleri üzerinden yorum çıkarmaktır. Bu bağlamda, bahsedilen yapıların özellikleri diyagramlara aktarılarak Şekil 69’te gösterilmiştir ve daha sonrasında yorumlanmıştır.



Şekil 69. (Sırasıyla) Villa Girasole, Güneş Çiçeği Evi, Suite Vollard ve Sharifi-ha Evi diyagramları

Yapılan diyagramlar incelendiğinde;

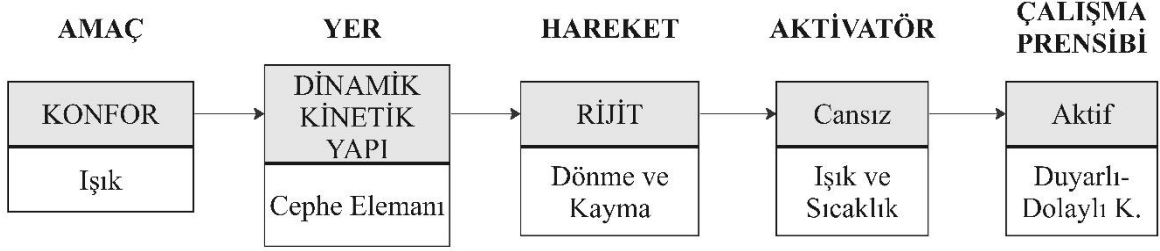
- Yapılar, içinde bulundurduğu mekân veya mekanların sınırlarının bozulmaya uğramaması, işlevselliğin sekteye uğramaması adına, sahip oldukları mekânı veya mekanları sınırlandıran elemanların bütüncül ve rijit bir şekilde hareket edebilmesi için tasarımda dönme hareketi seçildiği ileri sürülebilir.
- Örnek olarak verilen yapılarda bulunan mekân veya mekanlar, hareket halinde iken kullanıcılar mekanların içinde aktif olarak eylemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu durumda, mekân içinde işlevin sürekliliğinin korunması, güvenliğin sağlanması ve isteğe bağlı sistemin belirli konumda olması için yapı hareketinin kontrol altında olması adına verilen örneklerin hepsinde aktif sistem kullanıldığı ileri sürülebilir.

- Kullanılan aktif sistem Güneş Çiçeği Evi haricinde doğrudan kullanıcı tarafından kontrol edilmektedir. Bu durum bir önceki maddede anlatılan çıkarımı sağlamak için olduğu düşünülebilir.
- Aktivatör olarak çevresel parametrelerin girdi olarak oluşturduğu verilerin tam olarak tahmin edilemezliğinden dolayı çoğunlukla canlı aktivatör ile sistemin aktifleştiği ileri sürülebilir.
- Villa Girasole, Suite Vollard ve Sharifi-ha Evi'nin ortak tasarlanma amacı görsel çekicilik olarak görülmektedir; Güneş Çiçeği Evi'nin enerji üretimi (sürdürülebilirlik) üzerine kurgulanmış olduğu gözükmektedir. Sharifi-ha Evi hem görsel çekicilik hem de ısı konfor üzerine odaklanıldığı incelemeler sonucu bulunmuştur. Bu durumda, mekanların bütünsel veya tekil olarak dönmesi farklı amaçlarla tasarlanabildiği yargısının çıkarılmasının yanında, incelenen örneklerde çoğunluğunun görsel çekiciliğe sahip bir cazibe merkezi olmaya çalıştığı ileri sürülebilir. Bu durum, estetik başlığı altında anlatıldığı gibi kinetik mimarlık ürünlerinin çoğunu da kapsamaktadır.

4.2. Kinetik Mimarlık Tasarım Sürecinin Deşifre Bulguları

Tez çalışmasında, kinetik tasarım denemesi ile kinetik mimarlık tasarımının anlaşılması, tasarım sürecinin deşifre edilmesi üzerine çalışılmıştır. Archer'ın (1965) tasarım süreci ve Megahed'in (2017) tasarım stratejisi takip edilmiştir. Problem, üretilen senaryo gereği iç mekâna düşen güneşlenme süresini kontrolü olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda tez kapsamında üretilen kinetik mimarlık sınıflandırma başlıkları, oluşturulan kinetik tasarım denemesinde çalışma planlanması için kullanılmıştır. İlk adım olarak ışık kontrolü ile konfor sağlama amacı belirlendikten sonra bu amacın nereden sağlanacağını belirlemek gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple ikinci adım olarak kinetik sistemin kurgulanacağı yer olarak cephe elemanı seçilmiştir. Tasarımın amaç ve kinetik sistemin uygulanacağı yer kararları seçildikten sonra üçüncü adım olarak, kinetik sistemin amacını gerçekleştirebilmesi için hareket tipolojisi belirlenmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu aşamada, Güneş'in konumunun gün içinde sürekli değişmesinden dolayı dönme ve kayma hareketleri seçilmiştir. Dördüncü adım olarak kinetik sistemin nasıl aktifleşeceğinin belirlenmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu bağlamda, sıcaklık ve ışık değerleri aktivatör olarak karar verilmiştir. Beşinci adım ise kinetik sistemin çalışma prensibinin belirlenmesi olmuştur. Sistemin otomatize olarak ve

cansız aktivatörler tarafından aktive edilebilmesi için duyarlı-dolaylı kontrollü aktif sistem seçilmiştir. Böylece, tasarlanan kinetik elemanın tasarlanma adımları sırasıyla amaç, kinetik elemanın konumu (yer), hareket tipi, aktivatör ve çalışma prensibi olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 70).



Şekil 70. Tasarım kriterlerinin belirlenme süreci

Tasarım kurgusu oluşturulduktan sonra, yapılan araştırmalara göre tasarımın modellenmesi ve analiz oluşturulma sırasında kinetik tasarımda kullanılabilecek çeşitli bilgisayar yazılımlarına rastlanmıştır. Bu yazılımlardan özellikle mimarlık alanında kullanılan programların birkaçı aşağıda tanıtılmıştır.

- Rhino 3D/Grasshopper: Rhino 3D, üç boyutlu modelleme ve çeşitli analizler için kullanılan bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımıdır. Eklentisi olarak çalışan ve parametrik tasarıma olanak sağlayan Grasshopper ise anlık değişimi simüle edebilme yetisi sayesinde kinetik mimarlıkta, hareketli ve/veya interaktif tasarımlar yapmak için kullanılabilmektedir.
- Revit/Dynamo: BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) yazılımı olan Revit, mimari tasarım, yapısal tasarım ve diğer inşaat projeleri için kullanılmaktadır. Revit'in eklentisi olan Dynamo; Grasshopper gibi parametrik tasarıma olanak sağlayarak kinetik mimarlıkta, hareketli ve/veya interaktif tasarımlar yapmak için kullanılabilmektedir.
- 3ds Max: Animasyon oluşturma ve üç boyutlu modeller yapmak için kullanılan bir diğer modelleme yazılımıdır. Kinetik mimarlıkta, hareketli modeller tasarlamak için kullanılabilmektedir.
- Unity: Oyun ve uygulama geliştirme platformu olarak kullanılan Unity yazılımı, kinetik mimarlıkta, interaktif ve hareketli tasarımlar yapmak ve bunları görselleştirmek için kullanılabilmektedir.

- Maya: 3ds Max ile benzer olan Maya yazılımı, animasyonlu ve hareketli üç boyutlu modeller yapmak için kullanılan bir diğer yazılımdır. Kinetik mimarlıkta, hareketli modeller yapmak ve bunları görselleştirmek için kullanılabilir. Kinetik mimarlıkta, hareketli modeller yapmak ve bunları görselleştirmek için kullanılabilir.
- AutoCAD: Mimari çizim ve tasarım yapmak için kullanılan bir diğer CAD yazılımıdır. Kinetik mimarlıkta, kullanılacak olan parçaların ve tüm konseptin 2B ve 3B tasarımına izin verebilir.
- Sketch-Up: Geniş eklentileri ile daha çok verim alınabilen ve genellikle 3B tasarımlarda kullanılan bir yazılımdır. Render programları ile uyumlu çalışabilmesi sayesinde proje görselleştirmelerinde sıkça kullanılabilir. Sketch-up'ın açık kodlu tasarımı sayesinde birçok eklentisi bulunmaktadır. Bu eklentilerle program, kinetik mimarlık tasarımlarının gerçekleşmesini kolayca optimize edebilir.

Bahsedilen bu programlar, kinetik mimarlıkta kullanılabilecek popüler programlar arasında yer almaktadır. Tez kapsamında tasarlanan kinetik mimarlık önerisi 3B modelleme programı olan Rhino ve onun eklentisi Grasshopper'dan modellenmiştir. Bu programın seçilmesindeki ana amaç, parametrelerin değiştirildiğinde modelin anlık olarak değişmesi, Arduino dijital geliştirme kartı ile ortaklaşa çalışabilmesi ve simülasyonlar yapılarak tasarımın analiz edilmesine olanak sağlamasıdır.

Kinetik mimarlık alanında hareketin aktif bir şekilde çalışabilmesi için çeşitli kontrolcülerin yazılım ile kodlanması gerekmektedir. Bu durumu gerçekleştirmek amacıyla tasarımcının yazılım dili öğrenmesi faydalı olabilmektedir; ancak bu durum zorunlu değildir. Kinetik mimari tasarımlar oluşturmak için, özellikle arayüz ve etkileşim tasarımı açısından önceden de bahsedildiği gibi çeşitli programlar ve araçlar mevcuttur. Bu programların yanında, hareketli tasarımların oluşturulması ve kontrol edilebilmesi için bazı programlama yazılımlarının bilgisi tasarımcıya yararlı olabilmektedir. Bununla birlikte, kinetik tasarım için hangi yazılım dilini öğrenilmesi gerektiği, hangi program üzerinde ve hangi dijital kartın kullanılmasına göre değişmektedir. Örneğin, Python, C++, C# ve Java gibi programlama dilleri, hareketli tasarımlar için kullanılan bazı yazılım paketleri ve araçlarla uyumlu olabilmektedir. Ayrıca, özel amaçlı diller de kullanılabilir. Örneğin, Arduino platformu, programlanabilir hareket kontrolü için birçok özellik sunmaktadır. Arduino programlama dili, diğer yazılım dilleri ile karşılaştırıldığında basit ve öğrenmesi kolay bir dil olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, Grasshopper'ın plug-in'i olarak çalışan Firefly komutları sayesinde Arduino kartının verilerinin analiz aşamasında kullanılmasına olanak

sağlamaktadır. Bu sebeplerden ve Grasshopper eklentisinin ortak çalışabilmesi dolayısı ile tez kapsamında Arduino kartı tercih edilmiştir.

Kinetik mimarlık, amaçlar başlığında çokça vurgulandığı gibi birçok soruna cevap arandığı bir disiplin olarak mimarlık alanında yer almaktadır. Kinetik tasarım kurgulanma amacına bağlı olarak çeşitli analizlerden geçmektedir. Analiz verilerinin değerlendirmeleri sonucunda tasarım feedback döngüsüne katılarak optimizasyonu sağlanmaktadır. Kinetik mimari tasarımın optimizasyonu için ana analiz türleri 6 ana başlık altında toplanabilir.

- **Dinamik Analizler:** Kinetik tasarımın hareket, hız ve frekans simülasyonlarında test edilerek kinetik sistemin oluşturduğu hareketin zaman içindeki etkileri, hareketli parçanın kullanıcı deneyimi ve yapıdaki dinamik etkileri üzerinde çıkarımlar yapmak amacıyla kullanılabilir.
- **Çevresel Analizler:** Aktivatörü cansız grubu olarak belirlenen kinetik mimari eserlerde, cansız aktivatörün hareketi nasıl etkilediği, simüle edilebilmesinin yanında rüzgâr, kar ve yağmur gibi kinetik sistemin dış kuvvetler etkisi altındayken çalışma durumları kontrol edilmesi amacıyla yapılabilir.
- **Güvenlik Analizleri:** Kinetik sistem elemanlarının kullanıcıya veya yapının kendisine olan potansiyel risklerin değerlendirilmesi, güvenlik önlemlerinin belirlenmesi ve tedbirlerin alınması amacıyla kullanılabilir.
- **Enerji Analizleri:** Aktif olarak çalışan kinetik sistemin harcadığı enerjinin simüle edilerek tasarımın enerji verimliliğinin denetlenmesi veya enerji üretimi amacıyla kurgulanan kinetik sistemin enerji potansiyellerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir.
- **Kullanıcı Deneyimi Analizi:** Prototip veya tasarım örneklerinin kullanıcılara sunulacak deneyimler üzerinden geri bildirimler oluşturulması ve tasarımın optimize edilmesi amacıyla kullanılabilir.
- **Bakım/Onarım Analizleri:** Kinetik sistemi oluşturan elemanların zaman içerisinde maruz kaldıkları çeşitli etkenler yüzünden ihtiyaç duyulan bakım ve onarımın değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir.

Söz edilen analizler, kinetik mimari tasarımın daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Tez kapsamında yapılan güneşlenme süresinin analizi “Çevresel Analizler” başlığı altında değerlendirilebilir. Kinetik mimarlık tasarım denemesinde yapılan analizler sonucunda; yapının yaz aylarında istenmeyen Güneş

ışınlarından korunduğu, kış aylarında ise kinetik sistem istiflenerek Güneş ışınlarının iç mekâna düşmesine imkân vererek ısısal optimizasyon sağladığı düşünülmektedir. Ancak, yaz ayları güneş ışınlarının dik gelmesi sebebiyetiyle ve iç-dış mekanları arasındaki görsel sürekliliğin sağlanması amacıyla kinetik cephe elemanları yatay düzlemde konumlandırılarak, düşey doğrultusunda hareket ettirilmesinin tasarımın verimini arttıracığı kanısına varılmıştır. Bu durum, kinetik mimari eserlerin birçok parametresinin olmasından kaynaklanmaktadır. Bu parametreler saptanarak ve çeşitli analizlerle incelenerek tasarımın oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

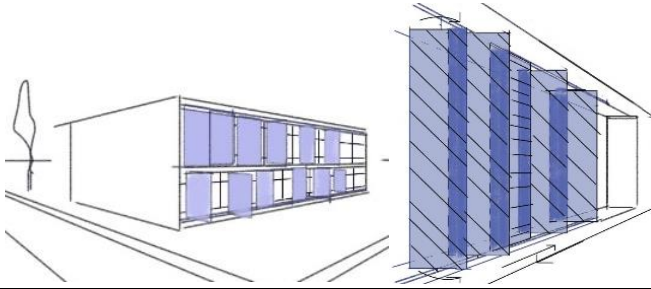
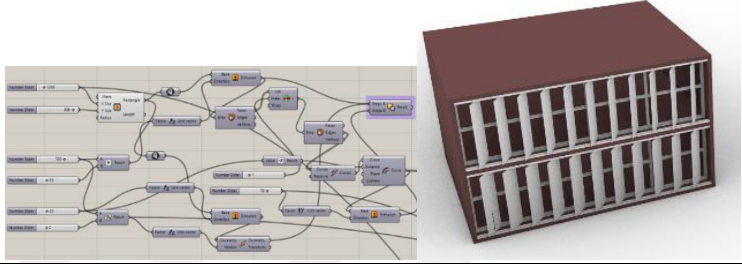
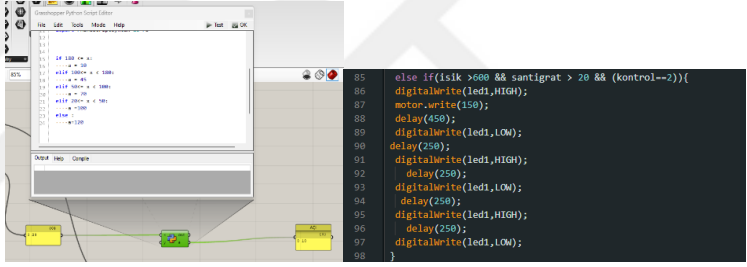
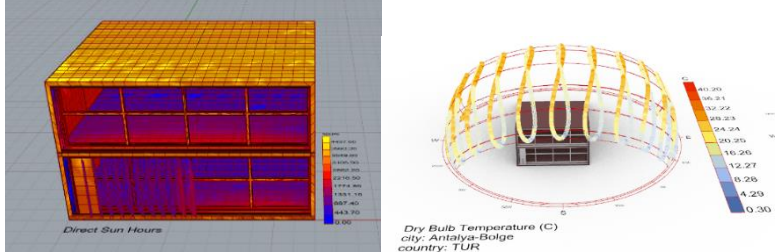
Kinetik mimarlıkta, dinamizm kazandırılmış elemanların oluşturulabilmesi, kinematik metotlarının kullanımı ile sağlanmaktadır (Korkmaz, 2004). Cisimlerin hareketlerini hız, ivme, yörünge gibi konular açısından inceleyen bilim dalı olarak tanımlanan kinematik, (URL-53, 2023) makine alanının çalışma kapsamına girmektedir. Dolayısıyla, tez çalışmasında üretilen kinetik tasarım denemesinde, kinetik sistemin parça tasarımlarına ve parça tasarımları arasındaki ilişkiler tasarlanmamıştır.

Kinetik mimarlık, multidisipliner yapısı ile söz edilen elektrik, elektronik, makine, inşaat, enerji ve malzeme disiplinleri ile güçlü bağlantı içinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlantı, 8 farklı başlık altında toplanabilir:

- Mekanik sistemlerin entegrasyonu
- Otomasyon ve kontrol sistemleri
- Malzeme bilimi ve teknolojilerinin kullanımı
- Enerji ve hareket optimizasyonu
- Dinamik mekân tasarımı
- Enerji

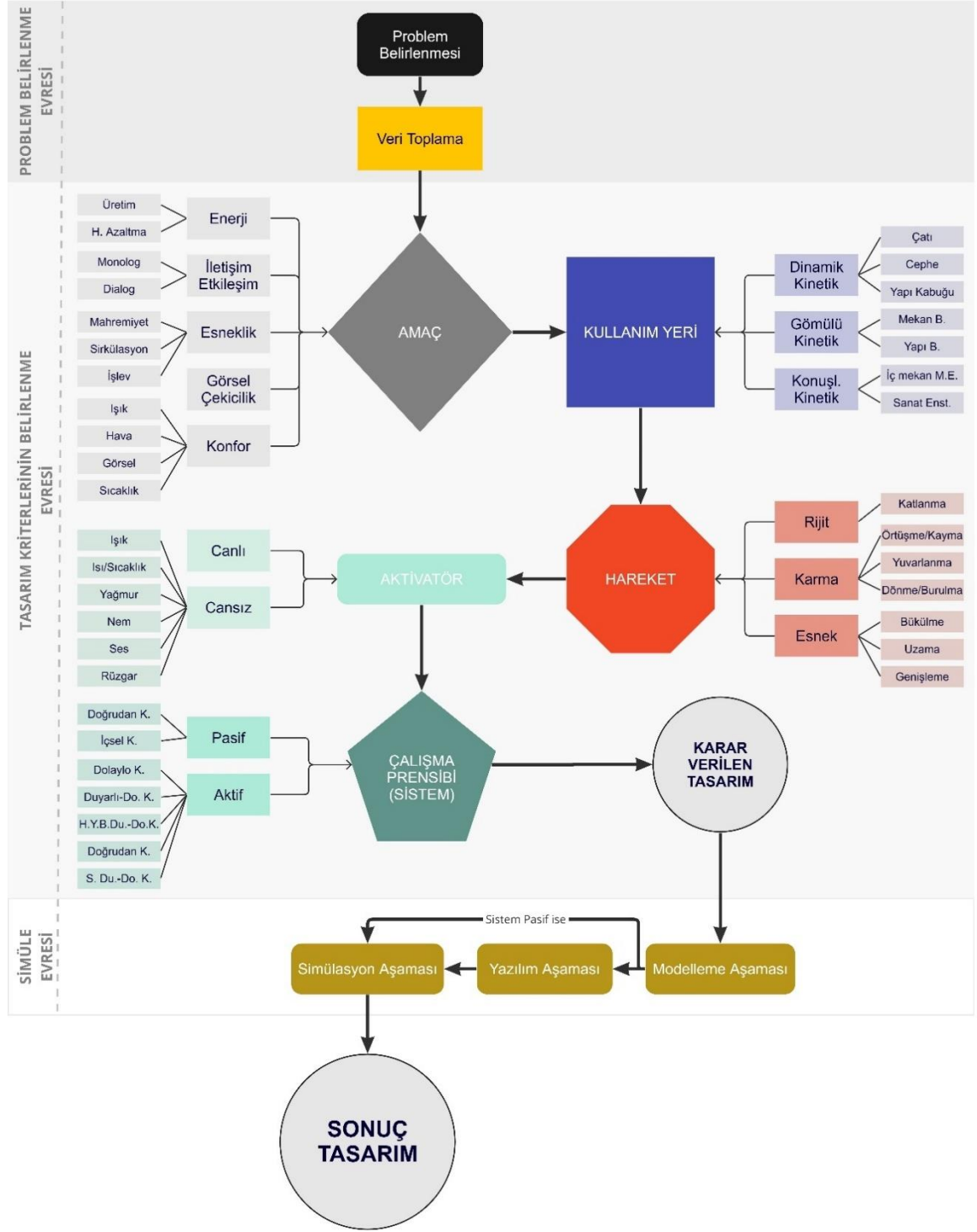
Tez çalışmasında kinetik mimarlık tasarım denemesi yukarıda anlatılan şekilde gerçekleştirilmiş olup, tasarım kriterleri belirlendikten sonra kullanılan araçlar ve yazılım dilleri ile tasarım eskizleri, modelleme, yazılım ve simülasyon/analiz aşamaları Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. Tasarımın oluşturulma araçları

Aşamalar	Araçlar	Sonuç Ürün
Tasarımın Oluşturulması	El Çizimi	
	AutoCAD Sketchbook	
Modelleme Aşaması	Rhino3D-Grasshopper	
Yazılım Aşaması	Arduino IDE	
	GhPython Script	
Simülasyon Aşaması	Ladybug	
	Honeybee	

Kinetik mimarlık, multidisipliner yapısı gereği birçok uzmanın birlikte çalışması gerektiği bir disiplindir. Analizlerin ve programların çeşitliliği bu duruma bir kanıt olarak gösterilebilir. Analizler ve programların kinetik tasarım ile arasındaki uyumun feedback sistemini beslemesi açısından tasarımın gerçekleşmesindeki en temel etkiyi yarattığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, disiplinler arası çalışmanın kinetik tasarımın anahtarı olduğu söylenebilir. Tasarımcının elektrik, elektronik, makine, inşaat, enerji ve malzeme disiplinlerinin temel bilgilerinin yanında yazılım programlarına olan yatkınlığı, belirli kararların alınmasında ve disiplinler arası iletişimde etkili olabilecektir.

Tasarım denemesinin çıktıları özet olarak Şekil 71’te şematize edilmiştir. Kinetik tasarım oluşturulurken problem belirlenmesi ile problem bağlamında veri toplama işlemleri yapılır. Daha sonrasında, tasarım kriterlerinin belirleme evresi; amaç, yer, hareket, aktivatör ve çalışma prensibi aşamaları sırasıyla uygulanarak karar verilen tasarım oluşturulmuştur. Simüle evresinde modelleme aşaması, yazılım aşaması (eğer çalışma prensibi aktif ise) ve son olarak analiz/simülasyon aşamaları uygulanarak sonuç tasarım elde edilmektedir. Her bir aşama, önceki aşamalara feedback döngüsü ile bağlıdır. Dolayısıyla, herhangi bir aşamada gerçekleştirilen karar bir önceki aşamada verilen kararı etkileyebilmektedir. Tasarımın son kısmında, renderlar ile sunum değerinin artırılmasına yönelik çalışmalar olabilir. Bu durumda görselleştirme aşaması da simüle evresindeki aşamalar arasına eklenebilir.



Şekil 71. Yapılan Tasarım Süreci

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, kinetik mimarlık alanındaki literatür incelenmiş mekân-insan-kinetik kavramları üzerinde durulmuştur. Kinetik tanımı; kinetik mimarlık tanımı, tarihi, sınıflandırmaları, tasarım amaçları, uygulandıkları yerler, doğadaki canlılarla benzeşen hareket özellikleri, aktivatörleri, çalışma prensipleri araştırılarak bazı sonuçlara varılmıştır:

- Kinetik mimarlık, kinetik kavramı ile ilgilenen diğer bilimlerle mimarlığın iç içe olduğu bir kavram olarak gösterilebilmektedir.
- Kinetik mimarlık, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için mimari eserin fiziksel olarak sahip olduğu durumdan farklı bir durumda kendisini yapılandırabilen, yapılandırma işlemini tersine çevirebilme ve tekrarlayabilme yeteneğine sahip olan basit veya karmaşık sistemlerden oluşan mimari ürünler bütünü olarak tanımlanabilmektedir.
- Mimarlıkta kinetik kavramı, insanlığın göçebe olarak yaşadığı ilk zamanlardaki çadır sistemlerinden, günümüzdeki hareketli gökdelenlere kadar dayanan bir serüvene sahiptir. Gelişen teknoloji ile zaman içinde karmaşık sistemlere evrilmiştir.
- Literatürde farklı araştırmacılar tarafından ileri sürülen kinetik mimarlık sınıflandırmaları; araştırmacı ve tasarımcılara kinetik mimarlık ürünlerinin verimli ve okunaklı şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Sınıflandırmalar sayesinde kinetik mimari ürünlerinin bu sayede çeşitli veriler elde edilerek kinetik mimarlığın gelişimine ışık tutulmaktadır.
- Kinetik mimarlığın yıllar içindeki kurgulandığı amaç çeşitliliği, sosyolojik trendlerin yönelimi ile şekillendiği ileri sürülebilir. Endüstri devrimi ile çeşitlenen kinetik mimarlık serüveninde, sanayinin gücünün gösterilmesi amacıyla kinetik yapının harcadığı enerji fazla önemsenmeden, kinetik tasarımın görsel çekicilik (estetik) kaygısıyla üretildiği yargısına varılmıştır. Daha sonrasında 20. yüzyılın son çeyreği ile ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramının yaygınlaşmasıyla kinetik mimarlık ürünlerinin sürdürülebilirlik (enerji) üzerine kurgulandığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde; sosyal medya kavramının ortaya çıktıktan sonra iletişim ve etkileşimin son derece yaygınlaştığı günümüz çağında ise kinetik

mimarlık ürünlerinin daha çok etkileşimli ve iletişim kurmayı hedeflenerek tasarlandığı gözlemlenmektedir. Bu tür iletişim arzusu güden kinetik mimari eserlere Calatrava'nın yapıları örnek olarak gösterilebilir.

- Kinetik mimarlık geçmişi incelendiğinde, bu disiplinin zaman içerisinde birçok farklı amaçların eklendiği gözlemlenmiştir. Örneğin, sürdürülebilirliğin ortaya çıkışından iletişim çağına kadar geçen sürede enerjiye odaklanılmaktadır. Kinetik mimarlık, son 15 yılda yaşanan teknolojik ve sosyal gelişmelerin getirilerinden biri olan iletişim çağında ise daha çok kullanıcılarla iletişim-etkileşim odaklı tasarımlarla ortaya çıktığı gözlemlenebilmektedir.
- Kinetik mimari eserlerde dinamizm, yapının herhangi bir noktasında veya yapının tümünde gözlemlenebilmektedir. İncelenen örneklerle göre, kinetik tasarımdaki 5 maddeden oluşan amaçların her biri (konfor, enerji, esneklik, estetik, iletişim/ etkileşim) yaratıcı tasarımlar ile cephe, çatı, iç mekân, mekân bütünü, yapı bütünü ve sanat enstalasyonlarında görülebilmektedir.
- İncelenen örneklerle göre tasarımcı, kinetik mimarlık eserini tasarlarken istediği bir amaca ulaşmak için eserde herhangi bir hareket türü ile dinamizmi gerçekleştirebilmektedir. Hareket türü amaç ile bağlı olmamasının yanında, tasarımcının tasarımda herhangi bir hareket türü ile yapacağı yaratıcı çözümler sayesinde tasarımcıyı amaca ulaştırabilmektedir. Ancak; amaçlanan kurguya yönelik bazı hareket tipolojilerinin diğerlerine göre daha kolay çözüm getirebilmekte olduğu söylenebilir.
- Aktif kinetik sistemlerde sistemin başlatılması için çevresel aktivatörlerin kullanılırken çevresel verilerin sisteme dahil olabilmesi için sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, sistemin kontrol edilebilirliğini sağlamak adına yazılım gereksinimini doğurmaktadır.
- Kinetik mimari eserlerin kullanıcı ile kurdukları iletişim, zamanla değişebilen dinamizme ve çift yönlü (diyalog) kurguya sahip iken; kinetik olmayan mimari eserlerin kullanıcı ile kurdukları iletişim, daha çok mimari yapıdan kullanıcıya doğru ve durağan bir kurguya sahiptir.
- İncelenen örneklerle göre yapılan kinetik mimarlık eserlerinin çoğunun enerjinin içinde bulunduğu aktif sistemler olarak tasarlandıkları görülmüştür. Bunun temel sebebi kontrol edilebilirliği sağlamak olarak düşünülmektedir. Bu bağlamda,

özellikle yapının bütünü veya yapının belirli mekanları hareket ettirilirken sürekli olarak aktif sistemler görülmüştür.

- Akıllı malzeme ile yapılan kinetik sistemler genellikle pasif çalışma prensibine sahip yapılarda görülmektedir. Bunun temel sebebi akıllı malzemenin $t(0)$ (başlangıç) noktasındaki durumuna enerji gerekmeksizin yeniden kendini konumlandırabilmesidir.

Kinetik mimarlık, geleneksel statik mimari eserlerin yerine dinamizm sunmaktadır. Böylece, yapıların işlevselliğini artırmaktadır. Ayrıca, kinetik mimarlık eserlerini oluşturan tasarımcılara daha yaratıcı ve inovatif tasarımların oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Her mimari tasarım aşamasında olduğu gibi yapılması düşünülen mimari eserin gerçekleştirilmiş muadillerini incelenmesi kinetik mimarlık için de geçerlidir. Bu sebeple oluşturulan sınıflandırma diyagramı ile;

- Tasarımcı ve araştırmacıların farklı kinetik yapıları birbirleri ile mukayese edilerek incelenmesinin sağlanması,
- Tasarımcı ve araştırmacıların, kinetik mimarlık eserinin özellikleri hakkında daha fazla bilgi edinmelerinin sağlanması,
- Verilerin okunmasının hızlandırılması,
- Görselleştirme ile verilerin tasarımcının akılda kalıcılığının artması,
- Sınıflandırmanın bütünsel olarak görülmesinin sağlanması,
- Farklı kinetik mimari eserlerin ortak yönlerinin ve farklılaştığı yerlerin hızlıca analiz edilmesi

amaçlanmıştır.

Kinetik mimarlık tasarım denemesi ile kinetik mimarlık tasarım süreci deşifre edilmeye çalışılmış ve sonuç tasarıma giden yol adım adım açıklanmıştır. Bu tasarım denemesi ile;

- Kinetik tasarıma yeni başlayacak olan tasarımcılara programlama ve yazılım dilleri hakkında temel düzeyde bilgi verilmesi ile yönlendirme,
- Tasarım aşamasındaki bilgi karmaşasını giderilmesi,
- Tasarımın oluşması için gerekli adımların vurgulanması,
- Kinetik tasarım hakkında temel düzeyde bilgi verilmesi,
- Kinetik mimarlık tasarımlarını oluşturmak için kullanılması gereken 3B modelleme, animasyon programları hakkında bilgi verilmesi,

amaçlanarak sunulmuştur. Sunulan tasarım denemesinin deşifre çalışmasında aşağıdaki veriler çıkartılmıştır:

- Kinetik tasarımın oluşturulmasında diğer mimari tasarımlarda olduğu gibi ilk başta problemin belirlenmesi gerekmektedir.
- Problem belirleme aşaması sonrası, problemin dinamizm kurgusunun nerede uygulanarak çözümlenmesi gerektiğinin belirlendiği yer aşaması gelmektedir. Bu aşamaları sırasıyla hareket tipolojisinin seçimi, aktivatör kurgusu ve çalışma prensibinin oluşturulması aşamaları takip etmektedir.
- Belirlenen hareket tipolojisi ile dinamizmin sağlanabilmesi, yazılım ve makine disiplinleri çalışma alanı ile kesişmektedir.
- Kinetik mimarlıkta analiz kısmı tasarımın feedback döngüsü için son derece önemli bir etkidir. Tespit edilen 6 farklı analizin (dinamik, enerji, çevresel, güvenlik, kullanıcı deneyimi ve bakım/onarım) her birinin uygulanması kinetik tasarımın hayata geçirilmesini imkân kılmasının yanında sürdürülebilirliğini de artırmaktadır.
- Tasarımcının söz edilen diğer disiplinlerde bulunan temel bilgiye sahip olması problemin çözümünde kolaylık sağlamaktadır.

Gelecekte, artan nüfus ve sınırlı alan gibi sorunlar nedeniyle daha akıllı ve esnek yapıların ihtiyacı artacaktır. Hareketli yapılar, özellikle şehirlerdeki dar alanlarda kullanılabilir ve mekânları çok daha işlevsel hale getirebilir. Kinetik mimarlık, ayrıca enerji verimliliğini (sürdürülebilirlik) artırmak için de kullanılmaktadır. Yapılara entegre edilen kinetik sistemler, enerjinin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayarak karbon ayak izinin düşürülmesine yardımcı olabilmektedir. Kinetik mimarlık, bu tür ihtiyaçları karşılamak için ideal bir yöntem olarak düşünülebilir. Dolayısıyla kinetik mimarlık, gelecek için önemlidir. Kinetik mimarının önemi anlaşıldıkça ve kinetik sistem teknolojileri gelişmeye devam ettikçe, gelecekte bu teknolojinin daha da yenilikçi uygulamalarını görmemiz muhtemeldir. Özellikle son yıllarda hızla gelişmekte olan yapay zekâ sistemleri, sürekli olarak değişen koşullara karşı öğrenme yetisi ile yeni yöntemler üretmesi kinetik mimarlığın yeni çağına hazırladığı söylenebilir.

Sonuç olarak; kinetik mimarlık, tasarımda işlevsellik, esneklik, pratiklik, sürdürülebilirlik ve estetik kriterlerini sağlayabilen bir tasarım stratejisidir. Kinetik tasarım, sorunun iyi analiz edilmesi, kapsamlı ve teknik altyapıya sahip olunması gereken bir çalışmadır. Tasarımda, dinamizmin sağlanması için istenen hareket türü bağlamında, en

uygun kararlar verilmesi projenin işleyiş, maliyet ve sürdürülebilirlik için önemli sonuçlar doğurmaktadır. Seçilen dinamik elemanın malzemesinin ve mekanizmasının çeşitli modellemelerle simülasyon ortamlarında test edilmesi gerekmektedir. Zira kurulan sistemin deneme yanılma yöntemi ile yapıldığında maliyetinin çok yüklü olabileceği öngörülebilir. Bu yüzden kinetik sistem maliyetinin hesaplanması, tasarımda kritik rol oynamaktadır.



6. KAYNAK

- Addington, M., & Schodek, D. (2005). Materials in architecture and design. In M. Addington, & D. Schodek, Smart Materials and New Technologies; for architecture and design professions (s. 15). Elsevier.
- Adrover, E. R. (2015). Deployable Structures. Laurence King Publishing, Londra
- Asefi, M. (2010). Transformable and Kinetic Architectural Structures: Design. Evaluation and Application to Intelligent Architecture, Berlin, 241-243
- Asefi, M. (2012). Transformation and Movement in Architecture: The Marriage Among Art, Engineering, and Technology. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 51, 1005-1010.
- Başar, C. (2014). Mekân Hareketlerinin Fiziksel, Topolojik Ve Deneyimsel Bağlamlar Üzerinden İncelenmesi. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul.
- Baysan, O. (2003). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Mimarlıkta Tasarıma Yansıması. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Benyus, J. M. (1997). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York: Harper Perennial, s.15.
- Boyacıoğlu, C. (2017). Mimarlıkta Çevreci Yaklaşımların Antroposen Kavramı Bağlamında Tartışılması. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İstanbul.
- Burroughs, J., & Burroughs, M. (2010). The New Mathematics of Architecture. Londra: Thames & Hudson.
- Çakır, Z. K. (2021). Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Del Grosso, A. E., & Basso, P. (2012). Deployable structures. Advances in science and technology, 83, 122-131.
- Duran, N. (2019). Kinetik Mimarlık Bağlamındaki Hareketli Yapı Uygulamalarının İnceleme ve Değerlendirmeleri. Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Elmokadem, A., Ekram, M., Waseef, A., & Nashaat, B. (2018). Kinetic architecture: Concepts, History and applications. International Journal of Science and Research (IJSR), 7(4), 750-758.
- Engels, Friedrich (1977). Anti-Dühring, çev. Kenan Somer, 2. Baskı, Ankara: Sol Yayınları, 127-128.

- Engin, A. G. A. S., & Dinçer, Ö. Ü. A. E. (2021). Kinetik Mimari Cephelerin Sınıflandırılması Özelinde Bir Değerlendirme Yaklaşımı. *International Design and Art Journal*. 3(1), 70-85.
- Fan, X. (2020). *Kinetic Architecture: Reimagining the Facade of the UW Tower*. The University of Washington, Doktora Tezi, Washington.
- Fenci, G. E., & Currie, N. G. (2017). Deployable structures classification: A review. *International Journal of Space Structures*, 32(2), 112-130.
- Forty, A., & Forty, A. (2000). *Words and buildings: A vocabulary of modern architecture*. 268. London: Thames & Hudson.
- Fox, M. (2016). *Interactive Architecture: Adaptive World*. First ed., Princeton Architectural Press.
- Fox, M. A., & Yeh, B. P. (2000). Intelligent Kinetic Systems in Architecture. In *Managing Interactions in Smart Environments: 1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments (MANSE'99)*, Dublin, December 1999. Springer London. 91-103
- Groat, L. N., & Wang, D. (2013). *Architectural Research Methods*. John Wiley & Sons. New Jersey. NJ:Wiley
- Heidari Matin, N., & Eydgahi, A. (2019). Technologies Used in Responsive Facade Systems: A Comparative Study. *Intelligent Buildings International*, 1-20.
- İslamoğlu, Ö., & Gülay, U. S. T. A. (2018). Mimari Tasarımda Esneklik Yaklaşımlarına Kuramsal Bir Bakış. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 8(4), 673-683.
- Juaristi, M., & Monge-Barrio, A. (2016, October). Adaptive Façades in Temperate Climates: An In-Use Assessment of an Office Building. In *11th Conference on Advanced Building Skins*, s.418-428. Bern.
- Kavuran, T., & Bayram, D. E. D. E. (2013). Platon Ve Aristoteles'in Sanat Etiği, Estetik Kavramı Ve Yansımaları. *Sanat Dergisi*, (23), 47-64.
- Koglin, T. L. (2003). *Movable Bridge Engineering*. John Wiley & Sons.
- Korkmaz, K. (2001). Kinetik bir mimarlığa doğru. *Ege Mimarlık*, 1(37), 8-11.
- Korkmaz, K. (2004). *An Analytical Study of the Design Potentials in Kinetic Architecture*. İ.Y.T.E., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Kronenburg, R. (2007). *Portable Architecture*. Londra, Routledge.
- Külcü, R. (2016). Sanayi Devriminden 1700 Yıl Önce Yapılmış Erken Bir Keşif: Heron'un Buhar Türbini (Aerolipie). *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 2(1), 32-39.

- Lee, J. (2012). *Adaptable, Kinetic, Responsive, and Transformable Architecture: An Alternative Approach to Sustainable Design*. The University of Texas at Austin, Master of Science in Sustainable Design, Yüksek Lisans Tezi, Austin.
- Leland, L. M. (2006). *Mimarlığın öyküsü, öğeleri ve anlamı*. Çev. Ergün Akça). Kabalcı Yayınevi, İstanbul.
- Luhtala, E. J. (2016). *Dynamic adjustable acoustic panel system*. U.S. Patent No. 9,322,165. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Meagher, M. (2015). *Designing for change: The poetic potential of responsive architecture*. *Frontiers of architectural Research*, 4(2), 159-165.
- Megahed, Naglaa A. (2017). *Understanding Kinetic Architecture: Typology, Classification, and Design Strategy*. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(2), 130-146.
- Menchetelli, V. (2021). *A Walking City by Archigram Group: On the Utopian Dimension of Drawing*. *diségno*, (9), 17-20.
- Mikullovci, Y. (2019). *Kinetik Mimarlık: Tasarım, Yapı ve Çevresel Değerler Üzerinden Bir Değerlendirme*. M.S.G.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Moloney, J. (2011). *Designing kinetics for architectural facades: state change*. Taylor & Francis.
- Mulder, H. (2020). *Villa Girasole: A Filter for Movement in Building Cognition*. In 25th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA 2020, The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), s. 143-152.
- Mutlu Avinç, G. (2016). *Hesaplamalı Tasarım Süreci Üzerine Bir Araştırma*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Mutlu Avinç, G., & VURAL, S. (2020). *Bir Model Önerisi: Hesaplamalı Tasarım Bağlamında Değişen Tasarım Süreci*. *Online Journal of Art & Design*, 8(1).
- Ott, W. R. (1988). *Human Activity Patterns: A Review Of The Literature For Estimating Time Spent Indoors, Outdoors, And In Transit*. US Environmental Protection Agency, Las Vegas, New York.
- Özgel Felek, S. (2019). *Mimarlıkta Mobilite Kavramı*. *Yapı Mimarlık, Tasarım, Kültür ve Sanat Dergisi*, İstanbul.
- Pallasmaa, J. (2011). *Tenin Gözleri*. Çev. Aziz Ufuk Kılıç. İstanbul: Yem Yayınları.
- Persiani, S. (2018). *Biomimetics of Motion: Nature-Inspired Parameters and Schemes for Kinetic Design*. Springer International Publishing, Münih.

- 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), s. 170-177.
- Razaz, Z. E. (2010). Sustainable vision of kinetic architecture. *Journal of Building Appraisal*, 5, s. 341-356.
- Reuleaux, F. (2013). *The Kinematics of Machinery: Outlines of a Theory of Machines*. Courier Corporation, Mineola, New York.
- Sanchez-del-Valle, C. (2005). Adaptive Kinetic Architecture: A Portal To Digital Prototyping. In *Smart Architecture: Integration of Digital and Building Technologies*, Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture, s. 128-140.
- Sanin, A. I. (2014). *The Invention of an Elevator*. Sumy State University, Doktora Tezi, Sumi.
- Seydioğulları, H. S. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yenilenebilir Enerji. *Planlama Dergisi*, 23(1), s. 19-25.
- Süalp, Ç. (2021). Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Origaminin İncelenmesi. M.S.G.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Topdemir, H. G. (2011). Geç İskenderiye Döneminde Bilim: İskenderiyeli Heron. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 529, s. 90-92.
- Tzu, S. (2008). *The Art of War*. Çeviren Adil Demir, 3. Baskı, Kaştaş Yayınevi, İstanbul.
- Velikov, K., & Thün, G. (2013). Responsive building envelopes: characteristics and evolving paradigms. Trubiano, F., *Design and Construction of High Performance Homes*, s.75-92.
- Vural, S. (2000). *Hi-Tech Mimarlık Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Walden, D. K. (2014). Frozen music: music and architecture in Vitruvius' *De Architectura*. *Greek and Roman musical studies*, 2(1), 124-145.
- William Zuk, Roger H. Clark. (1970) *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Yıldırım, S. Ö. (2004). Mimarlık ve Estetik Betonun Estetiği. *Beton*, 2004 Kongresi Bildirileri, s. 573-583. İstanbul.
- Yuval, N. H. (2016). *Homo Deus: Yarının Kısa Bir Tarihi*. Çeviren Poyzan, 2. Baskı, 83-111, Kollektif Kitap Yayınevi, İstanbul.
- URL-1. (2022, Haziran 28). "Kinetik" Sözcüğü: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.

- URL-2. (2022, Haziran 28). "Kinetik" Kelimesi Etimolojisi: <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/kinetik> adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2022, Eylül 03). "Otomasyon Nedir?": <https://shiftdelete.net/otomasyon-nedir> adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2022, Eylül 04). Villa Girasole. <http://hiddenarchitecture.net/villa-girasole/> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2022, Temmuz 25). AD Classics: Institut du Monde Arabe - Jean Nouvel. <https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel/50381c0228ba0d599b000f18-ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel-image> adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2022, Temmuz 14). AD Classics: The Plug-In City - Peter Cook/Archigram. <https://www.archdaily.com/399329/ad-classics-the-plug-in-city-peter-cook-archigram> adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2022, Temmuz 25). The Guardian. <https://www.theguardian.com/uk/2002/feb/14/arts.arts> adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2021, Aralık 22). Al Bahar Towers: Responsive Facade - Aedas. <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas> adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2021, Aralık 20). Sliding House by dRMM. <https://www.dezeen.com/2009/01/19/sliding-house-by-drmm-2/> adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2022, Ekim 21). Heliotrop: Rotating House. <https://architectuul.com/architecture/heliotrop-rotating-house> adresinden alınmıştır.
- URL-11. (2022, Ekim 21). Heliotrope: The World's First Energy-Positive Solar Home. <https://inhabitat.com/heliotrope-the-worlds-first-energy-positive-solar-home/> adresinden alınmıştır.
- URL-12. (2022, Ekim 21). "Esnek" Kelimesinin Etimolojisi. <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/esnek> adresinden alınmıştır.
- URL-13. (2022, Ekim 21). Türk Dil Kurumu. <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- URL-14. (2022, Ekim 22). Moving Walls: Kinetic Systems and Dynamic Facades. <https://www.homedit.com/moving-walls-kinetic-systems-and-dynamic-facades/> adresinden alınmıştır.
- URL-15. (2022, Ekim 22). Waxwing Residence - Ancerl Studio. <https://homeworlddesign.com/waxwing-residence-ancerl-studio/> adresinden alınmıştır.
- URL-16. (2022, Ekim 24). "Estetik" Kelimesinin Anlamı. <https://sozluk.gov.tr/estetik> adresinden alınmıştır.

- URL-17. (2022, Kasım 27). Naum Gabo (1890-1977). <https://www.artforum.com/print/197709/naum-gabo-1890-1977-37258> adresinden alınmıştır.
- URL-18. (2022, Kasım 27). Tate Gallery: Kinetic Construction Standing Wave by Naum Gabo. <https://www.tate.org.uk/art/artworks/gabo-kinetic-construction-standing-wave-t00827> adresinden alınmıştır.
- URL-19. (2022, Aralık 13). Milwaukee Art Museum by Santiago Calatrava: A Spectacular Kinetic Structure. <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a3010-milwaukee-art-museum-by-santiago-calatrava-a-spectacular-kinetic-structure/> adresinden alınmıştır.
- URL-20. (2022, Aralık 13). Milwaukee Art Museum - Santiago Calatrava. <https://calatrava.com/projects/milwaukee-art-museum.html> adresinden alınmıştır.
- URL-21. (2023, Ocak 7). Milwaukee Art Museum by Santiago Calatrava. <https://www.arch2o.com/milwaukee-art-museum-calatrava/> adresinden alınmıştır.
- URL-23. (2023, Şubat 04). Custom Folding Walls & Partitions. <https://www.facilityplus.com/products/custom-folding-walls-partitions/> adresinden alınmıştır.
- URL-24. (2023, Şubat 04). Sharifi-Ha House by NextOffice. <https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice> adresinden alınmıştır.
- URL-25. (2023, Şubat 05). Rolling Bridge by Thomas Heatherwick. <https://www.evolo.us/rolling-bridge-thomas-heatherwick/> adresinden alınmıştır.
- URL-26. (2023, Temmuz 26). Ammonite. <https://www.collectifscale.com/ammonite> adresinden alınmıştır.
- URL-27. (2022, Eylül 30). Kuwait Pavilion Sevilla by Santiago Calatrava. <https://calatrava.com/motion/kuwait-pavilion-sevilla.html> adresinden alınmıştır.
- URL-28. (2022, Eylül 24). Pinterest. <https://www.pinterest.com/pin/78250112256045112/> adresinden alınmıştır.
- URL-29. (2022, Eylül 24). Kuwait Pavilion Sevilla by Santiago Calatrava. [https://calatrava.com/projects/kuwait-pavilion-sevilla.html?view_mode=gallery&image=5](https://calatrava.com/projects/kuwait-pavilion-sevilla.html?view_mode=gallery&image=5) adresinden alınmıştır.
- URL-30. (2022, Eylül 30). Emergency Building. <http://www.galinsky.com/buildings/emergency/index.htm> adresinden alınmıştır.
- URL-31. (2023, Ocak 9). Huaban. <https://huaban.com/from/calatrava.com> adresinden alınmıştır.

- URL-32. (2022, Eylül 30). Learn About Butterflies, Bring Them to Your Garden. <https://agrilifetoday.tamu.edu/2022/06/13/learn-about-butterflies-bring-them-to-your-garden/> adresinden alınmıştır.
- URL-33. (2022, Ekim 01). One Ocean Thematic Pavilion Expo 2012 by Soma. <https://www.archdaily.com/236979/one-ocean-thematic-pavilion-expo-2012-soma> adresinden alınmıştır.
- URL-34. (2022, Eylül 30). Organic Treatment for Caterpillars. <https://www.nature-and-garden.com/gardening/organic-treatment-caterpillars.html> adresinden alınmıştır.
- URL-35. (2023, Ocak 9). Adaptive Shading System of Arab World Institute in Paris. https://www.researchgate.net/figure/Adaptive-shading-system-of-Arab-World-Institute-in-Paris-16_fig1_329348292/actions#reference adresinden alınmıştır.
- URL-36. (2022, Ekim 01). Customs Seizure Shines Spotlight on Pangolin, World's Most Trafficked Animal. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/customs-seizure-shines-spotlight-pangolin-worlds-most-trafficked-animal-180961580/> adresinden alınmıştır.
- URL-37. (2022, Ekim 2). Arab World Institute, Paris, France. <https://www.skyscrapercity.com/threads/arab-world-institute-paris-france.349394/> adresinden alınmıştır.
- URL-38. (2022, Ekim 3). Q1 Thyssenkrupp Quarter Essen - JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associates. <https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associates> adresinden alınmıştır.
- URL-39. (2023, Mart 19). Q1 Thyssenkrupp Quarter Essen - JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associates. <https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associates> adresinden alınmıştır.
- URL-40. (2022, Ekim 3). Long-eared Owl (Asio otus) - eBird. <https://ebird.org/species/litowl1> adresinden alınmıştır.
- URL-41. (2022, Temmuz 24). Media-TIC - Enric Ruiz-Geli. <https://www.archdaily.com/49150/media-tic-enric-ruiz-geli> adresinden alınmıştır.
- URL-42. (2022, Ekim 7). Media-TIC. <https://www.arkitektuel.com/media-tic/> adresinden alınmıştır.
- URL-43. (2022, Eylül 5). Adopt an Animal Kits - Animal Encyclopedia. https://www.adoptananimalkits.com/animal_encyclopedia/params/category/173338/item/993976/ adresinden alınmıştır.
- URL-44. (2022, Ekim 3). iStockphoto - Garden Snail. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraflar/garden-snail> adresinden alınmıştır.

- URL-45. (2022, Ağustos 15). Kinetic Umbrella. <https://eikeschling.com/2021/08/28/kinetic-umbrella/> adresinden alınmıştır.
- URL-46. (2023, Mart 16). Bloom. <https://www.dosu-arch.com/bloom> adresinden alınmıştır.
- URL-47. (2023, Şubat 5). Rolling Bridge - Thomas Heatherwick. <https://www.evolo.us/rolling-bridge-thomas-heatherwick/> adresinden alınmıştır.
- URL-48. (2023, Mart 16). Bloom. <https://www.dosu-arch.com/bloom> adresinden alınmıştır. URL-49, <https://www.designboom.com/art/brisbane-airport-kinetic-parking-garage-facade-by-ned-kahn-uap/>. 16 Mart 2023.
- URL-46, <https://www.designboom.com/art/brisbane-airport-kinetic-parking-garage-facade-by-ned-kahn-uap/>. 16 Mart 2023.
- URL-47. (2023, Ekim 8). TDK Güncel Türkçe Sözlük- Transfer. https://sozluk.gov.tr/transfer?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK adresinden alınmıştır.
- URL-48. (2023, Kasım 2). Meteoroloji Genel Müdürlüğü- İl ve İlçeler İstatistik. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ANTALYA> adresinden alınmıştır.
- URL-49. (2023, Kasım 5). TÜBİTAK Bilim Genç- Arduino Kartı Tanıyalım. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/arduino-karti-taniyalim-0#:~:text=Arduino%2C%20a%C3%A7%C4%B1k%20kaynak%20kodlu%20yaz%C4%B1l%C4%B1m,s%C3%B6nd%C3%BCrebilir%20ya%20da%20motoru%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1rabiliriz> adresinden alınmıştır.
- URL-50. (2023, Kasım 5). Şefik Saygılı Kişisel Web Sitesi. <https://sefik.net/?mid=118&id=679> adresinden alınmıştır.
- URL-51. (2023, Kasım 5). Electronic Alex- Come Leggere Uno Schema Elettronico. <https://electronicalex.wordpress.com/2015/11/24/approfondimento-come-leggere-uno-schema-elettronico/> adresinden alınmıştır.
- URL-52. (2023, Kasım 6). Arsitektur2Day- Suite Vollard Spinning Building. <http://arsitektur2day.blogspot.com/2013/07/suite-vollard-spinning-building.html> adresinden alınmıştır.
- URL-53. (2023, Aralık 3). TDK Güncel Türkçe Sözlük- Kinematik. <https://sozluk.gov.tr/Kinematik> Sözcüğü adresinden alınmıştır.

EK-1 Sınıflandırma Diyagramı



EK-2 Arduino Uno Kodlar

```

#include <BAE910.h>
#include <DS18B20.h>
#include <OneWireHub.h>
#include <OneWireHub_config.h>
#include <OneWireItem.h>
#include <platform.h>
#include <Servo.h>
#include <DallasTemperature.h>
OneWire oneWire(2);
DallasTemperature DS18B20(&oneWire);
DeviceAddress DS18B20adres;
float santigrat;
int kontrol;
int veri;
int led1 = 8; //kırmızı
int led2 = 6; //yeşil
int servoPin =9;
Servo motor;
void setup(){
  motor.attach(servoPin);
  Serial.begin(9600);
  DS18B20.begin();
  DS18B20.getAddress(DS18B20adres, 0);
  DS18B20.setResolution(DS18B20adres, 12);
  pinMode (led1, OUTPUT);
  pinMode (led2, OUTPUT);
}
void loop(){
  DS18B20.requestTemperatures();
  santigrat = DS18B20.getTempC(DS18B20adres);
  Serial.print(santigrat);
  Serial.print(" C -- ");
  //ışık değeri
  int isik = analogRead(A0);
  delay(50);
  Serial.print("Işık Değeri: ");
  Serial.println(isik);
  Serial.print("Bluetooth verisi: ");
  Serial.println(veri);
  Serial.println("*****");
  if(Serial.available()>0){
    veri= Serial.read();
  }
  if (veri==77) {kontrol=1;}
  if (veri==79) {kontrol=2;}
  if(veri==47 && kontrol==1){
    digitalWrite(led1,HIGH);

```

```

motor.write(0);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(veri==48&& kontrol==1){
digitalWrite(led1,HIGH);
motor.write(0);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(veri==49&& kontrol==1){
digitalWrite(led1,HIGH);
motor.write(30);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(veri==50&& kontrol==1){
digitalWrite(led1,HIGH);
motor.write(60);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(veri==51&& kontrol==1){
digitalWrite(led1,HIGH);
motor.write(90);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(isik >600 && santigrat > 20 && (kontrol==2)){
digitalWrite(led1,HIGH);
motor.write(150);
delay(450);
digitalWrite(led1,LOW);
delay(250);
digitalWrite(led1,HIGH);
delay(250);
digitalWrite(led1,LOW);
delay(250);
digitalWrite(led1,HIGH);
delay(250);
digitalWrite(led1,LOW);
}
else if(isik <600 && santigrat > 23 && (kontrol==2)){
digitalWrite(led2,HIGH);
motor.write(45);
delay(450);
digitalWrite(led2,LOW);
delay(250);
digitalWrite(led2,HIGH);

```

```
    delay(250);
    digitalWrite(led2,LOW);
    delay(250);
    digitalWrite(led2,HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(led2,LOW);
}
else if(isik <=600 && santigrat <= 20 && (kontrol==2)){
    digitalWrite(led2,HIGH);
    motor.write(0);
    delay(450);
    digitalWrite(led2,LOW);
    digitalWrite(led1,HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(led2,HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(led1,LOW);
    delay(250);
    digitalWrite(led1,HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(led1,LOW);
    delay(250);
    digitalWrite(led2,LOW);
    delay(250);
}
}
```

ÖZGEÇMİŞ

Lütfullah Emre TAŞAN, İlköğrenimini Mimar Sinan Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2014 yılında Trabzon Fen Lisesi'nde tamamladı. 2015-2016 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde lisans eğitimine başladı. 2018 yılında Erasmus+ programı ile 5 ay Stuttgart Üniversitesi'nde öğrenim gördü. 2020 yılında okuduğu Mimarlık bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. 2021 yılında RTEÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak atandı ve akademik çalışmalarını burada sürdürmektedir. İyi derece İngilizce bilmektedir.