T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖN TASARIM MODELİ OLUŞTURMADA HAREKET SİMÜLASYONU VERİSİNE DAYALI BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Naciye SEVGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG

Kasım, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖN TASARIM MODELİ OLUŞTURMADA HAREKET SİMÜLASYONU VERİSİNE DAYALI BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Naciye SEVGÜL tarafından hazırlanan tez çalışması 11.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Meral ERDOĞAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Çetin TÜKER, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Ön Tasarım Modeli Oluşturmada Hareket Simülasyonu Verisine Dayalı Bir Yöntem Önerisi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Naciye SEVGÜL

İmza

Aileme…

TEŞEKKÜR

Tüm yüksek lisans ve tez çalışması sürecimde her an yanımda olan, bilgi birikimini, desteğini esirgemeyen ve bana yol gösterici olan danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG'a teşekkür ederim.

Bu süreçte bana sabır gösteren, her şartta yanımda olan, bana olan inancını hiç kaybetmeyen, her koşulda anlayışla ve sevgiyle yaklaşan değerli insan Yunus Çağrı KARA'ya hayatıma hareketi, devinimi ve değişimi getirdiği için de minnet duyuyor ve çok teşekkür ediyorum. Ayrıca, bana olan desteklerini hiç eksik etmeyen arkadaşlarıma ve aileme de çok teşekkür ediyorum.

Naciye SEVGÜL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ x

TABLO LİSTESİ xii

ÖZET xiv

ABSTRACT xvi

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 1

1.3 Hipotez 2

2 Mimari Sayısal Tasarımda Hareket ve Animasyon 4

2.1 Hareketin Mimari Sayısal Tasarımdaki Etkileri 4

2.1.1 Sayısal Tasarımın Gelişimi ile Hareketin Kullanımı 5

2.1.2 Mimari Tasarım Yöntemleri ve Tasarımın Etkisi 8

2.1.3 Bölüm Sonucu 19

2.2 Hareketin Tasarımda Kullanımı 19

2.2.1 Sanat, Tasarım ve Hareket 19

2.2.2 Mimari Sayısal Tasarım ile Hareket 22

2.3 Hareketin Gerçek ve Sayısal Ortamdaki İfadesi 28

2.3.1 Hareketin Zaman, Mekan ve Kuvvet İlişkisi 29

2.3.2 Hareketin Sayısal Ortamdaki İfadesi; Animasyon 31

2.3.3 Animasyonun Fizik ile Birleşimi; Simülasyon 37

3 Obje Hareketleri Simülasyonlarıyla Tasarım Modeli Oluşturma 42

3.1 Simülasyon Aracının Belirlenmesi 42
3.1.1 MassFx Aracı 42
3.2 Kullanılacak Obje ve Özelliklerinin Belirlenmesi 44
3.2.1 Basit Küresel Objenin Simülasyonda Kullanılması 44
3.3 Obje Hareketi Simülasyonları ile Yapılan Deney Çalışmaları . . . 47
3.3.1 Simülasyon Deneylerinin Başlangıç Aşamaları 47
3.3.2 Simülasyon Deneyleri 49

4 Sonuç ve Öneriler 83

A Simülasyon Deneylerinin Yapım Aşamaları 85
A.1 KV07_K Deneyinin Yapım Aşamaları 85
A.2 Yanköşe Proje Önerisi Yapım Aşamaları 87
A.3 Deneyler Sırasında Karşılaşılan Zorluklara Örnekler 89

Kaynakça 90

Tezden Üretilmiş Yayınlar 93

SİMGE LİSTESİ

a	İvme
d	Yoğunluk
F	Kuvvet
F_B	Kaldırma Kuvveti
F_G	Yerçekimi Kuvveti
F_D	Sürükleme Kuvveti
F_M	Magnus Kuvveti
m	Kütle
r	Konum
t	Zaman
v	Hız

KISALTMA LİSTESİ

2D	2 Boyutlu
3D	3 Boyutlu
B	Basketbol Topu
BE	Beton
ÇE	Çelik
FIBA	International Basketball Federation
ITF	International Tennis Federation
ITTF	International Table Tennis Federation
KA	Karton
Kİ	Kireçtaşı
KV	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney
KV01	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 01
KV01_N-8	8 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 01
KV01_N-10	10 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 01
KV01_N-12	12 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 01
KV01_N-14	14 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 01
KV02	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 02
KV02_N-8	8 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 02
KV02_N-10	10 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 02
KV02_N-12	12 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 02
KV02_N-14	14 Newton Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 02
KV03	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 03
KV03_L-400	400cm Duvar Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 03
KV03_L-300	300cm Duvar Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 03
KV03_L-200	200cm Duvar Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 03
KV03_L-100	100cm Duvar Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 03
KV04	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 04
KV04_H-200	200cm Zemin Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 04
KV04_H-250	250cm Zemin Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 04
KV04_H-100	100cm Zemin Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 04
KV04_H-50	50cm Zemin Mesafesinden Atılan Objeyle Yapılan Deney 04
KV05	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 05
KV05_YX-15	15°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 05
KV05_YX-30	30°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 05
KV05_YX-45	45°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 05
KV05_YX-60	60°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 05
KV06	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 06
KV06_K1	0°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 06
KV06_K2	45°'lik Z Açı Değeriyle Atılan Objeyle Yapılan Deney 06
KV06_K3	135°'lik Z Açı Değerleriyle Atılan 2 Objeyle Yapılan Deney 06
KV07	Kuvvet Uygulanan Objeyle Yapılan Deney 07
KV07_K	Kare Plan İçinde 2 Objeyle Yapılan Deney 07
KV07_Ü	Üçgen Plan İçinde 2 Objeyle Yapılan Deney 07
KV07_D	Dikdörtgen Plan İçinde 2 Objeyle Yapılan Deney 07
KV07_Y	Yamuk Plan İçinde 2 Objeyle Yapılan Deney 07

M	Masa Tenisi Topu
PL	Plastik
S	Squash Topu
SD	Serbest Düşüş
T	Tenis Topu
TDK	Türk Dil Kurumu
VRML	Sanal Gerçeklik Modelleme Dili

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Sayısal Tasarımın Tipografisi 6
Şekil 2.2 Akipek'in sayısal tasarım teknolojileri ve ilgili alt terimler için oluşturduğu kavram haritası 10
Şekil 2.3 Büyük Avlu - British Museum 11
Şekil 2.4 Birgül Çolakoğlu'nun Boşnak ev tiplerinden türeyen biçim gramerleri çalışması 12
Şekil 2.5 Stan Arnett tarafından yapılan türetici tasarım çalışması – Colorado Üniversitesi, Denver 13
Şekil 2.6 Greg Lynn, Embriyolojik ev projesi (1997-2001) model, MoMa sergisi 14
Şekil 2.7 Embriyonik Evlerin Evrimi 14
Şekil 2.8 BIG – West 57th (2016) – Konsept Diyagramları 15
Şekil 2.9 Foster&Partners – GLA Yönetim Binası(2002) – Arup tarafondan yapılmış akustik ve ısı analiz örnekleri 16
Şekil 2.10 eifForm ile uygulanan ilk prototip (2002) ve bir saçak tasarımı alternatifleri.....16
Şekil 2.11 Greg Lynn – Long Island'da Ev Prototipi çalışması – Ters kinematik yöntemi kullanılmış bir örnek 18
Şekil 2.12 Greg Lynn – Port Authority Otobüs Terminali – Partikül yöntemi uygulanarak yapılan proje 18
Şekil 2.13 Greg Lynn – Partikül hareketlerinin dijital haritanması.....18
Şekil 2.14 Hareket halindeki at, Eadweard Muybridge (1878) 19
Şekil 2.15 Tek bir fotoğrafla çekilen uçan pelikan, Etienne-Jules Marey(1870) 20
Şekil 2.16 Hareket ve tasarımın sanattaki ifadesi – Marcel Duchamps'ın "Nude Descending a Staircase" (1912) çalışması(sağda), Eadward Muybridge'in hareket halindeki insan(solda) 20
Şekil 2.17 Bükreş kentsel tasarım yarışması çalışması (a), Marcel Duchamp – Nude Descending a Staircase No:2 (1912) (b), Umberto Boccioni – Dynamism of a Soccer Player (1913) (c) 21
Şekil 2.18 Peter Jansen'in Heel Kick 2(2007) adlı çalışması, çoklu stroboskopik gösterim tekniği, Geoffrey Mann'ın Attrected to Light (2005), tarama tekniği 21
Şekil 2.19 Terressa Leung'un tel sanatı tavan enstelasyonu(2010), hareket izi tekniği, Eyal Gever'in Catastropic Disasters serisinden nükleer bomba eseri(2013), parçacık sistemleri tekniği 21
Şekil 2.20 JL Design tarafından hazırlanmış hareket heykelleri 22
Şekil 2.21 Ether/I projesi (1995) – Cenevre-İsviçre 24
Şekil 2.22 Çift cidarlı alüminyum form 24
Şekil 2.23 "Confluence of commerce" form alternatifleri 25
Şekil 2.24 "Confluence of commerce" insan etkileşimleri grafiği & çatı planı ..26
Şekil 2.25 Bernhard Franken - "Dynaform" (2001) Dijital tasarım süreci ve imalat görüntüleri.....26

Şekil 2.26 Hareket yakalama verilerine göre öğrencilerin çalışma örnekleri (üstte), “clap your hands” projesinin 3 boyutlu modeli ve ahşap maketi (altta).....27
Şekil 2.27 “Clap Your Hands” projesinin ahşap maketi.....28
Şekil 2.28 Hareket verisi elde etme süreçleri.....29
Şekil 2.29 Thaumatrope (a), Praxinoscope (b), Zoetrope (c) 33
Şekil 2.30 Phenakistoscope (a), Flipper book (b) 34
Şekil 2.31 “St. Trinian’s School for Girls” animasyonunun yapım aşaması 35
Şekil 2.32 Max Fleischer tarafından geliştirilen ve 1917 yılında patentlenen rotoskopi tekniği ve orijinal cihazı 35
Şekil 2.33 Simülasyon programlarıyla oluşturulan simülasyon görselleri 37
Şekil 2.34 Kuvvet ile gelen topun fileye çarptığında oluşturduğu etkinin simülasyondaki görüntüsü 39
Şekil 2.35 Bayrağın rüzgar etkisiyle dalgalanmasının ve kumaş bir örtünün katı küp cismin üzerine bırakılmasının simülasyondaki görüntüsü 40
Şekil 3.1 3ds Max MassFx aracının araç çubuğu 43
Şekil 3.2 3ds Max MassFx aracının ayar sekmesi 43
Şekil 3.3 Küre ve ortogonal çapları 44
Şekil 3.4 Topun yer çekimi kuvvetiyle düşmesini anlatan diyagramlar 46
Şekil 3.5 Topun sıçrama diyagramı 47
Şekil 3.6 Obje açı eksenleri 52
Şekil 3.7 Tek yüzey ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları 53
Şekil 3.8 Tek yüzey ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları 53
Şekil 3.9 Çapraz birleştirme örnekleri – Plan 61
Şekil 3.10 KV01_N-12 ile KV05_YX-45 çapraz birleştirme görsel çalışması 66
Şekil 3.11 KV02_N-10 ile KV05_YX-30 çapraz birleştirme görsel çalışması 66
Şekil 3.12 KV03_L-100 ile KV05_YX-15 çapraz birleştirme görsel çalışması 67
Şekil 3.13 KV04_H-250 ile KV05_YX-60 çapraz birleştirme görsel çalışması 67
Şekil 3.14 Çoklu yüzeyler ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları 68
Şekil 3.15 Çoklu yüzeyler ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları 68
Şekil 3.16 KV06_K3 deneyinin plan hareket izleri ve oluşturulan formun plan görünüşü 70
Şekil 3.17 KV06_K3 de oluşturulan formun perspektif görünüşü 70
Şekil 3.18 KV07 için üretilen çeşitli formda kent boşluklu plan şemaları 71
Şekil 3.19 KV07_K deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri 73
Şekil 3.20 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun planı 73
Şekil 3.21 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri 73
Şekil 3.22 KV07_Ü deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri 74
Şekil 3.23 KV07_Ü deneyi ile oluşturulan formun planı 74
Şekil 3.24 KV07_Ü deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri 74
Şekil 3.25 KV07_D deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri 75
Şekil 3.26 KV07_D deneyi ile oluşturulan formun planı 75
Şekil 3.27 KV07_D deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri 75
Şekil 3.28 KV07_Y deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri 76
Şekil 3.29 KV07_Y deneyi ile oluşturulan formun planı 76
Şekil 3.30 KV07_Y deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri 76
Şekil 3.31 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri-plan 77

Şekil 3.32 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri-perspektif ……..……..77
Şekil 3.33 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri-plan ……78
Şekil 3.34 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri-perspektif ……78
Şekil 3.35 “Yanköşe” proje alanı ……..79
Şekil 3.36 “Yanköşe” proje alanı ……..79
Şekil 3.37 “Yanköşe” plan şeması ve objelerin hareket izleri ……..80
Şekil 3.38 “Yanköşe” proje plan ve perspektif çalışması ……..81
Şekil 3.39 “Yanköşe” proje alanı görsel çalışması ……..81
Şekil 3.40 “Yanköşe” proje alanı görsel çalışması ……..82

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Mimari Alanda Bilgisayar Destekli Tasarımın Dönemlere Göre Gelişimi 6
Tablo 3.1 Malzeme çeşitlerine göre obje değerleri tablosu 01 48
Tablo 3.2 Malzeme çeşitlerine göre obje değerleri tablosu 02 48
Tablo 3.3 Malzeme çeşitlerine göre zemin değerleri tablosu 01 49
Tablo 3.4 Objelerin sıçrama mesafeleri- SD 50
Tablo 3.5 Objelerin sıçrama izleri 51
Tablo 3.6 Objelerin sıçrama izleri – KV01 55
Tablo 3.7 Objelerin sıçrama izleri – KV02 56
Tablo 3.8 Objelerin sıçrama izleri – KV03 57
Tablo 3.9 Objelerin sıçrama izleri – KV04 58
Tablo 3.10 Objelerin sıçrama izleri – KV05 59
Tablo 3.11 Deney gruplarından seçilen, çapraz birleştirmeleri yapılması düşünülen izlerin görünüşleri 60
Tablo 3.12 KV01_N-12 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar 62
Tablo 3.13 KV02_N-10 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar 63
Tablo 3.14 KV03_L-100 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar 64
Tablo 3.15 KV04_H-250 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar ...65
Tablo 3.16 Objelerin sıçrama izleri – plan ve perspektif – KV06 69
Tablo 3.17 Objelerin sıçrama izleri – KV07 72
Tablo 3.18 Objelerin sıçrama izleri – Yanköşe 80

ÖZET

Ön Tasarım Modeli Oluşturmada Hareket Simülasyonu Verisine Dayalı Bir Yöntem Önerisi

Naciye SEVGÜL

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG

Hayat hareketle başlar ve hareketle devam eder. Dünyadaki değişim ve döngüler de hareketin zaman, kuvvet ve mekanla doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bütün bunlar yani çevre, insan ve obje hareketlerinin devinimi doğrudan hayatlarımızı şekillendirmektedir. Çevremizdeki canlı ve cansız varlıkların hareketlerini gözlemleyip, bunlarla ilgili bir veri elde edebilme, anlayabilme ve yansımasını oluşturabilme geçmişten bu zamana kadar sanat ve tasarım alanlarında kullanılmıştır. Doğadaki çeşitli hareketler, insan hareketleri ve obje hareketlerinin gözlemlenip, veriye dönüştürülmesi dünyanın yaşayış sürecine, gelişim sürecine ayak uydurmaya ve bunu tasarımda yansıtabilme fırsatı verecektir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarla, doğadaki oluşan hareketlerin ve insan hareketleri referans alınıp oluşturulan tasarımlar mevcuttur.

Tasarımda özgün form arayışını bilgisayar teknolojileri kullanarak yapmak, modern mimarlık için önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde mimari tasarım yöntemleri, mimari form arayışından işlevselliğe kadar yeni teknolojik

çözümler ile oluşturulabilmektedir. Yapılacak mimari tasarımlar için referans bulmak, çevresel verilerden faydalanmak ve bunu yenilikçi bir şekilde tasarıma dönüştürmek dijital tasarım ortamında olmazsa olmaz konular haline gelmiştir.

Bu araştırma kapsamında, çevremizde aşina olduğumuz objelerin bu tasarımlarda nasıl rol oynayabileceği olmuştur. Bunun için günlük hayatta sıklıkla kullanılan, kullanım alanına göre belli kurallarla sınırlandırılmış ve dinamik bir yapıda olan küre formu seçilmiş ve çalışma içinde çeşitli simülasyon deneyleri yapılmasıyla hareket izlerinin çeşitli değişkenlerle nasıl bir tasarım yöntemi oluşturabileceği denenmiştir.

Tez kapsamında; bilgisayar ortamında oluşturulan obje hareketleri simülasyonlarından elde edilen hareket izlerinin, yeni bir mimari yöntem oluşturabilmesi amacıyla, tasarım öğesine dönüştürülmesi düşünülmüştür. Basit küresel objelerin insan etkileşimiyle oluşan hareketlerinin gözlemlenmesi ve belirtilen etkileşimin bilgisayar ortamında test edilmesi ile oluşturulan deney ortamlarında, gerçek dünya ve sanal dünya arasındaki karşılaştırmanın yapılabilmesi, deney sonuçlarının kabulleri üzerinden, sonuç ürünlerin hazırlanması amaçlanmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin mimarlıkta nasıl kullanıldığı, bilgisayar tekniklerinin ne ölçüde geliştiği ve çevresel verilerin farklı bir bakış açısıyla mimarlıkta nasıl kullanılabileceği sorgulanmaktadır. Sonuç olarak yeni bilgisayar teknolojilerinin, mimari tasarım sürecindeki araştırma, konsept oluşturma ve üretme aşamalarında yeni bir yöntem olarak kullanımının araştırılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hareket, sayısal tasarım, simülasyon, mimari tasarım, MassFx

ABSTRACT

A Method Proposal Based on Movement Simulation Data in Making Pre-Design Model

Naciye SEVGÜL

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

Life begins and continues with movement. The fact that movement is in relation to time, force and space is one of the reasons of our real world, changes and cycles. All of these are the motion of environmental movements, human and object movements; it shapes our past, present and future lives. Observing the movements of living and inanimate beings around us, obtaining data about them, understanding and creating their reflection have been used in the fields of art and design from past to present. Observing the various movements, human movements and object movements in nature and transforming them into data will give the opportunity to adapt to the life process and development process of the world and to reflect this in design. With the studies made up to this time, there are designs which are formed by reference to human movements of the movements that occur in nature.

Using computer technologies in search for the original form in the design has become an important issue in modern contemporary architecture. Nowadays, architectural design methods can be created with new technological solutions

from the search for architectural form to functionality. Finding reference for architectural designs, utilizing environmental data, and transforming it into an innovative design has become a must-have in the digital design environment. Using the movement as data and transforming it into an architectural design with digital design methods can be done with many different possibilities, together with the development of technology nowadays.

Within the scope of this research, we have learned how simple geometric objects that we are familiar with can play a role in these designs. The use of the ball, which is used frequently in daily life and sports competitions, is a dynamic form, which is limited by certain rules according to the field of use, that is, the ball in such a study, shows us how the endless movement of the ball and its motion traces will lead to various variables. It is expected that the ball will be a pioneer for new methods by creating experiments based on the rules of the ball according to the place of use in sports. Experimental environments created as a result of motion observations enable us to simulate ball movements, which allows us to digitize the motion traces and to design from these traces.

Under thesis; the object movements in the environment are analyzed both in the simulation environment and in real life, and the result data is considered to be transferred to the 3d computer environment. The main idea of the thesis is to create a pre-model for the search of an architectural form; by recording the data, which extracts from the movements of simple spherical objects with human interaction, with various recording devices. As a result, studies to be done under the thesis; aims to investigate the use of new computer technologies in the architectural design process in the research, concept building and production phases.

Keywords: Motion, digital design, simulation, architectural design, MassFx

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Hareketin tasarıma ve mimarlığa etkileriyle, sayısal tasarımda hareketin yeri üzerine tartışılan ve literatür araştırması yapılan tezde, hareketi gözlemlemenin ne tür çeşitleri olduğu ve bu yöntemlerin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu teze dahil edilen çalışmalar, hareketin tasarım sürecinde bir analiz aracı olarak değil, genel anlamda bir temsil aracı veya üretim aracı olarak bütünleştirilmesine odaklanmıştır. Bu bağlamda literatür taraması; hareketin mimari tasarımda kullanılabilirliğini, potansiyellerini ve daha önceki yapılan çalışmaları içermektedir.

Tez, sayısal tasarımda hareket ve mimarlık üzerine yoğunlaşıp, hareketin kullanımı ve ifade yöntemlerini ele alıp ardından hareket/simülasyon deneylerinin yapılması gibi üç ana bölümde incelemektedir. Literatür araştırması ve anlatımı sonucunda, hareketin simülasyonu ve bunu tasarım verisine dönüştürebilmek için yapılan deneyler, tezin son bölümünü oluşmaktadır.

Bu literatür taraması, küresel obje hareketlerinin sayısal ortamda oluşturulan simülasyonu ile tasarım sürecine nasıl dahil edilebileceğini örneklerle ve deneylerle açıklamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bu yöntemlerin uygulanabilirliği açısından ne kadar verimli olduğu ve kullanılabilir olduğu sorgulanmaktadır. Genel olarak kaynak belgeler; ilgili kitap ve tezler, yapılan araştırma ve makalelerdir.

1.2 Tezin Amacı

Mimari tasarımın ilk aşamalarında çevresel faktörler, mimarlara yön verebilecek çeşitli verileri içerirler. Çevresel faktörler içinde alınabilecek olan bir yapı veya form için ona veri sağlayacağı düşünülen unsurlar, canlı ve cansız varlıkların hareketleriyle de değerlendirilebilir. Bu varsayımla, mimarlık aslında çoğunlukla çevreden, doğadan ve hareketten beslenmektedir diyebiliriz. Hareket, çeşitli

bilgisayar teknolojileri sayesinde günümüzde geleneksel mimari tasarım yöntemlerin dışında daha da farklı yöntemler ile mimari tasarımların orijinallikleri, çeşitliliği arttığı söylenebilir.

Mimari tasarımlarda hareketin rol oynaması, araştırmanın en başta sorguladığı konulardandır. Hareketle etkilenen görüşler ve bununla gelişen tasarım yöntemleri, yeni dünyada tasarımcıyı tasarım algısını değiştirme yolunda yeni adımlar atmaya itmektedir. Bu gelişmeler sayesinde, araştırmanın amacından biri de yeni model ve yöntem arayışı olmaktadır. Ayrıca gerçek ve sanal ortamlar arasındaki karşılaştırmayı yapma imkânı sunan bir deney ortamı yaratabilmek ve bir sabit oluşturmak, bu sayede hareket izinin kayda alınması, incelenmesi ile bir yöntem oluşturma da tezin amaçlarındandır.

Tez, mimari tasarımda hareketin kullanımı ve simülasyon aracılığıyla hareketin nasıl taklit edilip forma nasıl dönüşebileceğini, bunun sonucunda harekete, kuvvete ve mekâna bağlı oluşan formun nasıl algılanabileceğini sorgulamaktadır. Tüm bunlarla birlikte sonuç olarak form analizleri ve önerileri sunmayı amaçlamaktadır.

Bunların sonucunda araştırmanın aşağıdaki sorulara cevap niteliğinde olması beklenmektedir.

— Bilgisayar ortamında oluşturulan obje simülasyonlarıyla mimari tasarım modeli elde edilebilir mi?
— Hareketin tasarıma aktarılmasından sonuç ürüne kadar geçen süreçte nasıl bir yol izlenip, ne aşamalar kaydedilmesi gerekir?
— Bu araştırma bilgisayar ortamında mimari tasarım modeli olarak yeni bir bakış açısı sağlayabilir mi?

1.3 Hipotez

Araştırmanın konusu olan obje simülasyonlarıyla hareket sayesinde tasarım modeli oluşturma, mimari tasarımda yeni bir yöntem oluşturma amacı ile ortaya çıkan bir konudur. Bu araştırma ortaya çıkan varsayımlardan birisi olarak “obje hareketleri simülasyonlarıyla mimari tasarım oluşturulabilir.” diyebiliriz. Tez

içinde en geniş kapsamlı varsayım olarak kullanabileceğimiz bu kavram, tezin amacını da oluşturmaktadır.

Yapılacak hareket deneylerinde, hareket izlerini ve doğrultularını etkileyen kriterler ile oynandığında yani kuvvet, mesafe farkı gibi değerlerin değiştirilmesi, formu oluşturacak izlerin değiştirilmesine yani çeşitliliğine neden olması düşünülmektedir.

Bunun yanında hareketin mimari tasarım için kullanılması günümüzde olası bir durumdur. Fakat araştırma kapsamında hareketin simülasyon aracıyla oluşturulması sayesinde, araştırmanın yeni bir yöntem oluşturmasına olanak verir. Tezin sorgulayacağı bir diğer konu da gerçek dünyada gözlemlenen hareket ile bilgisayar ortamında simülasyon aracı kullanılarak oluşturulan hareketin benzer bir iz & form oluşturabilmesi beklenmektedir.

2
Mimari Sayısal Tasarımda Hareket ve Animasyon

2.1 Hareketin Mimari Sayısal Tasarımdaki Etkileri

Bilgisayarların ortaya çıktığı günlerden bu zamana kadar insanoğlu sayısal ortamı her alanda kullanmaya başlamış ve günümüze kadar bu kullanım artarak devam etmiştir. İnsanların barınma ihtiyaçlarından doğan mimarlık olgusu da bu teknolojik gelişmeler ile gelişerek, çok farklı işlevlerini, yöntemlerini ve yönlerini ortaya koymuştur.

Sayısal ortam; bilgisayar ortamında hazırlanan, kodlarla şekillendirilen, gerçek ortamdaki çeşitli sınırlamaların, kuralların var olmadığı, üç boyutlu sanal bir ortamdır. Gerçek ortamda var olmayan üç boyutlu mekanların veya cisimlerin sayısal ortamda oluşturulabilmesi, mimari tasarım konsept ve uygulama aşamalarında mimarlara çok büyük avantajlar sağlamıştır. Hem konsept aşamasında hız ve zaman açısından, hem de farklı alternatiflerin kolay bir şekilde yapılabilmesi sayesinde, alternatif çalışmalarıyla oluşturulan sonuç ürünün analizlerine ve esnek özgür bir tasarımın ortaya çıkarabilmesine olanak verir.

Mimari tasarımda sayısal ortam süreç içinde hem temsil hem de tasarım aracı olarak kullanılmıştır. Tasarımın anlatılması; diyagramların, grafiklerin ve görsellerin oluşturulması aşamalarında kullanılan dijital ortamlar, zamanla bilgisayar kullanmadan geliştirilemeyen, temsil edilemeyen ve / veya inşa edilemeyen serbest biçimli, eğrisel ve diğer karmaşık geometrilerin oluşturulabilmesine olanak vermiştir(Grobman, 2008).

Formu oluşturan ve ilham alınan öğeleri anlatabilmek için bir araca ihtiyaç duyulmuş, bu ihtiyaç sonucunda temsil aracı için bilgisayarlar kullanılmış ve süreçle temsilden çok form arama yöntemine kadar bilgisayarlar ortam işlevi görmüştür.

Bilgisayar ortamlarında oluşturulan bu çeşitli geometriler, tasarımlar ve ürünler mimaride temsil, sunum ve tasarım aracı olarak kullanımına kadar geçen süreçte, canlı ve cansız hareketleri, özellikle sunum ve tasarım açısından etkili olmuştur

diyebiliriz. Hareketin bu süreçlerde kullanımı, sayısal tasarımın ortaya çıkışı, gelişimi ve yöntemleri bölüm içinde sırasıyla anlatılacaktır.

2.1.1 Sayısal Tasarımın Gelişimi ile Hareketin Kullanımı

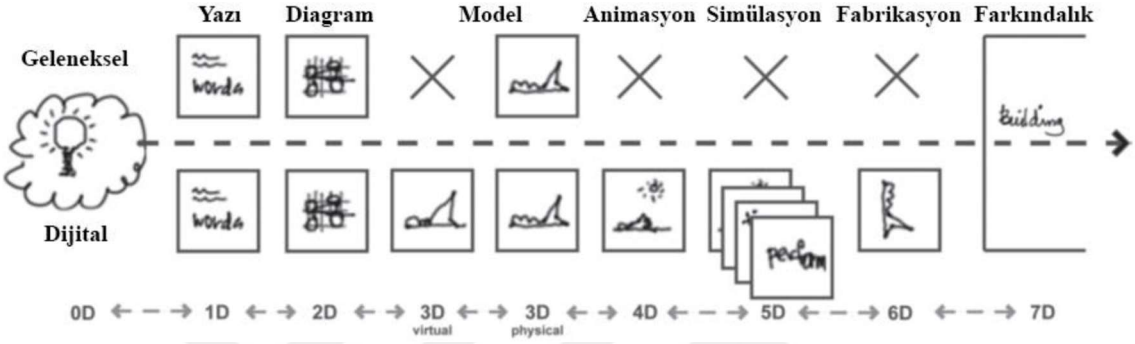
Sanat ve mühendislik dalı olarak mimarlık, insanların ve toplumların barınma ihtiyaçları için ortaya çıkmış ve geçmişten bu zamana kadar gelişerek varlığını sürdürmüştür. Hayatta olduğu gibi mimarlıkta da hareket ve değişim mevcuttur. Bu mevcudiyette çeşitli yönler, işlevler ve kullanımlar ortaya çıkmıştır. Günümüzde farklı disiplinlerle de beslenen mimarlık, bilgisayarların da tasarım ortamına girmesiyle daha çok yönlü ve alternatifli ürünlere olanak vermiştir. Bu sayede hareketin tasarımlarda kullanılması mümkün olmuş, hareketin anlatımı ve kullanımı bilgisayar teknolojileri ile yapılmaya başlanmıştır.

Bilgisayar destekli tasarım araştırma çalışmalarının çoğu 1970'lerde ve 1980'lerin başında, tasarım sürecinde problem çözmenin yanı sıra binaların geometrik, konsept modellemesi ve görselleştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Jabi, 2003). Liu'ye göre sayısal medyada kullanılan, CAD/CAM teknolojileri, hızlı model oluşturma, internet, VRCave, hareket yakalama, üç boyutlu gövde tarayıcı ve mavi ekran teknolojisi hem tasarım ve inşaat sürecini hem de mekân tasarımlarının yöntemlerini etkilemiştir. Git gide gelişen teknolojiler, hareketin de tasarımlarda uygulanmasını sağlamıştır. 1990'dan bu yana sayısal tasarım süreci ve ona bağlı devam eden inşaat süreçleri ilk olarak Peter Eisenmen ve Frank Gehry gibi öncü mimarlar tarafından uygulanmıştır(Liu, 2003).

Sayısal tasarımın ilk ortaya çıktığı zamanları yorumlayan Kendir (2005), 1970'li yıllardaki bilgisayar tasarımı ile mimarlık ilişkisini şöyle tanımlamıştır: "Bilgisayar teknolojisindeki gelişim eğitim, eğlence, tıp gibi birçok alanda etkisini hemen göstermiştir. Fakat mimarlar 70'lerin sonuna kadar bilgisayarı mimarlık alanına sokmak istemediler. Uzun süren bir direnişin ardından mimarlar bilgisayar teknolojisini çizim ve temsilde yardımcı bir araç olarak kullanmaya başladılar. Öncelikle simülasyon ve performans değerlendirmesi gibi mühendislikle daha yakından ilişkili konularda kullanılmaya başlanan bilgisayar, mimarların kullanabileceği program sayısı arttıkça tasarım çalışmalarında da yerini almıştır.

Bu aşamayla birlikte bilgisayar destekli mimarlık kavramı ortaya çıkmıştır." (Ertan,2016, s.42).

Bu tanıma göre; tasarımda bilgisayar kullanımın artmasıyla yani gelenekselden dijitale doğru olan bu gelişimde Şekil 2.1'de de gösterildiği gibi el çizimi, diyagramlar ve model çalışmalarından hareketli ifade yöntemleri olan animasyon, simülasyon çalışmaları bilgisayar destekli tasarım sayesinde kullanılmaya başlanmış ve dolaylı yoldan hareketin ifade edilmesi de mümkün olmuştur.



Şekil 2.1 Sayısal tasarımın tipografisi (Ertan, 2016)

Kendir'in yorumunda yer alan bilgisayar teknolojileri ile mimarların kullanımı arasındaki ilişkinin dönem ve tarihlere göre gelişimi de Tablo 2.1 içinde anlatımında net bir şekilde görülebilmektedir.

Tablo 2.1 Mimarlıkta sayısal tasarımın zamana göre gelişimi(Ertan, 2016)

Dönem		Yazılım	Donanım	Özellik	Etkisi
1940'lar			MEMEX Kişisel Bilgi Sunucusu		
1950'ler	1950				
	1955		CAD Workstation		
1960'lar	1960	1.kuşak CAD	2 boyutlu sketchpad ve ışıklı kalem	Teknik Resim Çizimi	
	1965		3 boyutlu sketchpad		Büyük mimari bürolarda kullanılmaya başlandı.
1970'ler		2.kuşak CAD	16 bitlik storage tüplü bilgisayarlar	Teknik Resim Çizimi	
1980		3.kuşak CAD 4.kuşak CAD Macintosh GUI'yi üretti. GUI arayüzü olan iş istasyonları	32 bitlik süper mini bilgisayarlar, yüksek çözünürlükte raster üretildi. GUI kullanımlı iş istasyonları: 1. Three Rivers Perq 2.(1980) Apollo iş istasyonu 3.(1982) Suns iş istasyonu 4. Athena iş istasyonu, MIT	Teknik resim çizimi, teknik bilgi Desteği başladı. Bölgesel bilgisayar ağları oluşturuldu.	Personel niteliği değişiyor.

Tablo 2.1 Mimarlıkta sayısal tasarımın zamana göre gelişimi(Ertan, 2016) (devamı)

Dönem		Yazılım	Donanım	Özellik	Etkisi
1980'ler	1985	5.kuşak CAD		Kullanımda hem eğitim hem de teknik destek verilmeye başlandı.	Mimarlık okulları öğretmenleri tarafından bilimsel olarak yönlendirilmeye başlandı. Küçük büro ve mühendislik firmalarında kullanılmaya başlandı. 1989'da 200.000 kullanıcıya ulaştı.
	1987	DOS UNIX MACINTOSH	Çoğu tasarım stüdyolarında olmak üzere CAD laboratuvarları kurulmaya başlandı. 1989 SUN 386 Server Harvard GSD'de kuruldu.	CAD hem mimarlık bürolarında hem de eğitimde yaygınlaşmaya başladı. (1989)	1987'de Harvad, CAD'ı mimarlık eğitiminde kullanmaya başladı.
1990'lar		Multimedya ortamı, İnternet, Sanal Gerçeklik	CD-ROM Multimedya Elemanları, Sanal Gerçeklik araçları (başlık, eldiven)	Mimarlık eğitiminde bilgisayar ağı kullanılmaya başlandı.	1. Eğitimde ve sunumda metotlar değişti, bitmapped image 2 ve 3 boyutlu CAD çizimleri, modelleme, animasyon. 2. CD-ROM mimari slayt kütüphaneleri ve ağ bağlantıları oluştu. 3. Uzaktan net bağlantısıyla iletişimi, proje tartışma odaları ve olanakları, yer ve zamandan bağımsız çalışma grupları, Sanal gerçeklik (tasarım) odaları (VDS) kuruldu.

Tablo 2.1'deki dönemsel gelişmeleri bilgisayarın kolay erişilebilir olması sayesinde 1990'lı yıllarla birlikte bilgisayar teknolojilerindeki bu hızlı ilerleyiş programlara da yansımış, kullanım alanlarını ve imkanlarını daha da genişletmiştir. Bilişim teknolojilerinin gelişmesi sayesinde gerçek-zaman animasyonların yapılabilmesi ve VRML (Virtual Reality Modelling Language)'in ortaya çıkışını sağlamıştır(Ertan, 2016).

Oxman'a göre (2006), 1990'ların tasarım anlayışı sayısal tasarım sayesinde, formun gelişmesini, karmaşık yapıların daha kolay analizini, modelinin yapılmasını ve üretimini sağlamıştır. Kolarevic, Architectural in the Digital Age (2003b) kitabında da bu gelişmeleri benzer şekilde yorumlamıştır. Çağdaş mimari tasarımda, dijital medya giderek görselleştirme için temsili bir araç olarak değil, formun türetilmesi ve dönüşümü için üretken bir araç olarak kullanıldığını

belirtmiş, sayısal tasarım ile birlikte, kavramların da form yapmadan çok form arayışı haline geldiğini savunmuştur.

Sayısal tasarımdaki bu gelişim süreci içinde animasyonun tasarım içindeki hareket olarak alındığında mimari tasarım içinde bilgisayar destekli tasarımlarda kullanılmış, aynı bilgisayar teknolojileri gibi öncelikle sunum için kullanılmıştır. 2000'li yıllarda yavaş yavaş gelişen animasyon ve simülasyon kavramlarıyla mimari tasarım içinde aktif olmaya başlamıştır.

Bu süreçte bilgisayarda kullanılan programlara bakılacak olursa, mimari ve iç mimari alanında çizim, modelleme, simülasyon ve animasyon yapan en popüler program 3ds Max olmuştur. Bunun yanında Autocad, Maya, Lumion, CATIA, Archicad, Revit ve Rhino gibi profesyonel programlar da kullanılmaktadır. Günümüzde 3D print, VR ve AR teknolojileri sayesinde bu programlarla üretilmiş üç boyutlu bir modelin küçük ölçekte gerçek oranlarıyla üç boyutlu çıktısı üç boyutlu yazıcılar ile alınabilmekte, mimari yapılarda üç boyutlu gözlüklerle sanal gezintiler de artık günümüzde yapılabilmektedir.

2.1.2 Mimari Tasarım Yöntemleri ve Hareketin Etkisi

Mimarlıkta yöntem olarak sayısal tasarım tekniklerinin araştırılması ve tasarım geliştirme yönünde kullanılması, mimarları bilgisayarın tasarım potansiyellerini ortaya çıkarmayı sağlamıştır. Bazı araştırmacı mimarların deneysel çalışmaları ile başlayan bilgisayar ortamında sayısal tasarım teknikleri ile üretilen tasarımlar, bugün deneysel olmaktan çıkıp fiziksel ortamda inşa edilebilen tasarımlara dönüşmüştür. Günümüzde parametrelere, algoritmalara, animasyona, performansa ve diyagrama dayalı tasarım teknikleri artık literatürde yerini almış teknikleri oluşturmaktadır. Bu yöntemlere ek olarak geliştirilebilecek bir yöntem düşünüldüğünde, animasyonların ve simülasyon örneklerinin tasarıma dönüştürebileceği bir yöntemin ve yeni tekniklerin de gelişip çeşitlenebileceği beklenebilir. Bu beklenti ve amaçla incelenecek olan ve literatürde yeri belli olan tasarım yöntemlerinin tez çalışması için bir altyapı oluşturması ve yol gösterici olması beklenmektedir.

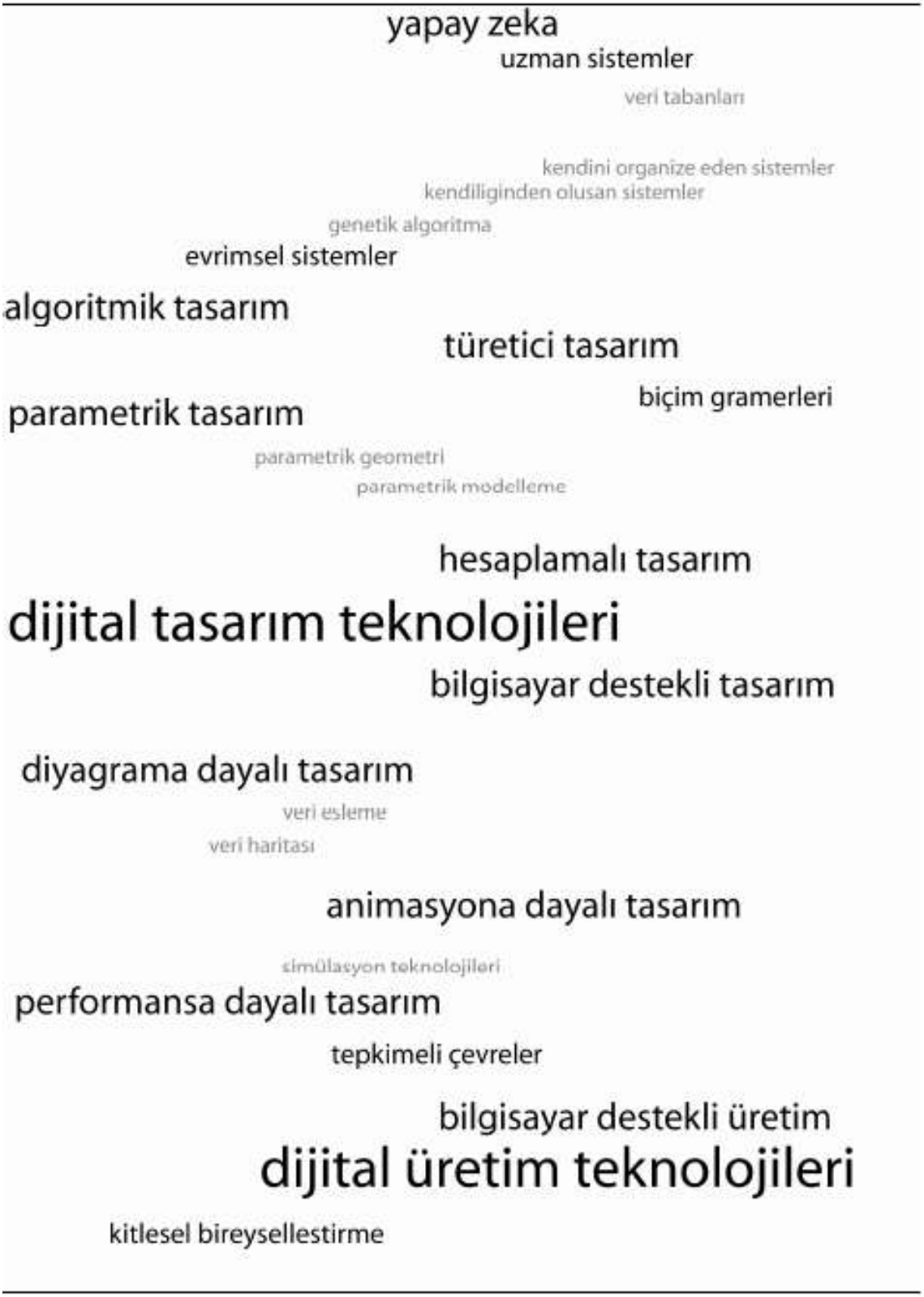
2.1.2.1 Mimari Tasarım Yöntemleri

Literatürde yeri belirli olan tasarım yöntemleri olarak kullanılan örneklerden biri; Kolarevic'in "Digital Architectures" adlı yayınında bahsettiği, mimari form arayışına cevap vermesi için oluşturulmuştur. Bu yöntemler sırayla altı başlıktan oluşmaktadır:

1. Topolojik Mimariler,
2. İzomorfik Mimariler,
3. Animasyona Dayalı Mimariler,
4. Metamorfik Mimariler,
5. Parametrik Mimariler,
6. Evrimsel Mimariler, (Kolarevic, 2000)

Bunun yanında, Akipek'in (2004) doktora çalışmasında yaptığı sınıflandırma Kolarevic'in form bağlamında oluşturduğu sınıflandırmayla benzer özellikte olup, mimarlığın sayısal tasarımda ve üretimde karşılaştığı yeniliklerin anlaşılması için önemli veri sağlamıştır. Bu sınıflandırma da Şekil 2.2'te oluşturulan kavram haritalamasıyla anlatılmıştır (Akipek, 2004; Akipek & İnceoğlu, 2007).

Şekil 2.2'deki gösterilen kavram haritalamasındaki kavramların hareket ile ilgili ilk etapta göze çarpan noktaları, algoritmik tasarım ve evrimsel sistemler, performansa dayalı tasarım ve en yakın olabilecek kavram animasyona dayalı tasarım kavramı denebilir. Sonraki bölümlerde anlatılacak olan kavramlar yani sayısal tasarım yöntemleri, Akipek'in sınıflandırması kabul alınarak sıralanmıştır. Bu bölümler ana başlıklar şeklinde incelenip kısa anlatımları yapılacak ve bölüm sonunda analiz edilecektir.



Şekil 2.2 Akipek'in sayısal tasarım teknolojileri ve ilgili alt terimler için oluşturduğu kavram haritası (Akipek & İnceoğlu, 2007)

— Parametrik Tasarım

Parametreler, tasarım ile ilgili belirlenen kriterler, alınan karalar ve çeşitli sınırlamalarla oluşturulmuş bir çerçeve anlamına gelmektedir. Bu çerçeve içinde, forma bağlı değerler, mekânsal özellikler, strüktür tasarımı ile ilgili çok çeşitli veriler değerlendirip, bunların değişimlerinin form üzerinde nasıl etkisi olabileceği gözlemlenmektedir. Bu sayede sonsuz seçenekli forma ulaşabilme olasılığı mümkün olmaktadır.

Akipek' e göre (2004); "Parametrik tasarım, tasarımın belirlenen parametreler üzerine kurulmasıyla ilgilidir. Mimari tasarım sürecinde parametrik tasarımın kullanıldığı örneklerde, rüzgâr şiddeti, deniz tuzluluk oranı, su miktarı, insan akışındaki yoğunluk gibi çevresel veriler tasarım sürecinde parametreler olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar ortamında kurgulanan sistemde, parametrelere girilen farklı değerler sonucu oluşan değişim, tasarım aşamasında form üretimi için ya da fiziksel mekânda ışık — ses — biçim değişimleri için kullanılır. Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımı için de kullanılmaktadır. Tek bir prensip formül oluşturulur; ölçü, açı, kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde, parametrelerin değerleri değiştirilir ve tek bir prensip detay çözümüne dayalı çeşitli çözümler oluşturulabilir." (Akipek, 2004) (s.13)

Foster & Partners mimarlık ofisi tarafından tasarlanan British Museum"un sergi holü ile kütüphane galerilerinin üzerini örten üst örtü tasarımı (Şekil 2.3) parametrik tasarım örneklerinden biri olmuştur. Projenin anlatıldığı Norman Foster and The British Museum adlı kitapta, üst örtü tasarımının bir restorasyon projesinden çok daha fazlası olduğu, bunun güçlü ve farklı yeni bir şeyin yaratılması olarak değerlendirilmiştir.



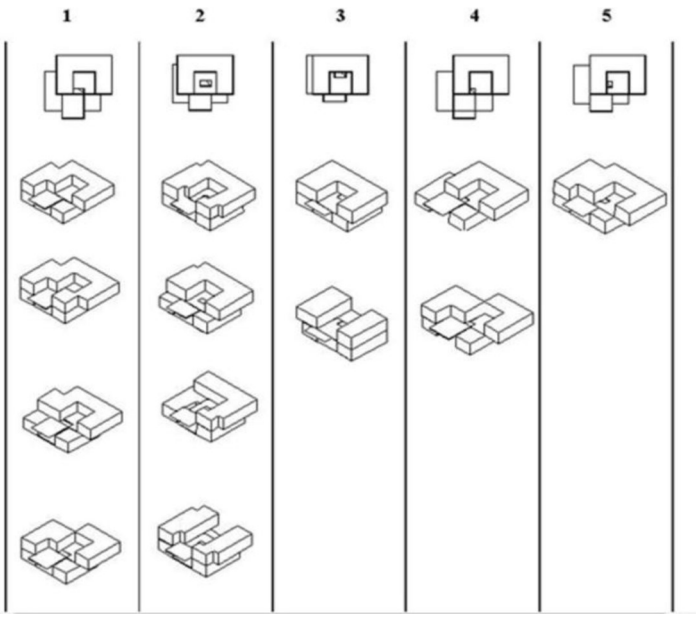
Şekil 2.3 Büyük Avlu - British Museum (Özcan, 2011)

Bu tür bir üst örtünün tasarımı için matematikçilerle çalışılmış ve üst örtü radyal bir grid üzerinde kesişen iki spiralin rijit kabuğu oluşturması üzerine kurgulanmıştır. Devasa örtü hiçbiri birbiriyle aynı olmayan 3312 parça sırlı üçgen panelden oluşmaktadır (Özcan, 2011).

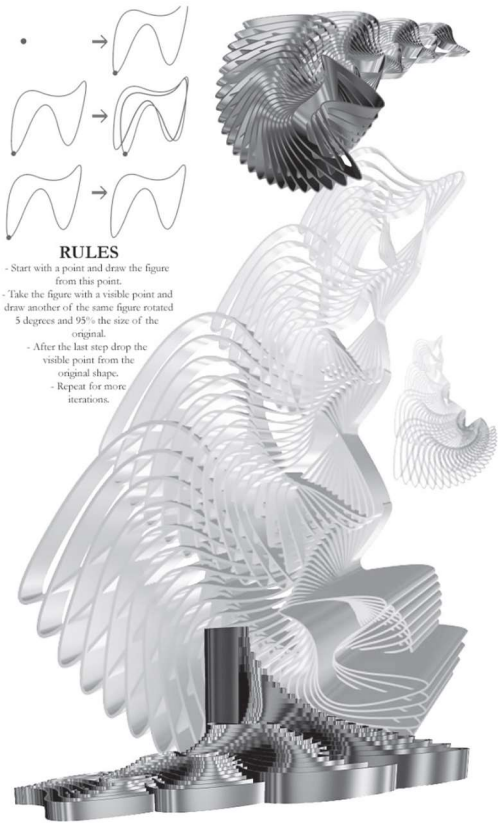
— **Türetici Tasarım ve Biçim Gramerleri**

Türetici tasarım sistemleri, belirli bir biçim grubuna ait elemanların kombinasyonlarına dayalı geliştirilen, özellikle biçim gramerleri üzerine yapılan çalışmalar ile kendini göstermektedir. Biçim gramerlerinde formun oluşmasını sağlayan ilişkiler algoritmik olarak tanımlanmaktadır. Biçim gramerleri mimarlıkta iki şekilde kullanılmaktadır. Birinci kullanımda, önceden belirlenen kurallar altında bir dizi biçimin bir araya gelme olasılıkları araştırılmalıdır. İkinci kullanımda ise çözümleme söz konusu olmaktadır. Mevcut bir tasarımdaki biçimlerin bir araya gelme kuralları araştırılması ve başlangıçtaki tasarıma benzer nitelikte yeni biçimler türetilmesi gerekmektedir (Özcan, 2011).

Şekil 2.4 ve 2.5'de verilen örnekte, Birgül Çolakoğlu'nun Boşnak evlerinden türetilen biçim grameri örneği ve Colorado Üniversitesi'nde yapılan bir öğrenci çalışması bulunmaktadır. Çalışmada, öğrencinin belirlediği kural çerçevesinde bilgisayar programı öğrenciye yeni tasarım alternatifleri üretmektedir.



Şekil 2.4 Birgül Çolakoğlu'nun Boşnak ev tiplerinden türeyen biçim gramerleri çalışması (Özcan, 2011)



Şekil 2.5 Stan Arnett tarafından yapılan türetici tasarım çalışması – Colorado Üniversitesi, Denver (Kolarevic, 2003a)

— **Algoritmik Tasarım ve Evrimsel Sistemler**

Algoritmik düşünce, karmaşık bir problemin basit birimlere ayrıştırılması, her bir birimin çalışma mantığının belirlenmesi ve böylece problem bütününün çözümlenmesi üzerine geliştirilen düşünce yapısı olarak tanımlanmaktadır.

Algoritmik tasarım ve evrimsel sistemler kavramları, biyolojik evrim ve biçim ile oluşmuştur. Yani bu kavramlarla ilgili bir sistem bütünüdür. Genetik algoritmalar olarak adlandırılan kavram canlıların oluşumunda ve biçimlenmesinde etkili bir faktör olan genlerin, mimarlık pratiğine algoritma ve kodlar olarak değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur. Canlılardaki genlerin işlevini sayısal ortamda algoritma ve kodlar üstlenmiştir. Oluşturulan bu kodlu kural dizisine parametreler aktarılır ve değişen parametre değerleri ile birçok tasarım alternatifi denenmiş olur.

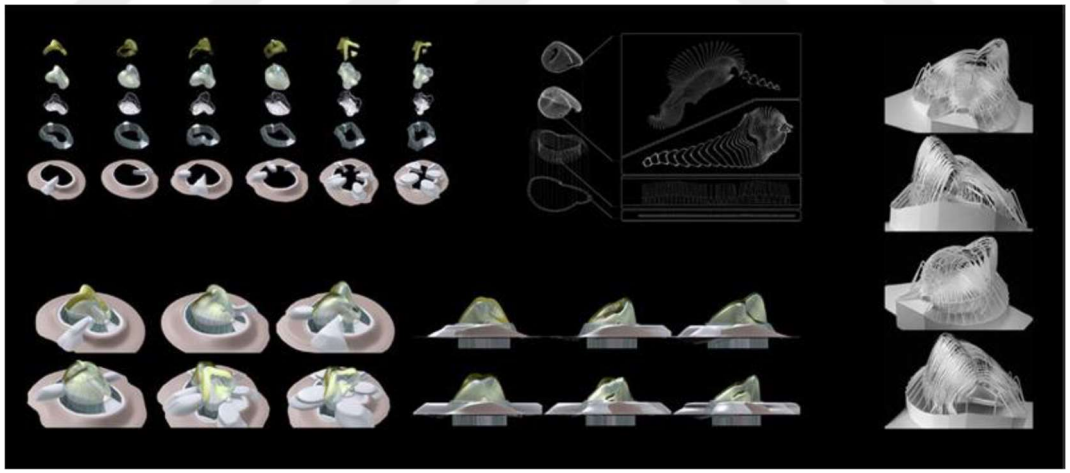
Bu bakış açısıyla düşünen John Frazer'in "Evolutionary Architecture" adlı kitabında da dediği üzere; "Mimari üretim sürecinde kurallar belirlenip, tasarımın

evrimi ve gelişimi dijital olarak kodlanabilir. Bu kodlar çok sayıda benzer çerçevede prototip form üretir.” (Kolarevic, 2003b, s.37).

Sayısal ortamda deneysel çalışmalar yapan Greg Lynn’in Embriyolojik Ev projesi (Şekil 2.6), tasarım sürecinde genetik algoritmaların kullanıldığı bir çalışma olmuştur. 2048 panelden oluşan bir seri, bir paneldeki bilginin bir sonrakine aktarılması ve bilgi aktarılan panelin gelişip evrime uğraması (Şekil 2.7) prensibine dayanarak sonsuz varyasyon üretmektedir (Kürtüncü, 2011).



Şekil 2.6 Greg Lynn, Embriyolojik ev projesi (1997-2001) model, MoMa sergisi (Kürtüncü, 2011)



Şekil 2.7 Embriyonik evlerin evrimi (Kürtüncü, 2011)

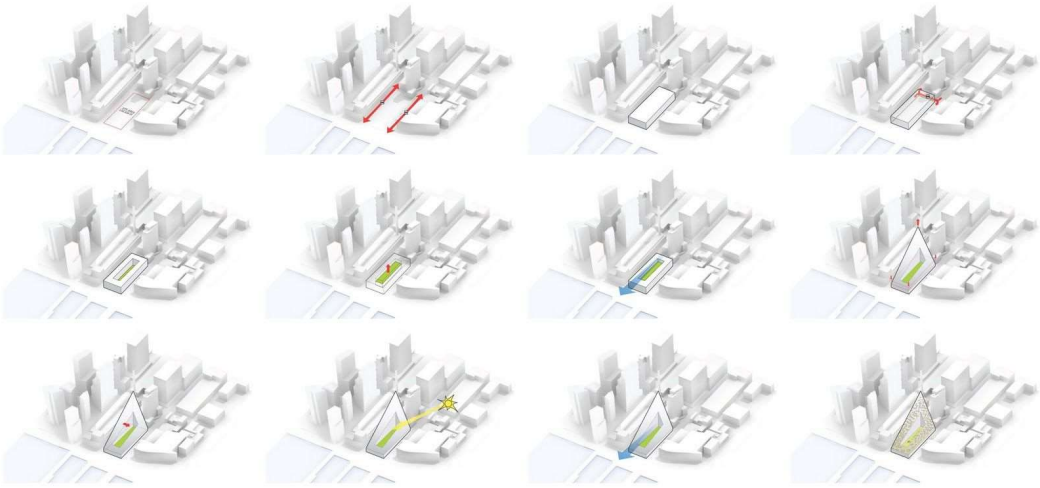
— **Diyagrama Dayalı Tasarım**

Sayısal tasarım tekniklerinden biri olan diyagrama dayalı tasarımda, tasarımla ilgili rüzgâr, ışık, ses, yaya ve araç akışı, yoğunluk gibi veriler toplanır, bilgisayar ortamına aktarılarak düzenlenir ve birbirleri arasındaki ilişkiler belirlenir. Kurgu, bu ilişkiler üzerinden oluşturulan diyagramlar ile gelişir ve bu sayede form üretme

prensibiyle çalışmaktadır. Diyagrama dayalı tasarım tekniğinde çok amaçlı kullanımlara izin veren ve programın gerekli kıldığı ilişkilerin düzenlenmesiyle biçimlenen tasarımlar söz konusu olmaktadır (Özcan, 2011).

Akipek'e göre (2004) "…diyagramlar belirsiz bir biçimi netleştirmeye ya da zihindeki imgeyi geliştirmeye yarayan araçlar değil kendi başına hiçbir nesneyi ya da projeyi temsil etmeyen, olası sonuçların düşünsel alt yapısını kuran operasyonel grafiklerdir." (s.24)

Bir örnek ile anlatmak gerekirse, Bjarke Ingels Group'un (BIG) diyagrama dayalı tasarım anlayışı da verilebilir. Yaklaşık tüm projelerinin tasarım aşamalarını basit diyagramlar ile anlatan ekibin New York West 57th binası için hazırlamış oldukları diyagramlar aşağıdaki gibidir(Şekil 2.8). Bu anlatım şeklinin basit ve etkili olduğunu ve tüm tasarım kararlarını takip etmenin bir yolu olarak da diyagramları kullandıklarını belirtmiştir (Warmann, 2011).

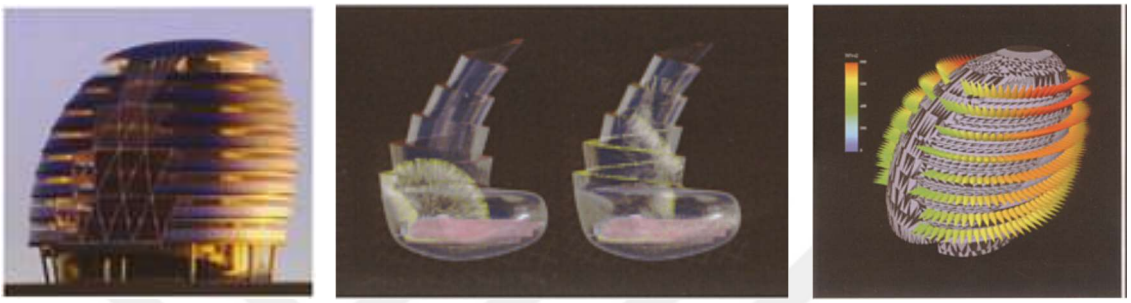


Şekil 2.8 BIG – West 57th (2016) – Konsept Diyagramları (Warmann, 2011)

— **Performansa Dayalı Tasarım**

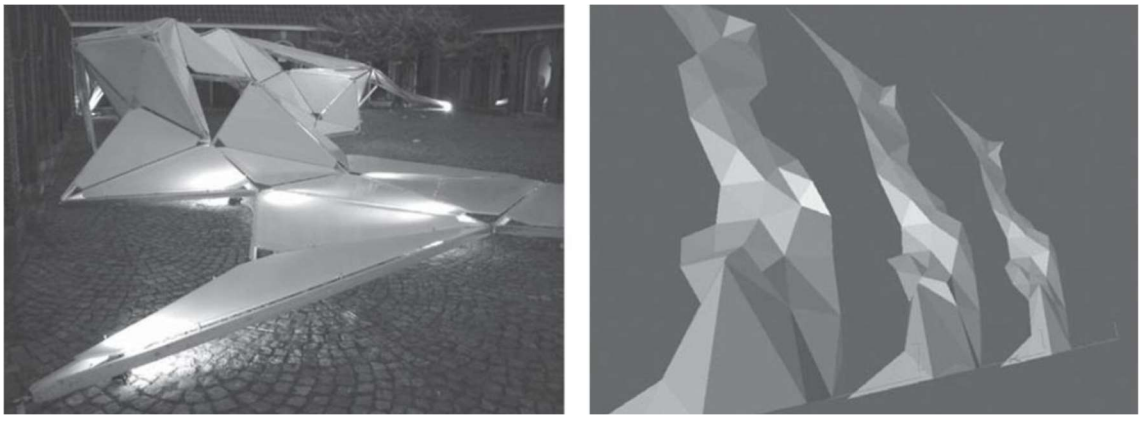
Performansa dayalı tasarım, elde edilmek istenilen performans verilerine göre tasarımın geliştiği sayısal tasarım yöntemidir. Bu tasarım yapının statik, iklimlendirme, akustik vb. analizlerinin teknik sonuçlarına bağlı olarak yapılabildiği gibi, tasarımcının veya kullanıcıların belirlediği özelliklerle ilgili de olabilir.

Akipek'e göre (2007) : "Performans analizlerine dayalı tasarım teknikleri mimari pratikte iki şekilde kullanılmaktadır: Birinci tür kullanımda ana kararları verilmiş ve dijital modeli oluşturulmuş bir proje çeşitli performans analizlerine göre test edilir ve proje bu sonuçlara göre revize edilir; İkinci tür yaklaşımda ise performans analizleri tasarımın erken aşamalarından itibaren tasarım girdisi olarak ele alınır ve tasarımda belirleyici rol üstlenir; mekânın biçimlenmesi bu analizlere göre gelişir." (s.248)



Şekil 2.9 Foster&Partners – GLA Yönetim Binası(2002) – Arup tarafondan yapılmış akustik ve ısı analiz örnekleri (Kolarevic, 2003b)

Performansa dayalı tasarım tekniği günümüzde sadece yapıdan maksimum performansı almak için değil aynı zamanda tasarımın başında performansa dayalı parametrelere göre alternatif biçimlerin türetilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Bu bağlamda örnek vermek gerekirse, Kristina Shea'nın geliştirdiği, üretken topoloji ve geometri tasarımı için strüktürel biçim gramerine dayalı deneysel bir program olan eifForm, aynı anda formun dönüşümünü ve strüktürel sistemin korunmasını olanaklı kılmaktadır (Şekil 2.10) (Özcan, 2011).



Şekil 2.10 eifForm ile uygulanan ilk prototip (2002) ve bir saçak tasarımı alternatifleri, (Özcan, 2011)

— Animasyona Dayalı Tasarım

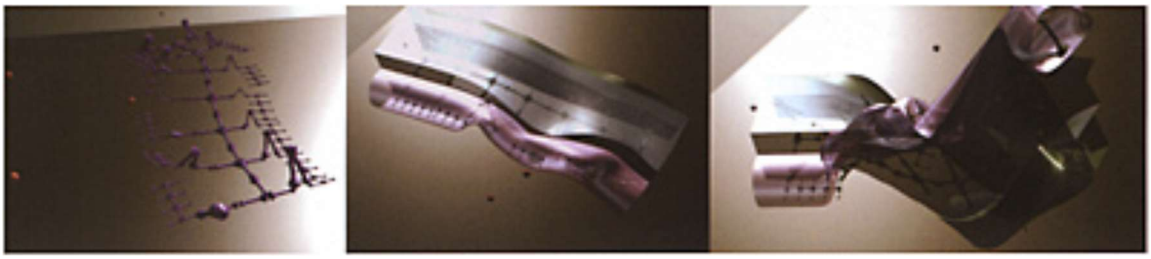
Tez çalışmasının araştırma konusu içinde bulunan bir konu olan animasyona dayalı tasarım, tanım ve tasarım yöntemi açısından ilk olarak Greg Lynn tarafından bahsedilmiştir. Sayısal tasarımda temsil kavramı içinde incelenen, daha çok sunum ve görselleştirme üzerine kullanılan bir yöntem olan animasyon yöntemi, Lynn'in yorumu ile tasarıma hareketin ve kuvvetin de katmasıyla bu yöntemi bir tasarım yöntemi olarak kullanmayı hedeflemiştir. Çalışmalarına 1995'ten beri devam eden Lynn, mimarlığın statik duruşundan bir öteye geçerek, tasarım grubu olan Anime Form'u oluşturmuş ve formun evrilen, çeşitlenen, dinamik bir alternatifini yaratmıştır.

Lynn'in oluşturduğu yöntemin, doğrudan D'Arcy Thompson'a referansla belirttiği önermeye göre, "kuvvetlerin dinamik etkinliğinin" bir ürünü olduğu söylenmektedir. Thompson, 1917 tarihli "On Growth and Form" adlı kitabında doğadaki formlar ve bu formların değişim ve dönüşümlerinin "kuvvetlerin etkinliği"ne bağlı olduğunu belirtmiştir (Kürtüncü, 2011).

Lynn'in tanımına göre, animasyon ile üretilen tasarım, form konsepti için hareketin ve kuvvetin bir arada bulunmasıdır. Kuvvet, başlangıç anında hem hareketi hem de belirli form biçimlerine etki üretir. Hareket, eylemi ifade ederken animasyon form evrimini ve onu şekillendiren kuvvetleri ifade eder (Lynn, 1999).

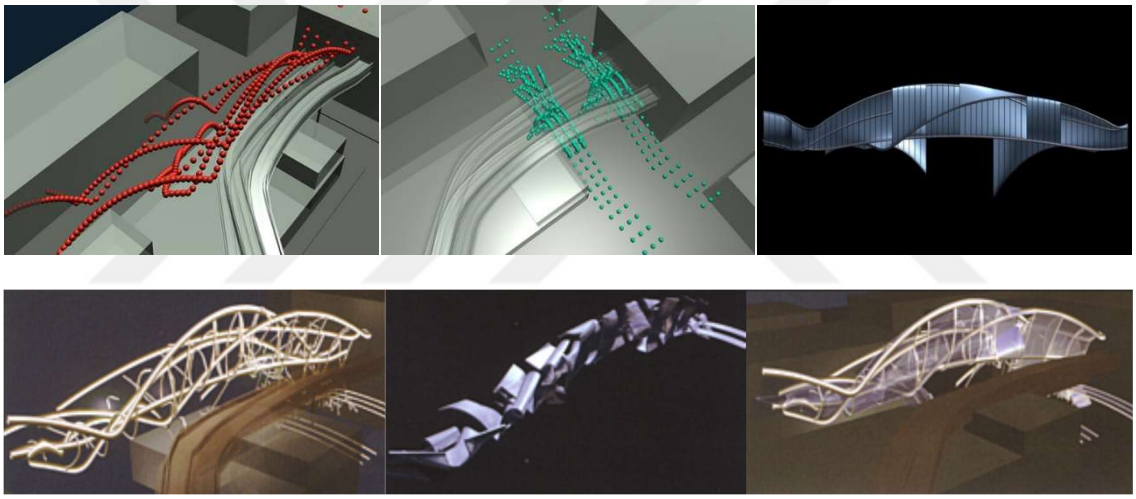
Hareketin form oluşturmada kullanılması ile mekanik sistemlerin geliştirilmesi ve dinamik bir mimari üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Fakat Lynn, animasyona dayalı tasarım yönteminde zamanın da etki faktörü olduğunu ve bu nedenle evrimin ve yaşam boyutunun da sürece katılması gerektiğini savunmuştur (Akipek, 2004).

Lynn'in bu yöntemi, anahtar-kare animasyon (key-frame animation), ileri ve ters kinematik (forward & inverse kinematics), dinamik kuvvet alanları (dynamic force fields) ve parçacık emisyonu (particule emission) gibi hareket tabanlı model teknikleri form bulmanın dinamik sürecine büyük katkı sağlamıştır (Oxman, 2006). Lynn'in Long Island'daki ev prototipinde (Şekil 2.11) yapı iskeleti, çeşitli çevresel kuvvetlerin etkisi altında ters kinematik kullanılarak deforme olmuştur. Bu da tasarım kriteri olarak kullanarak form belirlenmiştir.

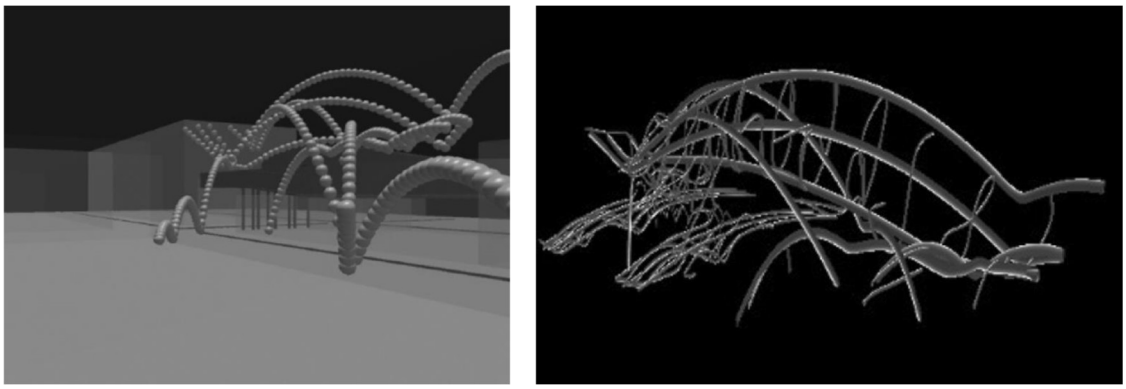


Şekil 2.11 Greg Lynn – Long Island'da Ev Prototipi çalışması – Ters kinematik yöntemi kullanılmış bir örnek (Kolarevic, 2003b)

Greg Lynn'in başka bir proje örneği olan Port Authority otobüs terminalinde oluşturulan çatı tasarımı ve aydınlatma şeması için çevredeki yaya, araba ve otobüslerin hareketi ve akışı ile ilgili kuvvetler kullanılmıştır (Şekil 2.12 ve Şekil 2.13). Bu proje "cazibe" alanlarını görselleştirmek ve form oluşturmak için partikül sistemlerinin kullanılmasında çok etkili bir örnektir (Kolarevic, 2003b).



Şekil 2.12 Greg Lynn – Port Authority Otobüs Terminali – Partikül yöntemi uygulanarak yapılan proje (Lynn, 1994)



Şekil 2.13 Greg Lynn – Partikül hareketlerinin dijital haritanması (Ertan, 2016)

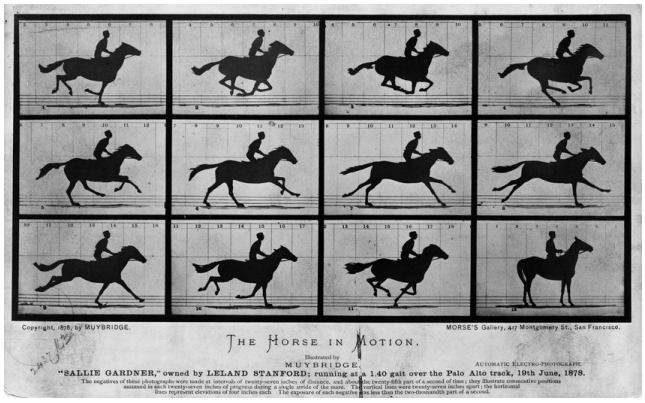
2.1.3 Bölüm Sonucu

Literatürde yer alan mimari tasarım yöntemlerinin anlatımı ve analizin yapıldığı bu bölümde, genel olarak bakıldığında form oluşturma kavramının parametre, kombinasyon, algoritma, evrimsel süreç, performans verileri, çevre verileri gibi çeşitli kuvvetlere bağlı olduğu görülmektedir. Tüm bu etkenler ve yöntemler tasarımcının kişisel görüşü veya proje bazlı olabilmektedir. Bu yöntemler arasında özellikle "**animasyona dayalı tasarım**" da tez kapsamında olan hareket kavramı ve çevresel kuvvetleri ilhan kaynağı olarak kullanıldığı görülmüştür.

2.2 Hareketin Tasarımda Kullanımı

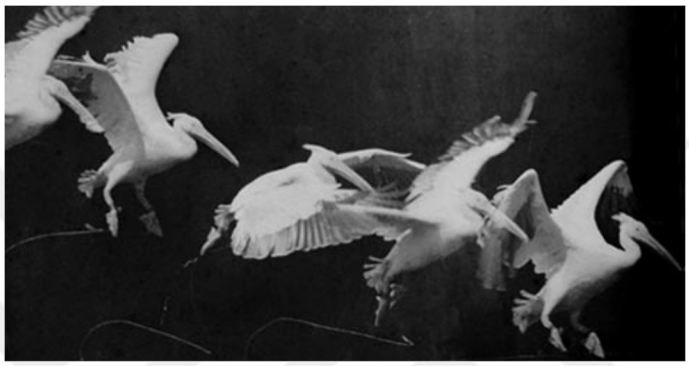
2.2.1 Sanat, Tasarım ve Hareket

Hareketin sanat alanında kullanımı ilk başta en eski yöntem olan resim ile olmuştur. Hareketin ifadesi için hareketli bir cismin veya canlının tek sabit bir görüntüsü tuvale yansıtılarak sabit bir görüntü oluşturulmuştur. Bunun en bilinen örneği Leonardo da Vinci'nin Vitruvius Adamı (1492) olmuştur. Belli bir şekilde hareket eden objenin her hareketinin resmedilmesi veya kaydedilip tek görüntü üzerine işlenmesi olarak tanımlanabilen, fotoğrafta çoklu pozlama olarak geçen tekniğe çok benzeyen tekniğe "**hareketin stroboskopik gösterimi**" olarak bahsedilmektedir (Cutting, 2002). 1800'lü yılların sonlarında fotoğrafa ayrı bir bakış açısı kazandıran Eadweard Muybridge ve Étienne-Jules Marey tarafından ortaya atılan bu teknik, hareketli bir cismin bir dizi fotoğrafının çekilmesiyle oluşturulmuştur. Bu fotoğraf tekniği uzamsal-zamansal eşzamanlılık yaratarak bellek üretmektedir.



Şekil 2.14 Hareket halindeki at, Eadweard Muybridge (1878) (Smith, 2016)

Şekil 2.14'te gösterilen Muybridge'in "Hareket Halindeki At" çalışması, hareket halindeki bir atın her anının fotoğraflanması ile oluşturulmuş bir çalışmadır. Benzer bir yöntem ile çekilmiş fakat tek bir karede canlının tüm hareketlerini görebilmeye olanak veren Etienne-Jules Marey'in fotoğraf çalışması ise Şekil 2.15'da gösterilmiştir. Tıpkı mimari tasarım yöntemlerinde olduğu gibi sanat alanında da hareketin ve çevresel kuvvetlerin yansımasını kullanmak isteyen sanatçılar, Muybridge ve Marey'in bu ön çalışmalarından etkilenmiş, bu çalışmalar onlara esin kaynağı olmuştur (Şekil 2.16).



Şekil 2.15 Tek bir fotoğrafla çekilen uçan pelikan, Etienne-Jules Marey (1870) (Stathopoulou, 2011)



Şekil 2.16 Hareket ve tasarımın sanattaki ifadesi – Marcel Duchamps'ın "Nude Descending a Staircase" (1912) çalışması(sağda), Eadward Muybridge'in hareket halindeki insan(solda) (Martin, Urs, & Stefan, 2007)

Zamanın ve hareketin hafıza olarak biçimlendirildiği bir sanat ve mimarlık fikri, tarih boyunca kalıcı bir tema oluşturmuştur. Bu temaları yirminci yüzyıl mimarlık teorisi ve tasarımının ana kaygısı olarak gören mimar Sigfried Giedion, Marcel Duchamp'ın (Şekil 2.17b) ve Umberto Boccioni'nin çalışmalarını örnek olarak alarak (Şekil 2.17c), Bükreş'te kentsel tasarım yarışmasında formdaki hareketi yakalamak için hem kübist hem de fütürist yaklaşımları kullanmıştır. (Şekil 2.17a)

Giedion'un bu kübo-fütürist deneylerini yorumlaması, çağdaş tasarım ve teoriyi etkilemektedir (Lynn, 1999).



Şekil 2.17 Bükreş kentsel tasarım yarışması çalışması (a), Marcel Duchamp – Nude Descending a Staircase No:2 (1912)(b), Umberto Boccioni – Dynamism of a Soccer Player (1913) (c) (Lynn, 1999)

Hareketin aktarımı ve yorumlaması zamanla gelişerek fotoğrafta ve resimde olduğu gibi heykel ve modern sanatta da kullanılmıştır. Resimde kullanılan hareketin soyutlaması ile yapılan örneklere nazaran daha gerçekçi olan heykel çalışmaları ve bunun günümüzde yapılan örneklerine "**hareket heykelleri**" adı verilmektedir. Bir hareketin 3 boyutlu aktarımı ve modellemesiyle yapılan bu çalışmalar, hareketin temsilini sağlamaktadırlar. Hareketin temsilini sağlayan bu 3 boyutlu heykeller teknik açıdan incelendiğinde, daha önce örneklerle anlatılan 2 boyutlu resim ve grafik çalışmalarında kullanılan tasvir teknikleriyle yapılmaktadırlar. Bu teknikler, "**çoklu stroboskopik gösterim tekniği**", "**tarama tekniği**", "**hareket izi tekniği**" ve "**parçacık sistemleri**" olarak sıralanmaktadır(Kazi, Grossman, Mogk, Schmidth, & Fitzmaurice, 2016).



Şekil 2.18 Peter Jansen'in Heel Kick 2(2007) adlı çalışması; çoklu stroboskopik gösterim tekniği ve Geoffrey Mann'ın Attrected to Light(2005) uzun pozlama serisi; tarama tekniği (Jansen, 2007) (Kazi vd., 2016)



Şekil 2.19 Terressa Leung'un tel sanatı tavan enstelasyonu(2010); hareket izi tekniği ve Eyal Gever'in Catastropic Disasters serisinden nükleer bomba eseri(2013); parçacık sistemleri tekniği (MoMA, 2005) (Kazi vd., 2016)

Bu tekniklerin modern sanatta sanatçılar tarafından kullanılmış örnekleri Şekil 2.18 ve Şekil 2.19'da gösterilmiştir. Heykel sanatında kullanılan bu örneklerden daha farklı olan bir örnek de JL Design'ın CCTV belgesel kanalı için hazırladığı reklam çalışmasıdır. Videodaki insan hareketleri üzerinden 3 boyutlu animasyonla hareket heykelleri oluşturularak hazırlanmıştır (JL Design & Korb, 2013).



Şekil 2.20 JL Design tarafından hazırlanmış hareket heykelleri (JL Design & Korb, 2013)

Geçmişten günümüze kadarki süreçte hareketin sanat içinde yeri ve anlatımı, belirli teknik, yöntem ve sistemlerle yapılmakta olduğu görülmektedir. Yapılan teknikler arasından tez çalışması için kullanılması düşünülen hareket izi tekniği, simülasyon ve mimari 3 boyut programlarına uygulanabilecek bir teknik olduğu düşünülmektedir. Diğer bölümlerde ve son bölümde bu teknik ile uygulamalar yapılacaktır.

2.2.2 Mimari Sayısal Tasarım ile Hareket

Bir önceki mimari tasarım yöntemlerinde hareketin kullanılması üzerine yöntem araştırması yapılan bölümde Greg Lynn'nin çevresel hareket öğelerini kullanıp

form oluşturma yönteminden bahsedilmişti. Bu yönteme göre Lynn'nin bakış açısı, tasarım alanının nötr bir boşluktan ziyade, bir kuvvet ve hareket ortamı olarak düşünmektir. Tasarım alanında olan bir fiziksel formun statik koordinatları bulunmaktadır ve bu forma ortamdaki sanal kuvvetler etki ederek formunu değiştirebilir. Yani dinamik olarak tasarlanmış bir mimari yapının formları, sanal hareket ve kuvvet ile birlikte şekillendirilebilir (Lynn, 1999).

Sayısal tasarımın hareket ile birlikte mimarlık alanındaki kullanımı düşünülürken, oluşturulacak hareketin öncelikle gözlemlenerek analizinin yapılması, sayısallaştırılıp bu şekilde kullanılması gerekmektedir. Hareket, gerçek ortamda zaman faktörü nedeniyle tekrar edilemeyecek ve ileriye doğru akıp giden bir eylemdir. Bilgisayar teknolojileri sayesinde, zamanın getirdiği anlık değişimler bile kayıt altına alınıp veya taklit edilip zaman içinde istenilen ana geri dönüşleri mümkün kılmaktadır. Bu sayede hareket ile oluşturulacak olası tasarımlar için, farklı bir perspektif yakalamaya, soyutlama yapılmasına, mevcut hareketin yorumlanmasıyla farklı bir göz ile çeşitli incelemeler mümkün olmaktadır(Kırkan, 2015).

Mimarlıkta çeşitli bilgisayar programları ve eklentileriyle birlikte oluşturulan ve geliştirilen tasarımlar yeni medya araçları sayesinde (VR, AR, simülasyon) daha da kullanışlı hale gelmektedir. Örneğin, Mark Goulthrope ve ekibinin oluşturduğu dECOI, 1991 yılından itibaren çalışmalarına animasyon ve etkileşim üzerine yoğunlaşmıştır. Yaptıkları çalışmalardan özellikle Ether/I projesi, koreograf William Forsythe ile birlikte yürüttükleri dansçı hareket izlerinden yeni bir form oluşturmaya yönelik bir çalışmadır (Goulthorpe, Tan, & Zainoul, 1999). Bunun gibi hareket izleme, dinamik performans, hareket simülasyonları ve hareket yakalama gibi farklı tekniklerle üretilen ve hareketin kullanıldığı bazı proje örnekleri ise aşağıda anlatılacaktır.

2.2.2.1 Proje Örnekleri

"Ether/I" Projesi:

Ether/I projesi, Mark Goulthorpe ve ekibinin oluşturduğu dECOi tasarım grubunun Cenevre'deki Birleşmiş Milletler 50. Yıldönümü için 1995 yılında

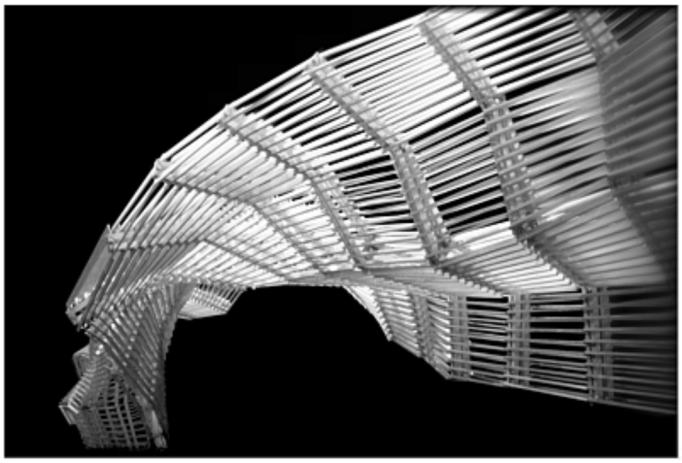
tasarlanmıştır. Tasarım yöntemi olarak Koreograf William Forsythe'ın çalışmalarından “Quintet”in bir bölümünü kullanarak, dansçıların hareketlerinin izlerini videoya çekip yeni ve yaratıcı üretim tekniği kullanmışlardır.



Şekil 2.21 Ether/I projesi (1995) – Cenevre-İsviçre (Kolarevic, 2003a)

Muybridgean sonrası plastikliğin bir formu olarak zaman içindeki hareketin karmaşık iz formlarını yakalayan üç hareketi sırasıyla eşleyerek, durdurulmuş video görüntüleriyle bilgisayarın matrisinde uzamsal olarak birleştirmişlerdir. Tekrarlanan hareket sıraları arasındaki birbirinin arasında karışmış izler yani “olumlu” ve “olumsuz” izler ayıklanarak formu hafifletme yoluna gidilmiştir(Kolarevic, 2003a) (Şekil 2.21).

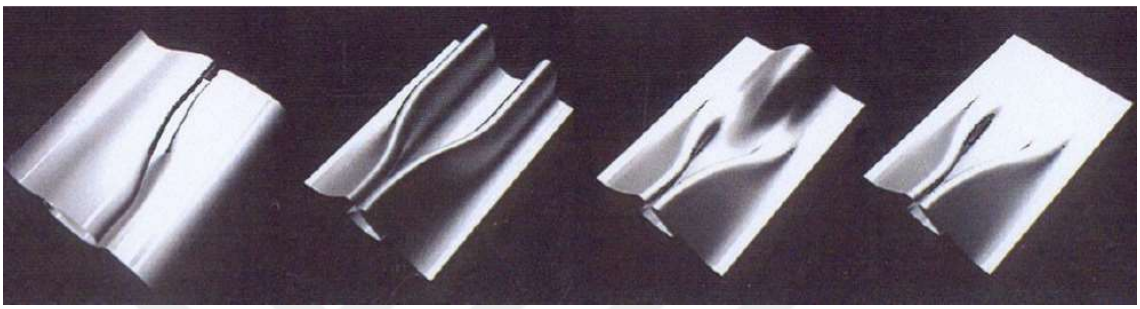
Oluşan form, aydınlık ve geçici bir yüzey olan çift katlı alüminyumdan bir deri gibi kaplanmıştır. Elde edilen form bir hiper – yüzey olarak adlandırılmıştır. Yani çok yüzlü bir form oluşmuştur (Şekil 2.22).



Şekil 2.22 Çift cidarlı alüminyum form (Kolarevic, 2003a)

“Confluence of Commerce” Projesi:

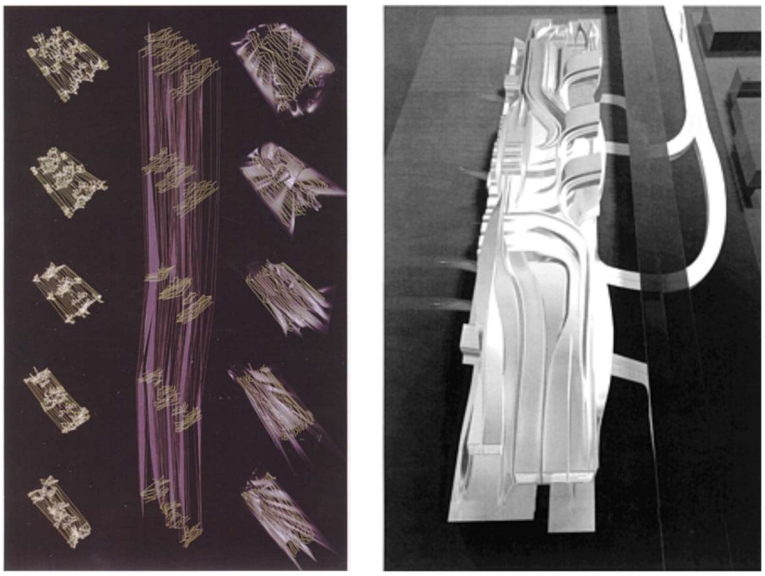
CAP mimarlık ekibinin Pakistan’da tasarladığı “Confluence of Commerce” projesi (2000), animasyona dayalı yapılan bir tasarım olarak göze çarpmaktadır. Ticaret merkezi olarak kullanılan proje, çevre analizleri ve verileri yerine zaman kriter alınarak tasarlanmıştır. Zamanı kriter olarak kullanan tasarımlar sonuç odaklı bir yaklaşımda ilerlemektedir ve tasarım aşamasından uygulama sürecine kadar verimli ve yenilikçi bir düzlemde ilerlemektedir (Rahim, 2003).



Şekil 2.23 “Confluence of commerce” form alternatifleri (Şahin Karagöz, 2015)

Proje üretken tasarım yöntemlerinin ve teknolojik araçların dinamik ve hareketli mekanlar oluşturulabilmesi açısından önemli sayılabilecek örneklerin içindedir. Projede teknoloji sadece bir araç olarak kullanılmamıştır. Bunun yanında farklı çevresel etkiler ve yenilikleri gerçekleştirebilecek bir proje olarak düşünülmelidir. Animasyon ile tasarım yöntemini kullanırken, tasarımı etkileyecek farklı performans çeşitlerinin birbirinden etkilenip, buna göre tasarımda farklılıklar oluşabildiğini görülmektedir. Bu unsurlar, ekonomik, sosyal ve ticari gibi birbirini içinde bir dinamizmi olan unsurladır.

Tasarımdaki çeşitli alanlarda oluşabilecek ilişkiler simüle edilip, farklı işlevlere göre yapının ekonomik açıdan azami düzeyde bir performansının oluşturulması amaçlanmıştır. Animasyon çalışmalarında, sinema, tiyatro ve yemek alanları gibi alanlar arasında farklı ilişki opsiyonları denenmiş, bu ilişkiler simüle edilerek bireylerin hareketleri belirlenmiştir. (Şekil 2.24) Bireylerin yönelimleri ve zemin verilerinin animasyon ortamında etkileşmesi ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda mekânsal ilişkiler kurulmuştur (Rahim, 2003).

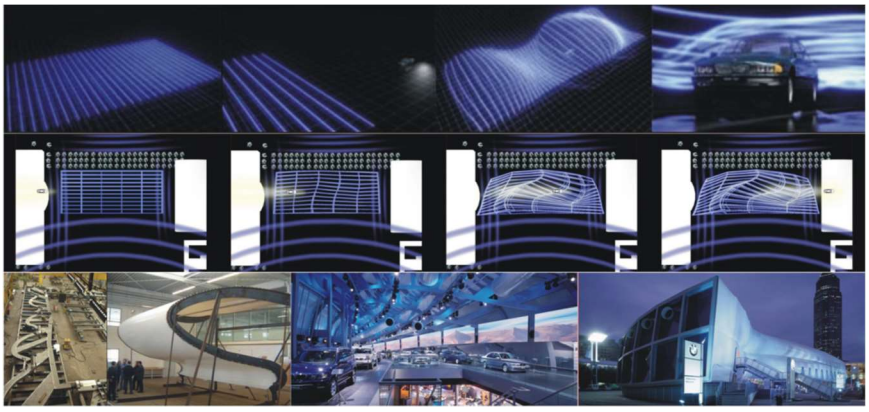


Şekil 2.24 “Confluence of commerce” yaya etkileşimleri ve model (Rahim, 2003)

“Dynaform” Projesi:

Bernhard Franken tarafından tasarlanan “Dynaform” un geometrisi, hızlanan bir arabanın ivme alanındaki doppler deformasyon etkisini gösteren simülasyon sonucunda oluşmuştur. Yani kısmen animasyona dayalı tasarım yöntemi ile tasarlanmıştır.

Bu proje farklı disiplinlerin (mimari tasarım, yapı mühendisi, hidrolik ve ısıl optimizasyon) çalışma sürecinin yeniden yapılandırılmasını ve eşzamanlı iş birliğiyle yönetilmesiyle oluşturulmuştur. Dijital ortamda gerçek zamanlı iş birliği ile iyi bir yönetim sağlamak için ortak formatların kullanılması gerekmektedir. Konsepti ve fabrikasyonu birleştiren iş akışı süreci, mimarlıktan ziyade, otomobiller ve havacılık endüstrileriyle daha fazla ilgilidir (Henriques, 2007).



Şekil 2.25 Bernhard Franken - “Dynaform” (2001) Dijital tasarım süreci ve imalat görüntüleri (Henriques, 2007)

“Clap Your Hands” Projesi:

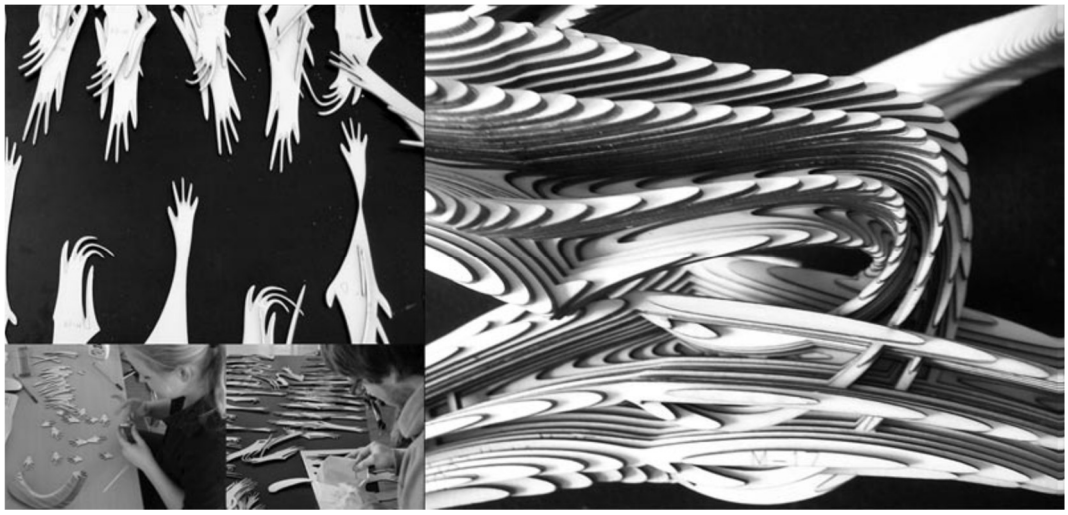
Graz Üniversitesi’nde yapılan çalıştayda oluşturulan çalışmanın odağı, hareket yoluyla form oluşturmaktır. Atölye amacı, yapay hareketleri kullanmak yerine doğal ve günlük hareketlerle heykelsi modeller oluşturmaktır. Konunun bağlamı geniş açıdan düşünüldüğünde ise ekibin uzun süreden beri üzerinde çalıştıkları bir konu olan sanat ve mimarlıktaki hareketi içermektedir.

Hareket yakalama teknolojisini kullanan sanatsal projelerde tipik olarak dans gibi özelleşmiş ve kurallı hareket türleriyle çalışıldığı görülmektedir. Bu çalıştaya katılan öğrencilerin çalışmaları gereken hareketlerin günlük hareketler olması gerektiği ve bunun üzerinden senaryolar geliştirmeleri istenmiştir. Öğrenciler günlük hareketleri uygularken bir yandan da etkileşimli olarak diğer grup arkadaşlarıyla çalışmaktadırlar. Öğrencilerin yaptığı hareketler, VICON adlı hareket izleme sistemi tarafından izlendikten sonra, takip verileri MAYA programı ile işlenmiştir. Ekiplerden birçoğu, hareket verilerinin işlenmesi için ve forma dönüştürebilmek için MAYA programına yerleşik bir kodlama dili olan MEL eklentisi ile çalışmışlardır (Hirschberg, Sayegh, Frühwirth, & Zedlacher, 2006).



Şekil 2.26 Hareket yakalama verilerine göre yapılan çalışma örnekleri ve “Clap your hands” projesinin 3 boyutlu modeli ile ahşap maketi (Hirschberg vd., 2006)

Bu çalıştaya katılan farklı ekipler belirlenen kurallar dahilinde model oluşturma stratejilerini farklı şekillerle belirlemişlerdir. Bazıları hareket izleme noktalarını tekil nesneler haline getirdi ve hareketin hızına ve iki nesne arasındaki mesafeye göre boyutlarını değiştirmişlerdir. Bazı ekipler ise hareket izlerini bir yol gibi kullanıp bu yollar boyunca bir kabuk yüzey oluşturma çabasına girmişlerdir.



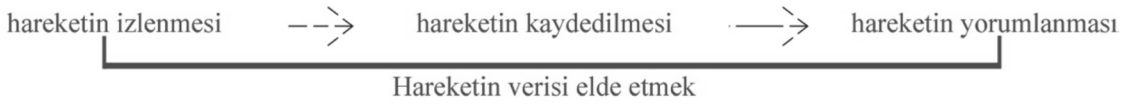
Şekil 2.27 “Clap Your Hands” projesinin ahşap maketi (Hirschberg vd., 2006)

Bu ve bunun gibi farklı yaklaşımların ortaya çıktığı çalıştay, kendi bedenlerimizin hareketlerini bir form verme sürecine sokmanın zengin ve ilham verici sonuçlara yol açabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak hareketi forma dönüştürmek, zaman ve mekân arasındaki karmaşık ilişkiye dair beklenmedik bilgiler verebilmektedir (Martin vd., 2007).

2.3 Hareketin Gerçek ve Sayısal Ortamdaki İfadesi

Hareket, yaşamın başından bugüne kadar geçen süreçte gözlemlediğimiz ve hissettiğimiz bir olgu olmuştur. Çevremizde oluştuğunu gözlemlediğimiz ve farkında olduğumuz hareketler, doğal ve yapay çevrede, canlı ve cansız varlıklar arasında da olmaktadır. Bu döngü, devinim ve değişim içinde yaşamımızı sürdürürüz. Hareketi gözlemleyebildiğimiz, değişimin oluştuğunu görebildiğimiz sürece yaşıyoruz demektir.

Hareketin gerçek hayatta ele alınması ve incelenmesi için anlık hareketler ve çevresel hareketler gibi yakalanması kısmen güç hareketlerin gözlemlenip kaydedilmesi ve taklit edilmesi çeşitli teknolojik aletler ile mümkün olmaktadır. Bu aletler, gerçek hayattaki hareketleri sayısal verilere dönüştürmektedir. Bu sayede hareket analizlerinin ve gözlemlerinin sayısal veri olarak kullanılması mümkündür. Şekil 2.28’de görüldüğü gibi; hareketin incelenip, veri elde etmek için ele alınması gereken süreçler, hareketin gözlenmesi, kaydedilmesi ve yorumlanması çıkarılması olarak sıralanmaktadır (Kırkan, 2015).



Şekil 2.28 Hareket verisi elde etme süreçleri (Kırkan, 2015)

Bilgisayar ortamında veya çeşitli teknolojik aletlerle analizi yapılan hareket verileri, belirlenen çeşitli parametreler sayesinde incelenebilir olmaktadır. Bunun yanında gerçekte yapılan hareket verilerinin dönüştürülmesi ve çeşitli varyasyonlarının oluşturulması sağlanabilir. Bu da tek bir hareketin birden fazla varyasyonlarının oluşturulup, senaryolaştırılması ve gerçek ortamda tekrarlanamayacak kadar çeşitlemeler yapılabilir (Kırkan, 2015).

Bu bölümde, hareket kavramının gerçek ortamdaki bazı çevresel faktörlerle ilişkileri, tanımlı olan yasalarla nasıl bağlantılı olduğu ve sayısal ortamda animasyon yöntemleriyle nasıl ifade edildiği anlatılacaktır. Sayısal ortamda ifade yöntemlerinden fizik tabanlı animasyon yani simülasyon da tezin ana konusu içerinde önemli bir bölümü oluşturmaktadır.

2.3.1 Hareketin Zaman, Mekân ve Kuvvet İlişkisi

Hareketin bir mekânda bir başlangıç noktasından farklı bir noktaya ilerleme anlamına gelen yer değiştirme eylemi günlük hayatta kullanılan anlamını karşılamaktadır. Latincede “movere” olarak geçen hareket kelimesi, İngilizceye de benzer şekilde “move” olarak geçmiştir. Hareket tanımlarının tümü değerlendirildiğinde, ortak tanımlamalar çerçevesinde yer değiştirme kavramı göze çarpmaktadır. Bu nedenle sözünü ettiğimiz hareket kavramı, objeler üzerinden ele alırsak, iki objenin mekânda bir noktadan diğer noktaya gitmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.

Hareket bir devinim olduğu için doğrudan zaman, mekân ve kuvvetle alakalıdır. Bir cismin durağan bir noktaya göre durumunun ya da yerinin değişmesi, o cismin hareketi olarak tanımlanmaktadır. Kuvvet ile oluşan hareket konumda meydana gelen değişikliktir ve mekânın da algılanmasını sağlamaktadır. Bu durumda zamanın hareketle ölçülmesi gibi hareket de zamanla ölçülmektedir. Dolayısıyla, kuvvet, hareket ve mekân arasında da bir etkileşim vardır. Ayrıca hareketli nesnelerin dinamizmini ifade etmek için mekânın tarif edilmesinde dördüncü

boyut olarak zaman devreye girmektedir. Daha önce de bahsedilen Lynn'in tanımlamasına göre de hareket ve çevresel kuvvetler bir arada var olmaktadırlar. Eylem içinde kuvvet ile hareket ilişki halindedirler.

Hareket halindeki nesneler ve hareketleri devamlı değişmektedir. Hareket, etki eden kuvvet ve bulunduğu konuma göre değişir, çevresiyle sürekli etkileşim içindedir. Bir hareketi gerçek ortamda tekrar oluşturmak, gerçek ortam koşulları ve zaman tekrarlanmayacağı için mümkün olmayacaktır. Zaman hem an aracılığı ile sürekli hem de ana göre bilinip, anlaşılır; zaman bu açıdan da yer değiştirmeyi ve yer değiştiren nesneyi izlemektedir (Kırkan, 2015).

Hareketin oluşturulması ve ilişkili olduğu etmenler üzerine yapılan animasyon/simülasyon araştırmalarında da hareketi algılayabilmek için;

1. Bazı bilgisayar programlarına;

2. Hareket alanına yani mekâna;

3. Tanımlı bir objeye ve bu objeyi yöneten kurallar ve ilişkilere ihtiyaç vardır (Taşlı & Özgüç, 2011).

Yukarıda bahsedilen öğeleri bu tez kapsamında kullanılacak olan öğeler olarak revize etmek gerekirse, simülasyon programına, hareketin oluşturulacağı tanımlı modellere ve tanımlı objeye ihtiyaç vardır.

Hareketin kuvvet üzerindeki etkileri araştırılırken Newton'un tanımladığı fiziksel kurallar da göz önüne alınması gerekmektedir. Bir hareketi oluşturmak için belirli kuvvet, kütle ve zaman gereklidir. Bütün bunları bir sonraki bölümde değinilecektir.

2.3.1.1 Newton ve Hareket Yasaları

Bir üst bölümde değinilen hareketin ilişkili olduğu kavramlar ile Newton'un fizik yasaları, yerçekimi, kütle ve hareket üzerine oluşturulmuş katı kuralların varlığı ile bağlantılıdır. 1687'de "Principia" adlı kitabında yayınladığı Isaac Newton tarafından geliştirilen klasik mekanik formülüne dayanmaktadır.

Newton'un yasaları, bir partikül veya nokta kümesi olarak idealize edilebilecek bir kütlenin dinamiklerini tanımlamıştır. Newton, gezegenlerin büyük mesafelerdeki

hareketi de dahil olmak üzere birçok sistemi incelemek için bu yasaları kullanmıştır. Bu yasalar; objenin kapsamını, kütlesinin dağılımını ve iç kuvvetlerini ele almazken; yumuşak formlar veya sıvılar gibi sistemleri partikül bütünü olarak görerek, tüm partikül kuvvetlerini karakterize edip uygulamıştır (Bargteil, County, & States, 2018).

Bunun yanında kullanılan fizik yasalarının göz önüne aldığı, çevresel etkileşimdir. Bu etkileşim, genel olarak karakterler ve objelerin farklı çevresel kuvvetlere tepkisi ile olacaktır. Rüzgâr, su ve yer çekimi gibi çevresel kuvvetler de Newton'un yasaları içinde yer edinmiştir. Bir objenin hareketinde etkili olan çevresel kuvvetler de çeşitli kaynaklar ve yönlerden gelebilmektedir. Genel olarak çevresel kuvvetlerin kendi içlerinde üç bileşenleri vardır. Bunlar; güç, yön ve uygulama noktasıdır (Dündar, 2013).

Kullandığımız bilgisayar teknolojileri sayesinde simülasyon programlarına işlenen bu yasalar temek kurallar olarak tanımlanmıştır. Bu sayede çevresel kuvvetlerin ve ilişkilerin analizlerini yapıp, hareket verilerini sayısallaştırılmasını ve gerçek animasyonların oluşturulmasını sağlamaktadırlar.

2.3.2 Hareketin Sayısal Ortamdaki İfadesi; Animasyon

Hareket verilerinin sayısal ortamda elde edilmesi için bölüm başında belirtildiği gibi öncelikle hareketin gözlenmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Yapılan analizler sonrası gözlemlenen hareketler, çeşitli ortamlar sayesinde sayısal ortamlara aktarılıp elde edilen veriler hareketin yansıması ve ifadesi olarak kullanılabilmektedirler. Genel olarak bilgisayar yazılımları veya bazı özel aletlerle mümkün olan bu ifade şekilleri içinden bilgisayarlı animasyon ilk sırada ve en eski çeşitlerindendir.

Gerçek ortamdaki hareketlerin analiz ve deneyimleme süreçleri bilgisayarların bu sürece dahil olması ile beraber sayısal ortamda da değerlendirilmeye başlanmıştır. Bununla beraber sayısal ortamın mimaride de aktif bir şekilde kullanılması, tasarımcılara yeni deneyimler kazandırmış; statik temsil yönteminden, iki boyutlu görselleştirmelere, iki boyutlu animasyonlardan (imajlarla elde edilen animasyonlar), simülasyonlara, dinamik olarak üretilen üç boyutlu temsillere

yönelmişlerdir (Kırkan, 2015). Tasarım yöntemi olarak animasyona dayalı tasarım yöntemi ile form belirleme aracı olarak da kullanılmıştır. Bu şekilde mimaride hareket hem temsil hem tasarım aracı olarak düşünülebilir.

Hareketin sayısal ifadesi olarak animasyonun kullanılması, bilgi aktarma aracı ve iletişim şekli olarak da algılanması anlamına gelmektedir. Hareketi anlatabilme yöntemi olarak kullanılan animasyonun tekniklerine ve kısa tarihi bir sonraki bölümde değinilecektir.

2.3.2.1 Animasyon Kavramı

Animasyon kelimesinin kökeni olan “anima” sözcüğü latince kökenli bir kelimedir. Anlam olarak akıl, ruh kelimeleri kullanılsa da kelime anlamı, ‘ruhun bilinçaltına temas eden ve içe doğru yönlendirilen kısmı’ olarak tanımlanmaktadır (Lexico Dictionary, 2019). Britannica Ansiklopedisinde canlandırmak, canlılık, hareket kazandırmak, resim ya da nesneleri hareketli veya canlı oldukları yanılsamasını uyandıracak şekilde art arda koyma işlemi olarak tanımlanmakta olan animasyon kelimesi, ‘cansız nesneleri devinim halinde gösterme sanatı’ yani canlandırma olarak da kullanılmaktadır.

Animasyonlar, izleyiciler üzerinde devinimin yanılsamasını oluşturabilmek amacıyla yapılan aslında sabit olan görsellerin sunumunu içermektedir. Çevremizde zamana bağlı oluşan bütün etkinlikler, çeşitli grafik araçları ile bir animasyonun parçası olarak gösterilebilir (Dündar, 2013).

Hareketin ifadesi olarak ortaya çıkan animasyon kavramı, geleneksel yöntemlerle manuel olarak uygulanabileceği gibi, bilgisayarların hayatımıza girmesiyle sayısal olarak da uygulanmaya başlanmıştır. Sayısal olarak ifade edilen hareketin öncelikle bir eğlence aracı olarak kullanılması, sonralarda sanat, tasarım ve mühendislik alanlarına da temsil, sunum ve analiz aracı olarak kullanılmasıyla uygulama alanları ve yöntemleri genişlemiştir. Animasyonun geçirdiği evrimi ve gelişimi bölüm içinde ikiye ayrılmıştır. ‘Geleneksel Yöntemler’ ve ‘Bilgisayar Teknolojileriyle Oluşturulan Yöntemler’ olarak özetlenen gelişim aşamaları kısa anlatımı yapılacaktır.

— **Geleneksel Yöntemler:**

Günümüzde görüntülü medyanın bütün birimlerinde temel kullanım aracı olarak karşımıza çıkan animasyonlar, bilgisayar teknolojilerinin devreye girmesiyle çoğunlukla sayısal ortamlarda oluşturulmaktadır. Kullanım çevresinin daha az olduğu ilk dönemlerinde ise geleneksel yöntemler olarak tabir edebileceğimiz bazı manüel yöntemler ile oluşturulmaktaydı. Başlarda el ile çizilen cansız objeleri hareketli gibi göstermek üzere tasarlanan bu sistemler zamanla gelişerek oluşturulan görüntü ve sahne çizimlerinin hareketlerini anlatabilmek üzere evrimleşmiş ve bu şekilde kullanılmıştır.

Geleneksel yöntemler yani bilgisayar teknolojisi kullanılmadan uygulanan animasyon çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Optik Oyuncaklar
2. Sel (cel) Animasyon
3. Rotoskopi
4. Stop Motion Yöntemi

Burada sıralanan yöntemlerden stop motion yöntemi, geleneksel yöntemlerden olsa da bilgisayar teknolojileriyle iç içe kullanılan bir yöntem haline gelmiştir.

Optik Oyuncaklar: 1800'lü yıllarda gözün görme ve beynin algılama yapısı ile ilgili yapılan çalışmalar ile hareketin ardışık olarak aşamalarını gösteren resimleri arka arkaya izlenildiğinde izlenilen resimlerin hareketli görüntü olarak algılandığı fark edilmiştir. Bu prensibi kullanarak sadece çizimler ve yapılan optik oyuncaklarla animasyon üretmek mümkün olmuştur (Williams, 2001).



Şekil 2.29 Thaumatrope (a), Praxinoscope (b), Zoetrope (c) (Krasner, 2008)



Şekil 2.30 Phenakistoscope (a), Flipper book (b) (Krasner, 2008)

Bu prensip, animasyonun teknik gelişimi açısından çok önemli olarak kabul edilen, “Thaumatrope”, “Praxinoscope”, “Zoetrope”, “Phenakistoscope”, “Flipper book” gibi çok çeşitli optik aletlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. (Köymen, 2008)

Görme sürekliliği fenomeninin fark edilmesi ile icat edilen bu optik cihazlar, izleyicileri devinimin yanılsaması ile eğlendirmede ilk olmuşlar ve bu yanılsamayı kitlelere izletecek sofistike cihazların gelişimine doğru evrimleşmişlerdir. Bu evrim sürecinde animasyonu üretebilmenin ‘stop motion’ ve ‘sel (cel) animasyon’ gibi birçok geleneksel yöntem ortaya çıkmıştır.

Sel (Cel) Animasyon: Bu tekniğin ismi ‘celluloid’ kelimesinin kısaltılmış halidir. Çizimler, şeffaf selüloit kağıtlara arka plan, orta plan ve ön plan olarak ayrı ayrı çizilip birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Arka plan için oluşturulan görsel çalışmaları genel olarak opak ve mat bir yüzeye işlenip, üstüne gelecek olan animasyonu oluşturan katmanlar şeffaf yüzeylere uygulanır ve üst üste getirilip birleştirilir. Şeffaf yüzeylere işlenen animasyonu oluşturacak çizimlerden hareketli bölümler yeniden oluşturularak katmanlar hazırlanır. Animasyonda oluşturulacak her kare için çizimlerin ayrı ayrı hazırlanması gerekmektedir. Zaman açısından kolaylık sağlaması için ana kareleri tasarlayan asıl animatörler, geriye kalan ara çizimleri gerçekleştirecek ara çizerlerle birlikte çizim sürecini kolaylaştırırlar (Krasner, 2008).

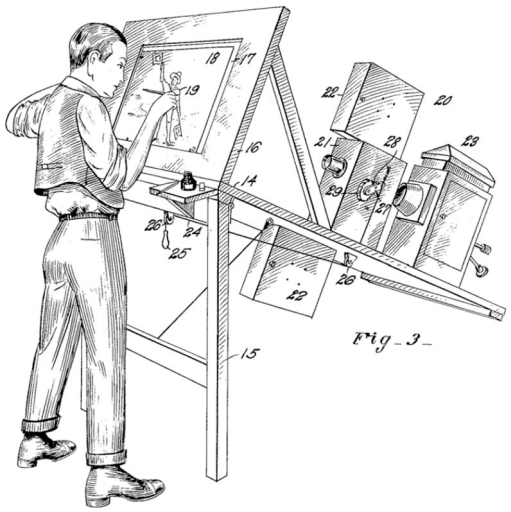
Sel animasyon tekniği, animasyonun el ile üretildiği zamanlarda kullanılan başlıca ve temel bir yöntemdir. Fakat bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile şu an sadece estetik ve stil olarak tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.



Şekil 2.31 "St. Trinian's School for Girls" animasyonunun yapım aşaması (Dündar, 2013)

Rotoskopi: Hareketli canlı görsellerinden elde edilen kareler ve o karelerdeki hareketin kopyasını çıkarabilmek için Şekil 2.32'de gösterilen aletin üzerine koyulan şeffaf bir kâğıt vasıtasıyla çizilmesi tekniğine rotoskopi tekniği denir. Bu teknik daha çok animatörlerin devinim ve zamanlama kavramlarını öğrenebilmesini sağlamak için de kullanılmıştır. Aynı zamanda Walt Disney Studio'da temel eğitimlerde de kullanılmaktadır.

Bu teknikte animasyonun verdiği mekanik his, animatörün çizimiyle doğrudan ilişkilidir. Çünkü bir hareketi ne kadar detaylı kopyalanırsa animasyonu o kadar canlı ve hareketli gösterecektir. Devinimin koreografisini düşünmek, fiziksel olguları hesaba katmak ve yeterli miktarda abartmak, daha canlı bir görünüm elde etmeye yardımcı olacaktır (Krasner, 2008).



Şekil 2.32 Max Fleischer tarafından geliştirilen ve 1917 yılında patentlenen rotoskopi tekniği ve orijinal cihazı (Dündar, 2013)

Stop Motion Yöntemi: Stop motion animasyon yöntemi, geleneksel sayılabilecek fakat gelenekselden daha fazla olarak günümüzde de çok sık kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde kullanılan bilgisayarlı animasyon yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır. Teknik olarak, cansız sahnelerin kare kare hareketli çizimlerinin yapılıp, ardı ardına hareket ettirilerek devinim görünümünün elde etme yöntemidir. Bu şekilde cansız nesnelerin sanki hareketliymiş gibi gösterilmesini sağlar. Zamanla stop motion animasyon alt teknikleri olarak; kukla animasyonu, claymation, cut-out animasyon, pixilation gibi teknikler ortaya çıkmış ve kullanılmaya başlanmıştır.

Bu ve bunun gibi kullanılan geleneksel yöntemler, günümüzde de bilgisayar teknolojileriyle birleştirilip kullanılmaya devam edilmektedirler.

— **Bilgisayar Teknolojileriyle Oluşturulan Yöntemler**

Geleneksel yöntemlerle oluşturulan animasyon çalışmaları, bilgisayarların kullanım alanların genişlemesiyle tasarımcıların olduğu gibi animatörlerin de kullanım alanına girmişitr. Başlangıçta bilgisayarı geleneksel yöntemlere yardımcı bir araç olarak kullanan animatörler, zaman içinde bilgisayarı doğrudan animasyon aracı olarak kullanmaya başlamışlardır.

90'lı yıllardan önce geleneksel ve kısmen bilgisayar ile yapılan animasyon çalışmaları, animatörler için zahmetli ve vakit alan bir uğraştı. Bu nedenle sanatçı zaman ve uğraş içinde boğuluyor ve yapılan işlerin sanatsal dışavurum olanakları kısıtlı kalıyordu. Bilgisayar uygulamaları ile birlikte kullanıcı dostu olan teknolojilerle, sanatçının yapabilecekleri devamlı artmış ve daha çok seçilen, kolay adapte olunabilen bir olgu haline gelmiştir (Parent, 2002).

Bilgisayarlı animasyon, bilgisayar destekli yani bilgisayarı animasyon oluşturabilmek için yardımcı araç olarak kullanma olan iki boyutlu (2D) bilgisayar animasyonu ve bilgisayar tarafından oluşturulan yani animasyonun tamamen bilgisayar ile oluşturulmasına dayanan üç boyutlu (3D) bilgisayar animasyonu olarak iki kategoriye ayrılır.

İki boyutlu bilgisayar animasyonu; hareketli grafik çalışmaları, flash animasyonları, fotoğraf üzerinden yapılan animasyon çalışmaları gibi kısmen

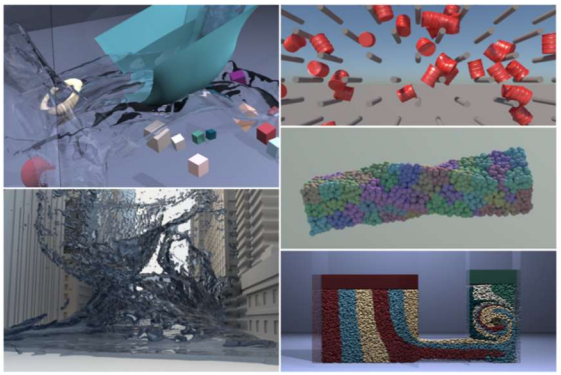
geleneksel yani analog tabanlı yöntemlerden oluşur. Üç boyutlu bilgisayar animasyonu dendiğinde, animatörün çevresel veriler dahil her şeyi bilgisayar programları üzerinden modelleyip modifiye edebileceği bir sistemde işlemektedir.

Bilgisayar programlarıyla oluşturulan evrenler, daha önce de bahsedildiği gibi animatörün hayal gücüne ve tasarım kararlarına yönelik durumlarla ortaya çıkmaktadırlar. Bunun yanında bu tasarımların gerçek hayat ile birlikte kullanıldığı bazı sektörlerde, animasyonun gerçek hayat ile ilişkisinin de önemli bir veri sağlaması beklenmektedir. Buna göre sinema, sağlık, oyun sektörü, mimari vb sektörlerde de kullanılan **fizik tabanlı animasyon**, yani **simülasyon** teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Simülasyon animasyonun gerçekliğidir ve yapı olarak 3 boyutlu animasyonun alt kategorisindedir.

2.3.3 Animasyonun Fizik ile Birleşimi; Simülasyon

Simülasyon kelimesi Latince'de "Simulare"'den türemiştir ve yaklaşık üç yüzyıl boyunca İngilizce, Fransızca ve Almanca'da "taklit" ya da "aldatmaca" anlamlarıyla karşılık bulmuştur. Bu ilk tanımlamalara rağmen günümüzde simülasyon, genelde bilim ve teknolojiyle ilişkilendirilmiş halde kullanılmaktadır.

Simülasyon teknolojisi basit davranışları taklit etmenin ötesinde çok daha karmaşık hareketleri de oluşturabilmektedir. Tüm bir binanın çöküşünü veya büyük bir yük altında çelik çubuğun bükülmesini taklit edebilmektedir. Son birkaç yılda sıvıların, özellikle de suların davranışını taklit etmek bile mümkün olmuştur. Ayrıca, bir kamyon dolusu tuğlayı yere dökmek gibi katı cisimlerin, zıplayan lastik toplar gibi elastik cisimlerin çarpışmasını taklit edebilmektedir (Wright, 2008).



Şekil 2.33 Simülasyon programlarıyla oluşturulan simülasyon görselleri (Bargteil vd., 2018)

Animasyon ve simülasyon görsel sanatlarda hem iç içe hem de ayrı değerlendirilebilen kavramlardır. Kolarevic'e (2009) göre de animasyonun en büyük dezavantajlarından biri mimari projedeki kısıtlamaların animasyonlu sunumlarda ortadan kalkması ve sunumların projeden farklı bir dünyayı yansıtmasıdır. Örneğin animasyonda sadece görselleştirme sürecine odaklanılacak olunursa, gerçekte kesik yüzeyli bir modeli illüzyon yaratıp yumuşatarak gösterebilir. Fakat burada görsel algoritma ve hesaplamalarında, binanın gerçek fiziksel kavranmasında kullanılan alternatif panelizasyon ve fabrikasyon süreçlerinin birbiriyle ilişkisi yoktur (Ertan, 2016). Bu nedenle sunum amaçlı animasyon ve simülasyon kullanımında kullanılan model verileri gerçeğe uygulanamaz denilebilir.

Mimaride simülasyon kullanımında akla birkaç kategori gelmektedir. Bunlar;

1. Performansa dayalı mimari tasarımlar (bina modeli ısınma, rüzgâr ve statik olarak yapılan bina performansını araştıran programlar),

2. VR-AR uygulamaları,

3. Sunum için kullanılan simülasyon uygulamaları,

4. Mekân tasarımı için kullanılan simülasyonlar olarak sıralanabilir.

Simülasyon teknolojilerine yönelik bu şekildeki farklı yaklaşımlarla bina modellemesi, sunumu ve uygulaması adına çok yönlü simülasyon çalışmaları yapılmaktadır. Tez içinde kullanılan ve anlatımı yapılan simülasyon kavramı daha çok sunum için kullanılan animasyon teknolojileriyle geliştirilmiş fakat fizik tabanlı çalışan uygulamalardır. Buna bağlı olarak bilgisayarda oluşturulan 3 boyutlu çevreyi gerçek fizik kurallarını temel alan simülasyon programlarıyla yapmak, var olan algoritmaları değiştirerek gerçek çevrede nasıl bir sonuca ulaşılacağını görmek simülasyonun çerçevesidir.

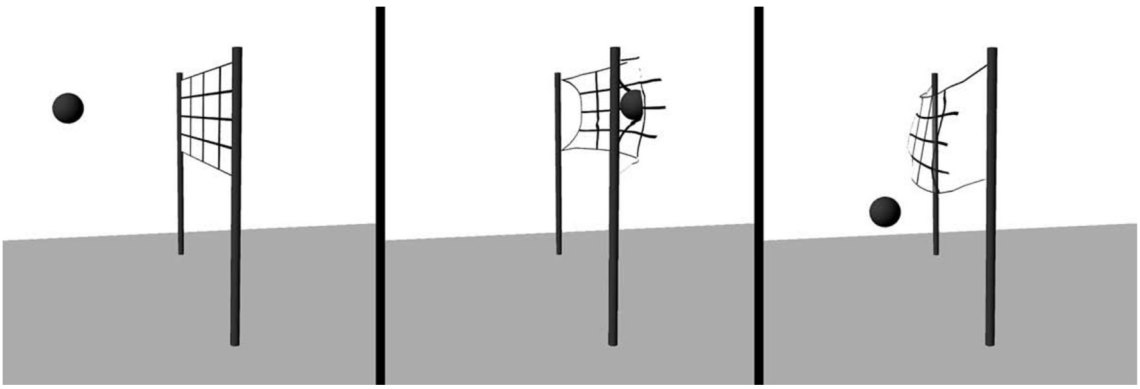
Bu nedenle animasyon mimaride sanatsal ve duygusal yorumlamalara daha yakınken, simülasyon ise mimari için, "mekanik" yani daha gerçekçi bir görsellik sunabilmektedir. Simülasyonla uzun ve yorucu bir çalışmayı kısa sürede halledebilirken, karmaşık simülasyon sürecini mantıklı ve basit bir algoritmaya indirerek çözümlemek gerekebilir. Animasyon ise hayata anlık bir bakıştır ve bir

algoritma yerine anlık bir hareketi yakalamaya çalışır. Bu ayrım ne kadar yapılmış olsa da birbirinden tamamen kopamazlar.

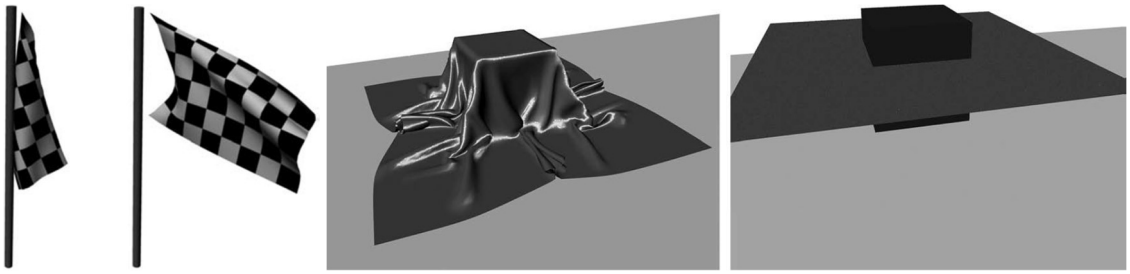
2.3.3.1 Obje Simülasyonlarında Dinamik Etkenler

Simülasyon programlarının çalışması, gerçek dünyadaki fizik kurallarına bağlıdır. Gerçek hayatta yaşam çoğunun tam olarak gözlemlenemediği birçok doğal olaylar ve fenomenlerden meydana gelir. Bilgisayar ortamında kurgulanacak ve taklit edilecek ortamın da bu olayları taklit etmesi gerekmektedir. Simülasyon ortamında gerçek dünyada var olan ve sanal olarak kodlanan ağırlık, sürtünme, durağanlık, ivmelenme, direnç, gerilme ve nesnelerin çakışması gibi birçok fiziksel etmenin nesneler üzerinde yapılan deneylerde gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi için fizik kurallarından yararlanılmaktadır. Bu olayların görsel olarak üretilmesi, zaman ve mekân içinde nasıl oluştuklarının ve geliştiklerinin anlaşılabilmesine yardımcı olmaktadır (Dündar, 2013).

Örneğin Şekil 2.34'teki topun fileye çarpma anındaki etki görselini alacak olursak, topu ve fileyi modelde oluştururken, her obje için gerçek esneklik, kütle ve yoğunluk değerleri belirlenir. Bunların yanında topun hareketinden ve çevresel dinamiklerden kaynaklı yer çekimi, rüzgâr etkisi ve topun hızına bağlı olarak simülasyonda oluşan sonuç farklı olacaktır. Bunun yanında patlamalar, dalgalanan kumaş, fışkıran su gibi sahnelerin simülasyonunu yapmak dinamik etkenlere bağlı değişen ve gelişen bir sistemde ilerler.



Şekil 2.34 Kuvvet ile gelen topun fileye çarptığında oluşturduğu etkinin simülasyondaki görüntüsü (Dündar, 2013)



Şekil 2.35 Bayrağın rüzgar etkisiyle dalgalanmasının ve kumaş bir örtünün katı küp cismin üzerine bırakılmasının simülasyondaki görüntüsü (Dündar, 2013)

Dündar'ın (2013) tez çalışmasında bu fizik kuralları olarak anlatılan kurallar, dinamik bilimi adı altında incelenmiştir. Dündar'a göre; "Animasyonda gerçekçiliğe daha karmaşık ama daha gerçekçi bir yaklaşım dinamik bilimine dayalı olacaktır. Dinamik biliminin uygulanması sayesinde sanal karakterlerin devinimleri kuvvetler ve momentler ile yönetilebilmektedir. Arnaldi'nin 1989 yılında açıkladığı üzere, dinamik biliminin animasyondaki hareket denetimine dahil olmasına üç ana etken neden olmuştur:

1. Dinamik bilimi, animatörü nesnelerin fiziksel özelliklerini hesaba katma durumuna karşı serbest bırakmıştır.

2. Doğanın fenomenleri daha gerçekçi olarak elde edilebilmiştir.

3. Sanal karakterler çevresel etkenlere karşı otomatik olarak tepki vermeye başlamıştır." (s.155).

2.3.3.2 Simülasyonlarda Kullanılan Canlı & Cansız Hareketleri

Bilgisayar animasyonlarının kullanıldığı çeşitli animasyonlarda, kullanılacak karakter ve obje seçimleri, animatörün yapmak istediği, görselde yansıtmak istediği gibi olmaktadır. Kullanılan canlı & cansız varlıkların ağırlığı, yoğunluğu gibi dinamik etkenler kriter olarak alınmadan, sadece tasarlanan görsele uygun bir şekilde gösterilmektedir. Simülasyon ile birlikte animatörler tasarladıkları sahnelerin her detayına kadar düşünmesi ve olabilecek tüm hareketlerin olasılıklarını önceden hayal etmesi gerekmektedir.

Kullanılan nesnelerin karmaşıklığı ve hareket olasılıkları arttıkça simülasyon çalışmaları daha aktif kullanılmaya başlanmıştır. Fakat insanlar ve hayvanlar gibi eklemli bedenlerin animasyonu özellikle zorlayıcı olmuştur. Beden, dönel

eklemlerin hiyerarşik yapısı ile temsil edilmiştir. İnsan bedeni, iki yüzden fazla serbestlik derecesine sahiptir ve karmaşık hareketleri gerçekleştirmeye yetkindir; araştırmalar hâlâ onu ölçebilmeye, analiz edebilmeye ve canlandırabilmeye çalışmaktadır. Bilgisayar animasyonunda eklemli bedendeki istenilen devinimi elde edebilmek için gereken uzuvların düzenlenmesi ve denetlenebilmesi engeli serbestlik derecesi problemi olarak anılmaktadır (Dündar, 2013).

Canlı varlıkların hareket özgürlüğü ve karmaşık hareket becerileri, gelişmekte olan teknolojik aletler ile uygulanması zor olduğu gibi, obje hareketlerinin belirli çerçevedeki fizik kuralları ve tanımlı çevresel kuvvetlerle taklit edilebilmesi daha kontrollü simülasyon çalışmaları oluşturulmasını sağlamaktadır.

Bir sonraki bölümde, araştırması yapılan simülasyon ve mimari tasarım arasındaki ilişkinin ve tasarım yöntemi olarak kullanılabilme olasılığını obje hareket deneyleri ile birlikte yapılacaktır. Bütün yapılan literatür taraması, yapılacak deneylere kaynak olacak ve hareket deneylerinde öncelikle sistemin nasıl olacağı belirlenecek ve oluşturulacak sahnelerle deney çalışmalarına başlanacaktır.

3
Obje Hareket Simülasyonlarıyla Tasarım Modeli Oluşturma

Bu bölümde, önceden yapılan çeşitli literatür araştırmaları sonucunda hareketi modele dönüştürme deneylerine belirlenen kabullerle başlanacaktır. Hareketi mimari ön modele aktarırken kullanılacak olan tekniklerin anlatımı, izlenecek yöntemleri ve süreci bölüm içinde aktarılacaktır.

3.1 Simülasyon Aracının Belirlenmesi

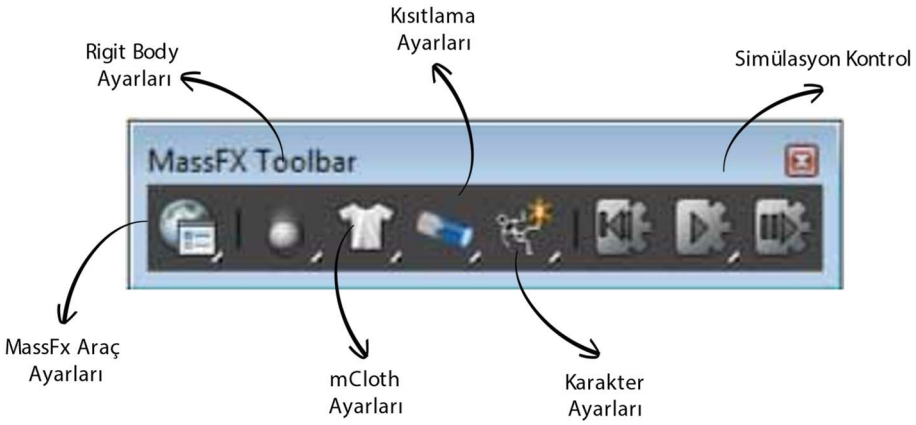
Animasyonu oluşturan çeşitli geleneksel ve bilgisayar yöntemleri olduğu önceki bölümlerde anlatılmıştır. Simülasyonun, animasyonun bilgisayar ile aktarılan bir yöntemi olduğu düşünüldüğünde, küresel objelerin simülasyonunun oluşturulabilmek için çeşitli bilgisayar programları ve araçları kullanılmaktadır.

Günümüzde çeşitli üreticilerin çıkardığı 3 boyutlu modelleme programlarından en çok kullanılan program olan Autodesk 3ds Max programı, çeşitli modelleme ve animasyon işlemleri için kullanılacaktır. Bunun yanında programın içinde bulunan çeşitli simülasyonları oluşturmayı sağlayan MassFx aracı da yapılacak simülasyon çalışmaları ve deneyler için kullanılacaktır.

3.1.1 MassFx Aracı

MassFx aracı, model üzerinde animasyon oluşturarak fizik şartlarını taklit eden bir programdır. Reaktör denilen eski eklentinin yerine getirilen bir araçtır (Ertan, 2016). MassFx kısaca, objeleri bilgisayar ortamında yaratıp, çeşitli fiziki özellikleri ekleyip, hazır materyallerle ortamın oluşturulmasına, çeşitli kuvvet unsurları ekleyip bunlarla animasyonlar yapmaya imkân vermektedir.

MassFx aracın basit bir arayüze sahiptir. Araç çubuğundaki açılır menü ile seçeneklere kolayca ulaşılabilmektedir. Bu seçeneklerde simülasyon oluşturma ve parametre pencerelerinin açıldığı tuşlar bulunmaktadır.



Şekil 3.1 3ds Max MassFx aracının araç çubuğu

Açılan araç çubuğunda sırasıyla MassFx araç (MassFx Tools), Rigit Body, mCloth, Kısıtlamalar (Constrains), Karakter (Ragdoll) ve simülasyon kontrol ayarlarının yönetildiği tuşlar bulunmaktadır. Bu tuşlar ile simülasyon içindeki tüm kontroller ve ayarlar yapılabilir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.2 3ds Max MassFx aracının ayar sekmesi

MassFX eklentisi katı cisimler kullanır. Yani animasyon sırasında cisimler formlarını kaybetmezler. Bu cisim sınıfları 3 tipten oluşur. Bunlar;

Dinamik: Dinamik nesnelerin hareketi tamamen animasyonlarla kontrol edilmektedir. Yerçekimine, çarpma kuvvetlerine ve diğer nesneler de dahil olmak üzere modeldeki tüm cisimlerin çarpması sonucu ortaya çıkan kuvvetlere maruz kalırlar ve bu şekilde tepkileri ölçülmüş olur.

Kinematik: Kinematik nesneler basitçe durağan nesnelerdir. Kinematik bir nesne modeldeki dinamik nesneleri etkileyebilmektedir, ancak bunlardan

etkilenmemektedirler. Kinematik bir nesne simülasyon sırasında herhangi bir noktada Dinamik duruma geçebilmektedir.

Statik: Statik nesneler Kinematik nesnelere benzer ancak animasyonda bir hareketleri yoktur. Dinamik ve kinematik nesnelerin aksine içbükey nesne olarak kullanabilirler. Kaplar, duvarlar, engeller vb. gibi nesneler için kullanılabilirler (Autodesk, 2019).

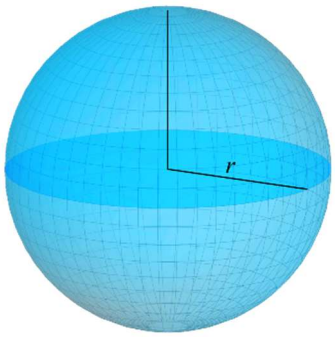
3.2 Kullanılacak Obje ve Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.1 Basit Küresel Objenin Simülasyonda Kullanılması

Basit 3 boyutlu geometriler, asal formların çeşitli kombinasyonlarıyla üretilmektedir. Kare, daire, üçgen gibi 2 boyutlu basit geometriler yüzeylerinin birbirlerini karşılayarak kapanması ve bir araya gelmesiyle elde edilmişlerdir. Bunun sonucunda küp, prizma, piramit, silindir ve küre gibi 3 boyutlu geometriler ortaya çıkmaktadır (Köymen, 2008).

Bu formların simülasyon objesi olarak kullanılması işlem ve ayar fazlalığı olmaması açısından ve yöntem arayışını kolaylaştıracağından önemlidir.

Türk Dil Kurumu'nun sözlüğünde "küresel obje" yani "küre", bütün noktaları merkezden aynı uzaklıkta bulunan bir yüzeyle sınırlı cisim şeklinde tanımlanmıştır (TDK, 2019).



Şekil 3.3 Küre ve ortogonal çapları (Wikipedia, 2019)

Matematikte "küre" ve "top" terimleri bazen birbirinin yerine kullanılır. Bu ayrım, iki boyutlu bir Öklid uzayına gömülü iki boyutlu kapalı bir yüzey olan bir küre ile bir top arasındadır. Bu, küreyi ve kürenin içindeki her şeyi (kapalı bir top) veya

yalnızca içindeki noktaları içeren (açık bir top) şeklidir. Top ve küre arasındaki ayrım her zaman korunmamıştır ve özellikle daha eski matematiksel referanslar bir küre hakkında katı bir cisim olarak bahsetmektedir. Bu, "daire" ve "disk" terimlerinin de karıştırılabileceği düzlemdeki duruma benzer (Wikipedia, 2019).

Günümüzde birçok küresel obje kauçuktan yapılmasına rağmen, bu form Amerika'nın dışında Columbus seferlerine kadar bilinmiyordu. İspanyollar, zıplayan lastik topları (katı ve şişmemiş olmasına rağmen) gören ilk Avrupalılardı. Columbus'tan önce dünyanın diğer bölgelerinde çeşitli sporlarda kullanılan toplar, çeşitli malzemelerle doldurulmuş hayvan mesaneleri veya derileri gibi diğer malzemelerden yapılmıştır (Wikipedia, 2019).

3.2.1.1 Obje Hareketinin Analizi

Küresel objelerin (topların) analizlerini oluştururken, kesin veriler üzerinden değerlendirme yapılması gerekmektedir. Uygun şartların sağlanması ve deneylerin yapılması sonrasında analizler oluşturulacaktır.

Analiz çalışmaları için objelerin tanımları, kesin verileri, objenin hareketi için gerekli zemin şartlarının oluşturulması öncelikle deneylerin dijital ortamda yapılmasıyla başlanır. Fiziki ortamı taklit eden programların eklentileri kullanılarak oluşturulan bu deney ortamları, gerçek dünyadaki şartların birebire yakın sonuçlarını vermektedir.

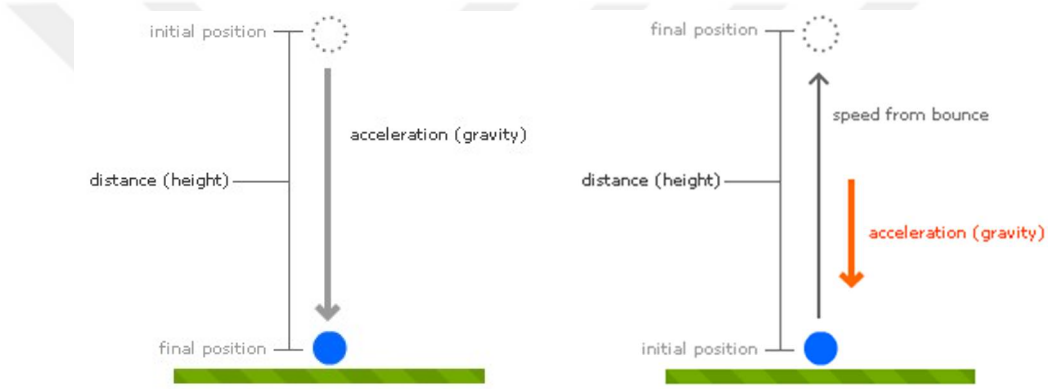
Malzemesi, kütle yoğunluğu, kütle boyutları, sürtünme katsayıları gibi obje özelliklerinin programa aktarılması ile sanal ortamda oluşturulacak deneylerde, objelerin atış hızı, yönleri, yer çekimi gibi hareketi destekleyecek faktörler ile deneyler düzenlenecektir.

Küresel objelerin hareketi, atış hareketleri ile belirlenebilir. Atış hareketi, yerçekimi, sürüklenme ile etkilenebilmektedir. Sıçrama hareketi, topun yapısından, etkilenen yüzeyin doğasından, darbe hızında, dönme hızından, çevre sıcaklığı ve basınç gibi çevresel faktörlerden beslenmektedir.

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}, \tag{3.1}$$

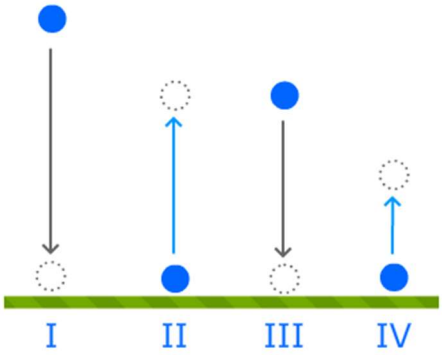
$$\mathbf{F_G} + \mathbf{F_D} + \mathbf{F_M} + \mathbf{F_B} = m\mathbf{a} = m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \boldsymbol{m}\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}, \tag{3.2}$$

Sıçrama hareketinde topa etki eden çeşitli kuvvetler bulunmaktadır. Bunlar, Yerçekimi kuvveti (F_G), hava direncine bağlı sürükleme kuvveti (F_D), topun dönüşüne bağlı Magnus kuvveti (F_M) ve kaldırma kuvveti (F_B) olarak sıralanmaktadırlar. Top hareketini analiz edebilmek için tüm kuvvetleri dikkate almak gerekmektedir. Harekete etki eden unsurlar formülize edilirken, topun kütlesi m ile gösterilmiştir. Bu formülde, a topun ivmesini, v hızını, r ise zaman içindeki konumunu temsil eder (Wikipedia, 2019).



Şekil 3.4 Topun yer çekimi kuvvetiyle düşmesini anlatan diyagramlar (Kirupa, 2009)

Belirli yükseklikten bırakılan cisme etki eden yer çekimi, topun yer yüzeyine doğru hızlanmasını sağlamaktadır. Yere birinci kez değen top, sıçrama katsayısı sayesinde sıçrayıp tekrar yükselmeye başlar. Fakat yer çekimi bu sefer topa ters bir kuvvet uygulayarak yere doğru tekrar geri çeker. Bunun yanında, her yere çarptığında enerji kaybetmektedir. Bundan dolayı topun Şekil 3.5'teki diyagramda gösterildiği gibi her yere çarptığı sırada sıçrama mesafesi azalmaktadır.



Şekil 3.5 Topun sıçrama diyagramı (Kirupa, 2009)

Newton'un ilk yasası; bir obje sabit haldeyken veya bir kuvvet tarafından etkilenmediği sürece sabit bir hızla hareket eder. Buna atalet yasası da denir ve açıklanan hareket düzgün hareket olarak adlandırılır.

Newton'un ikinci yasası; yani $\mathbf{f} = m\mathbf{a}$ formülü, bir objenin momentumundaki ani değişimin, objeye etki eden net kuvvete eşit olduğu şeklinde açıklanabilir. Bir objenin momentumunun ve Newton'un ikinci yasasının formülleri sırasıyla verilmiştir.

$$p(t) = mv(t) \tag{2.1}$$

$$f(t) = \frac{d}{dt}p(t) = m\frac{d}{dt}v(t) = ma(t) \tag{2.2}$$

3.3 Obje Hareketleri Simülasyonları ile Yapılan Deney Çalışmaları

Yapılacak deneyler sırasında obje özellik ayarlarını yaptıktan sonra daha gerçek bir animasyon yaratabilmek için yukarıdaki özelliklere dikkat edip, programın diliyle uyumlu bir model yaratmak gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında, bilgisayar ortamında oluşturulan deneylerin sözlü, grafik ve görsel anlatımı yapılacaktır.

3.3.1 Simülasyon Deneylerinin Başlangıç Aşamaları

3dsMax programının bir eklentisi olan MassFx aracı ile ilk olarak objelerin menü içindeki hazır bulunan malzeme çeşitlerine ve ayarlarına göre bir tablo oluşturulmuştur.

Tablo 3.1 Malzeme çeşitlerine göre obje değerleri tablosu 1

Küresel Obje- MassFx Rigit Body (Dinamik)							Kullanılan Kısaltmalar
Malzeme	Yarıçap (cm)	Kütle (kg)	Yoğunluk (gr/cm³)	Statik Sürtünme	Dinamik Sürtünme	Sıçrama Katsayısı	
Plastik	2	0,101	3	0,5	0,7	0,8	**PL**
Karton	2	0,05	1,5	0,5	0,5	0,0	**KA**
Beton	2	0,268	8,0	0,5	0,2	0,1	**BE**
Kireçtaşı	2	0,201	6,0	0,5	0,3	0,2	**Kİ**
Çelik	2	0,302	9,0	0,5	0,2	0,4	**ÇE**

Oluşturulan tabloda (Tablo 3.1) beş adet farklı hazır malzeme çeşitleri ve bunların değerleri görülmektedir. Küresel obje değerleri için hazırlanan tabloda, obje yarıçapları 2 cm olarak alınmıştır. Daha sonra yapılacak deneyler göz önüne alındığında karışıklık oluşmaması için tablonun son sütununda belirtilen kısa adlar belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Malzeme çeşitlerine göre obje değerleri tablosu 2

Küresel Obje- MassFx Rigit Body (Dinamik)							Kullanılan Kısaltmalar
Malzeme	Yarıçap (cm)	Kütle (kg)	Yoğunluk (gr/cm³)	Statik Sürtünme	Dinamik Sürtünme	Sıçrama Katsayısı	
Masa Tenisi Topu	2	0,0027	0,084	1,0	0,0	1,0	**M**
Basketbol Topu	12,5	0,62	0,076	1,0	0,0	1,0	**B**
Tenis Topu	6,7	0,058	0,444	1,0	0,0	0,9	**T**
Squash Topu	2	0,024	0,716	0,5	0,7	0,8	**S**

Tablo 3.1'de belirtilen hazır malzeme değer tabloları hazırlandıktan sonra, verilerin ve yapılacak sıçrama deneylerinin belirli sabitlere ve kurallara dayalı olması gerektiği ön görülmüştür. Bu kurallar çeşitli kütle, yoğunluk ve sıçrama mesafesi göz önüne alınarak belli bir sabit oluşturması nedeniyle belirlenmiştir. Bunların kütle ve yarıçap değerleri kurallarına göre tabloya eklenmiştir. Diğer değerler için belirlenen sayılar, sıçrama kuralları esas alınarak oluşturulmuştur. Önceki tabloda olduğu gibi kısa adlar belirlenmiş; masa tenisi topu için "M",

basketbol topu için “B”, tenis topu için “T”, squash topu için “S” kısa adı kullanılması uygun görülmüştür.

Küresel obje zıplama simülasyonu oluşturulabilmesi için gerekli ortam yaratılırken, obje dışında gerekli olan zemin değerlerinin de sınıflandırması yapılmıştır. Zemin sınıflandırmalarında dikkate alınan öncelikli konular, sürtünme ve sıçrama katsayıları olmuştur (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Malzeme çeşitlerine göre zemin değerleri tablosu 1

Zemin & Duvar- MassFx Rigit Body (Statik)						Zemin Çeşitleri
Yüzey Eğimi (%)	Kütle (kg)	Yoğunluk (gr/cm³)	Statik Sürtünme	Dinamik Sürtünme	Sıçrama Katsayısı	
0	1	5	1,0	0,0	0,9	**Tip-1**
0	1	5	1,0	0,0	0,7	**Tip-2**
0	1	8	0,5	0,2	0,1	**Tip-3**

Tip – 1 olarak adlandırılan zemin çeşidi, masa tenisi topu için gerekli sıçrama değerine uygun bir şekilde oluşturulmuştur. Gerekli sıçrama yüksekliği, topun 30 cm yükseklikten bırakıldığında zeminde sıçrayıp 23 cm yüksekliğe çıkmasıdır (ITTF, 2018).

Tip – 2 olarak adlandırılan zemin çeşidi, basketbol topu için gerekli sıçrama değerlerine uyarak oluşturulmuştur. Basketbol sahası özelliği açısından da beton zemine yakın bir değer verilmiştir. Buna göre, 180 cm yükseklikten alana bırakılan bir basketbol topu, 130 cm yüksekliğe zıplamaktadır (FIBA, 2018).

Tip – 3 olarak adlandırılan zemin çeşidi, tenis için geçerli şartlara uygun olarak oluşturulmuştur. Buna göre beton bir yüzeye 254cm yükseklikten bırakıldığında 135-147cm arasında bir yükseğe zıplaması gerekmektedir. Topun değerleri de göz önüne alındığında tablodaki değerler ile ilerlemek uygun görülmüştür (ITF, 2019).

3.3.2 Simülasyon Deneyleri

Deney başlangıç aşamalarında, malzemelerin simülasyon aracındaki değerlere göre nasıl tepki verdiği ve hangi kombinasyonlarla doğru sonuca ulaşılacağı gözlemlenip, malzeme kararları ve bunların kodlamaları yapılmıştır.

3.3.2.1 Deney Hazırlık Aşamaları ve Küresel Obje Malzeme Kararları

Obje ve çarpma yüzeyi malzemeleri için belirlenen değerler ve oluşturulan malzeme kodlamalarını kullanarak MassFx aracıyla basit sıçrama simülasyonları yapılmaya başlanmıştır. Form oluşturma amacıyla yapılacak deneyler için hazırlık aşaması olan bu deneyde serbest düşüş (kısaca SD) ile objelerin sadece yer çekimi kuvvetiyle nasıl bir sıçrama tepkisi verdikleri gösterilmektedir.

Tablo 3.4 Objelerin sıçrama mesafeleri- SD

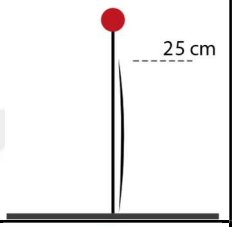
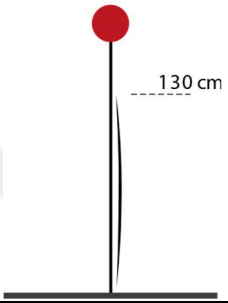
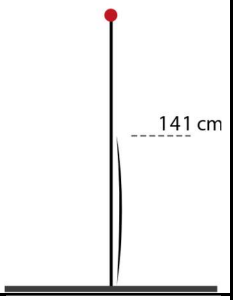
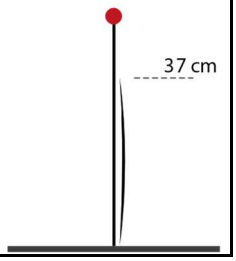
	Küresel Obje	Zemin		Kuvvetler		Sıçrama Mesafeleri
		H	Malzeme	İtme (N)	Yer Çekimi	
SD	**M**	**30 cm**	Tip-1	-	+	**25 cm**
	B	**180 cm**	Tip-2	-	+	**130 cm**
	T	**254 cm**	Tip-3	-	+	**141 cm**
	S	**50 cm**	Tip-1	-	+	**37 cm**
	PL	**50 cm**	Tip-1	-	+	**37 cm**
	KA	**50 cm**	Tip-1	-	+	**12 cm**
	BE	**50 cm**	Tip-1	-	+	**15 cm**
	Kİ	**50 cm**	Tip-1	-	+	**17 cm**
	ÇE	**50 cm**	Tip-1	-	+	**23 cm**

SD deneyindeki amaç, hazır malzemeler ve seçilen objeler ile birlikte, objenin zeminden belirli yüksekliklerde serbest düşmeye bırakılmasıyla ne kadar sıçrama tepkisiyle karşılaşılacağını ölçmektir.

Seçtiğimiz küresel objeler, belirlenen zeminlere göre serbest düşüşe bırakıldığında gerçek objelerin verdiği sıçrama mesafelerine geldiği görülmüştür. Bunun yanında hazır malzemeler ile aynı deney yapıldığında ise, plastik harici hazır malzeme kullanılan objeler yükseklik açısından verimli bir sıçramaya sahip olmadıkları görülmüştür. Bu nedenle hazır malzemelerle oluşturulmuş objeler, sıçrama deneylerinde kullanılması uygun olmayacaktır.

Bunun yanında yapılan birçok deney sonucunda, form yakalama amacıyla kullanılacak objenin; elastik, kullanımına göre daha aktif bir şekilde hareket edebilmesi gerekmektedir.

Tablo 3.5 Objelerin sıçrama hareketi izler

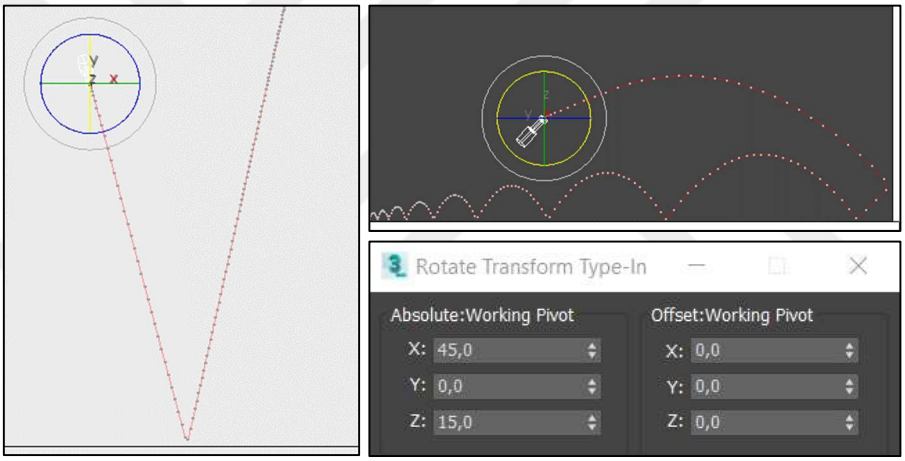
	Küresel Obje	Zemin		Kuvvetler		Sıçrama Mesafeleri	Hareket İzi
		H	Malzeme	İtme (N)	Yer Çekimi		
SD	**M**	**30 cm**	Tip-1	**-**	**+**	**25 cm**	
	B	**180 cm**	Tip-2	**-**	**+**	**130 cm**	
	T	**254 cm**	Tip-3	**-**	**+**	**141 cm**	
	S	**50 cm**	Tip-1	**-**	**+**	**37 cm**	

Hareket izlerine bakıldığında, objelerin serbest düşüş karşısında daha farklı bir kuvvet uygulanıp, hareket izinin daha belirgin ve form oluşturabilmeye verimli olması gerektiği anlaşılmıştır. Bu amaçla, Squash (S) için kullanılan plastik top

baz alınarak, çeşitli açı ve yükseklikte eklenen itme kuvvetleriyle deney ortamı oluşturulacaktır. Kuvvet ile yapılacak hareket izi deneylerinde kullanılan açı değerleriyle ilgili kısa bilgilendirme alt bölümde anlatılmıştır.

Açı Değerleri:

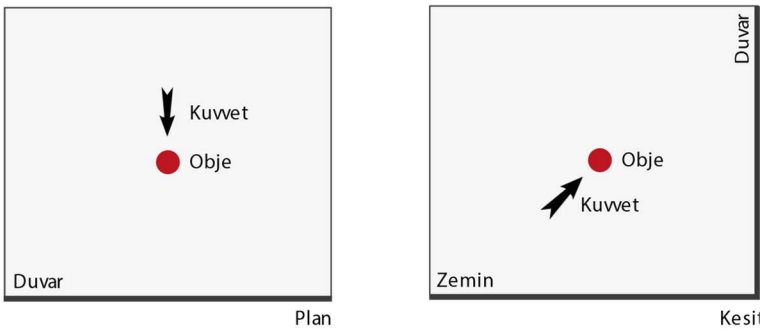
Kuvvet uygulanarak oluşturulan deneylerin başlangıç aşamasında objelere uygulanacak kuvvet; X, Y ve Z düzlemlerindeki açı değerleriyle yapılacaktır. Deney türlerine göre bir sonraki bölümlerde etki edecek olan kuvvet açıları 3 boyutlu olarak çeşitli yön ve değerlerde uygulanacaktır. Atış yönüne bağlı olarak değişebilen bu değerler 3dsMax'in model düzleminde yer alan açı değerlerine göre tablolarda belirtilecektir. Açı değerleri için model düzleminden alınan plan, yan görünüş ve açı değerlerinin ekran görüntüsü Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



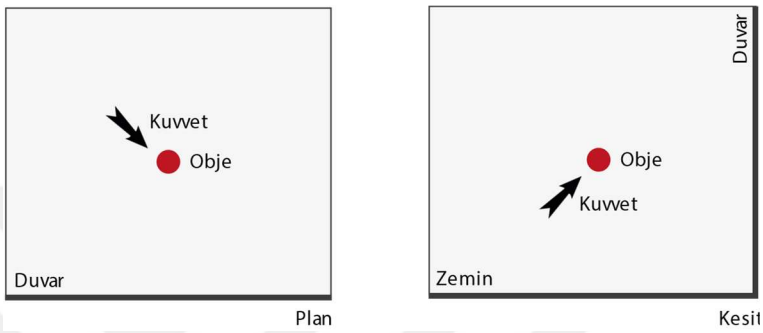
Şekil 3.6 Yapılacak deney çalışmasının model üzerinden plan, yan görünüş ve açı değerlerinin ekran görüntüsü

3.3.2.2 Tek Yüzey ile Yapılan Hareket Deneyleri

Simülasyon aracı ile obje hareketlerinin algılanması ve oluşan hareket izlerinin nasıl kullanılacağı, bununla ilgili nasıl bir mimari sonucun çıkacağına ilişkin yapılacak deneylerde, öncelikle SD deneyi ile kullanılacak obje seçimi yapılmıştır. Kuvvet ve açı ile yapılacak olan tek yüzey deneylerinde S ile kısaltılan Squash topu, küresel obje olarak kullanılacaktır. Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de hazırlanan şemalarda olduğu gibi obje duvar yüzeyine belirlenecek açı ve kuvvet miktarlarıyla atılması ile gerçekleştirilecektir.



Şekil 3.7 Tek yüzey ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları



Şekil 3.8 Tek yüzey ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları

MassFx hareket izi deneyleri ile hareket izlerinin obje yüksekliğine, çarpışma mesafesine, kuvvet açısına ve büyüklüğüne göre nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Tablo yanlarına eklenen görseller ile birlikte izlerin büyüklüğünün, şekillerinin nasıl değiştiği de gösterilmiştir. Tablolar, Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8, Tablo 3.9 ve Tablo 3.10 olarak adlandırılmıştır.

KV01 ile adlandırılan deney grubu, kuvvet uygulanarak yapılan bir deney grubudur bu nedenle kısaltma kodu KV kullanılmıştır. KV01'de plastik topun; Tip – 1 zeminine 150 cm yükseklikten, Tip – 1 duvarına da 500 cm mesafeden, 45 derecelik Y açısıyla sırayla 8 N, 10 N, 12 N ve 14 N kuvvetleriyle atışında nasıl bir iz değişimi olduğu gözlemlenmiştir. 8 N kuvvetiyle atılan objenin iz mesafesi ve şekli en kısa ve küçük olurken, 14 N ile atılan objenin daha geniş ve büyük bir ize sahip olduğu görülmüştür (Tablo 3.6).

KV02 deney grubunda, plastik topun; sıçrama katsayısının daha düşük olduğu Tip – 2 zeminine 150 cm yükseklikten, Tip – 1 duvarına da 500 cm mesafeden, 45 derecelik Y açısıyla sırayla 8 N, 10 N, 12 N ve 14 N kuvvetleriyle atışında nasıl bir iz değişimi olduğu gözlemlenmiştir. 8 N kuvvetiyle atılan objenin iz mesafesi ve şekli en kısa ve küçük olurken, 14 N ile atılan objenin daha geniş ve büyük bir ize

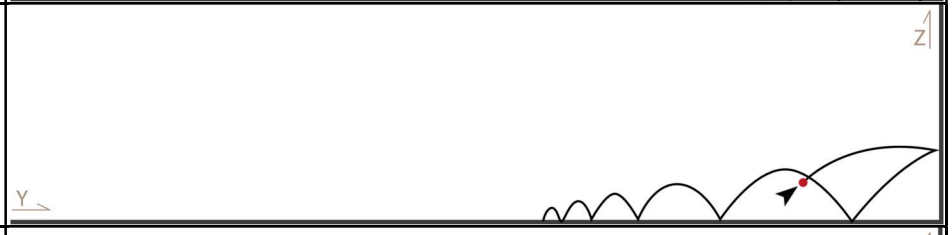
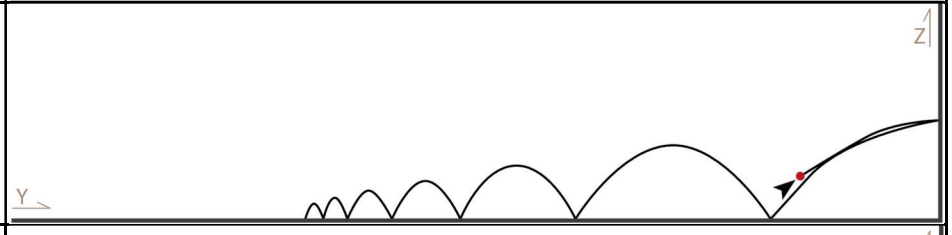
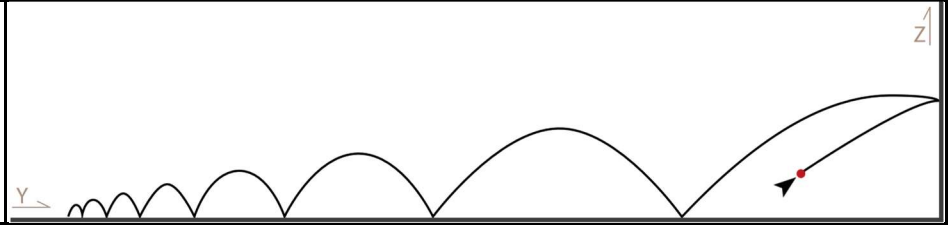
sahip olduğu görülmüştür. Fakat KV01'e göre daha küçük izler oluşmuştur. (Tablo 3.7).

KV03 deney grubunda, plastik topun; Tip – 1 zeminine 150 cm yükseklikten, 45 derecelik Y açısıyla 8 N kuvvetiyle, Tip – 1 duvarına da sırayla 400 cm, 300 cm, 200 cm, 100 cm mesafeden atışında nasıl bir iz değişimi olduğu gözlemlenmiştir. 400 cm mesafeden atılan objenin iz mesafesi ve şekli diğer deneylerde 500 cm'den yine 8 N kuvvetiyle atılan objeye göre daha kısa olsa da formu aynı kalmıştır. Diğer mesafelerdeki değişimler ise, sadece 100'er cm yere çarpma mesafelerinde olmuştur (Tablo 3.8).

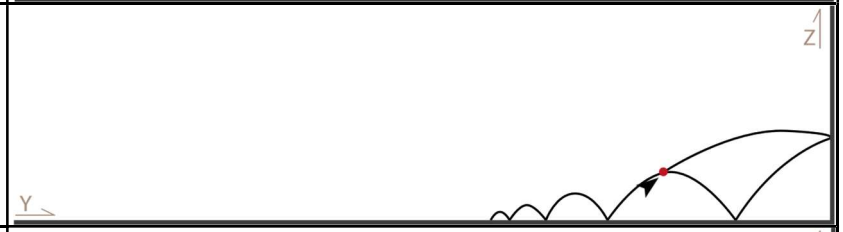
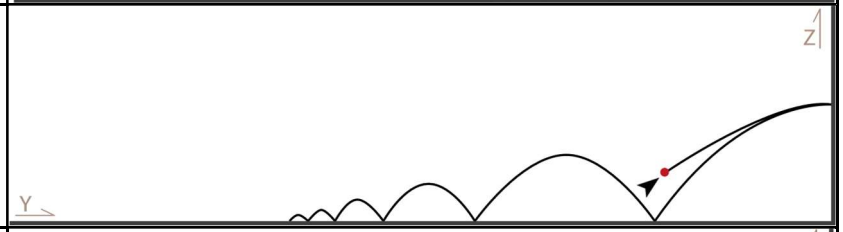
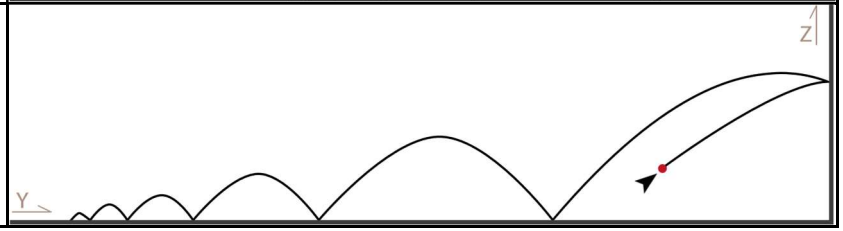
KV04 deney grubunda, plastik topun; Tip – 1 duvarına 500 cm mesafeden, 45 derecelik Y açısıyla 8 N kuvvetiyle, Tip – 1 zeminine de sırayla 200 cm, 250 cm, 100 cm, 50 cm yükseklikten atışında nasıl bir iz değişimi olduğu gözlemlenmiştir. 200 cm ve 250 cm mesafeden atılan objelerin iz şekli, diğer deneylerde 150 cm'den atılan izlere göre sıçrama mesafesi daha fazla olduğu için kavisli olduğu görülmüştür. 100 cm ve 50 cm yükseklikten atılan objelerin izi kavisini kaybetmiş ve sıçramaları kısa mesafede kalmıştır (Tablo 3.9).

KV05 deney grubunda ise, Tip – 1 zeminine 150 cm yükseklikten, Tip – 2 duvarına 500 cm mesafeden, 45 derecelik Y açısıyla ve 8 N kuvvetiyle sırayla 15 derece, 30 derece, 45 derece ve 60 derecelik Z açılarıyla atışlarda nasıl bir iz ve şekil değişimi olduğu gözlemlenmiştir. Her iki taraftan da açı ile atılan objelerin diğer deneylere göre şekil açısından farklı olduğu gözlemlenmiştir. Açı değerlerinin değişiminden dolayı oluşan düşme mesafelerinin farkı, kendi içlerindeki şekil oluşumunu etkilemiştir. (Tablo 3.10)

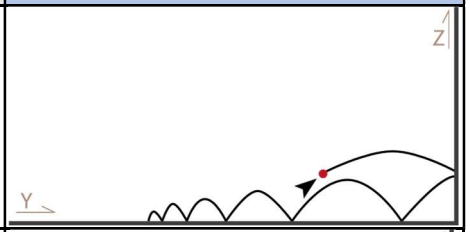
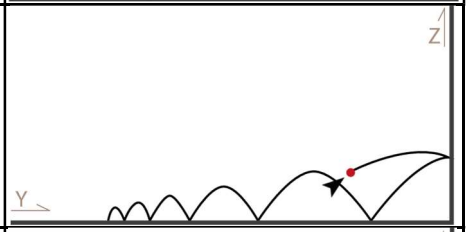
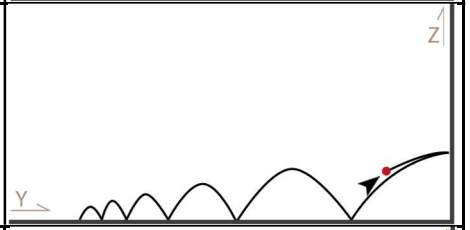
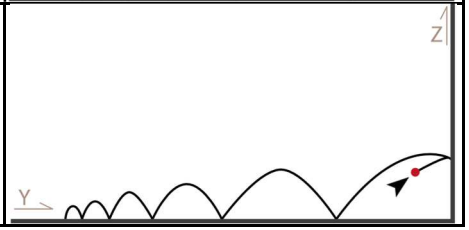
Tablo 3.6 Objelerin hareket izleri – KV01

		Küresel Obje	Zemin		Duvar		Kuvvet					Hareket İzi
			H	Malzeme	L	Malzeme	Açı Değerleri			İtme (N)	Yer Çekimi	Yan Görünüş
							X	Y	Z			
KV01	KV01_N-8	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**8**	+	
	KV01_N-10	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**10**	+	
	KV01_N-12	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**12**	+	
	KV01_N-14	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**14**	+	

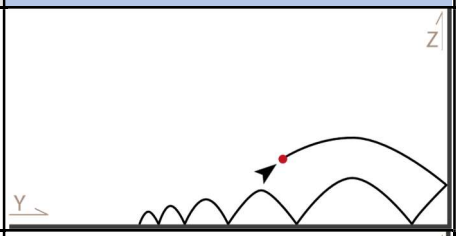
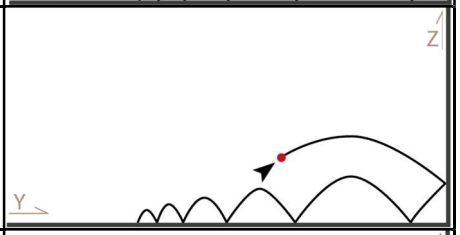
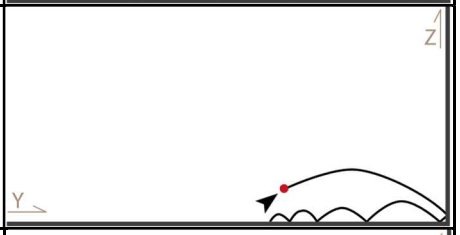
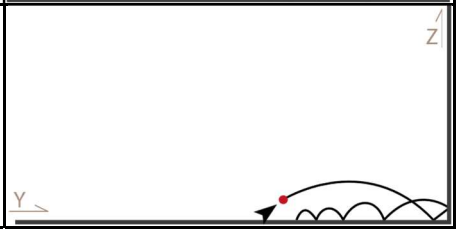
Tablo 3.7 Objelerin hareket izleri – KV02

		Küresel Obje	Zemin		Duvar		Kuvvet					Hareket İzi
			H	Malzeme	L	Malzeme	Açı Değerleri X	Açı Değerleri Y	Açı Değerleri Z	İtme (N)	Yer Çekimi	Yan Görünüş
KV02	KV02_N-8	S	150 cm	**Tip 02**	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**8**	+	
	KV02_N-10	S	150 cm	**Tip 02**	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**10**	+	
	KV02_N-12	S	150 cm	**Tip 02**	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**12**	+	
	KV02_N-14	S	150 cm	**Tip 02**	500 cm	Tip 01	0	45	-90	**14**	+	

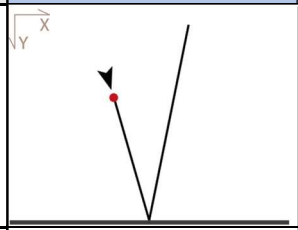
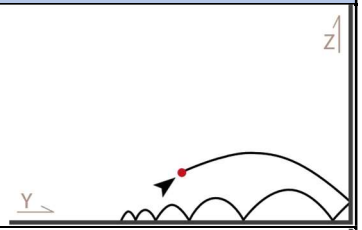
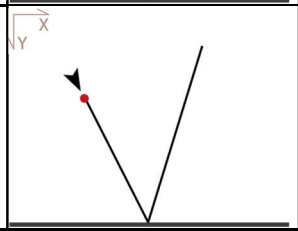
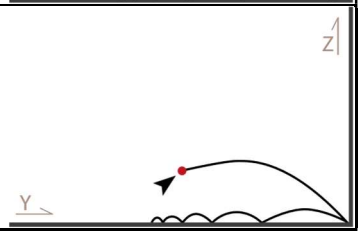
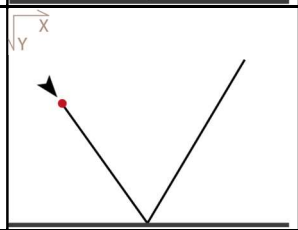
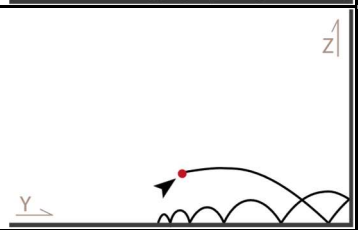
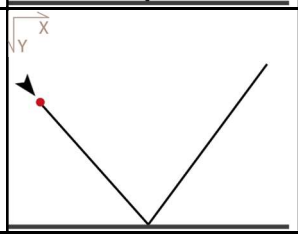
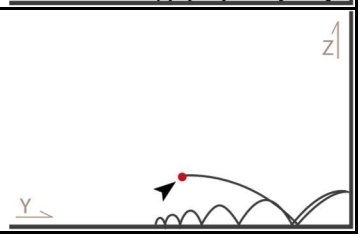
Tablo 3.8 Objelerin hareket izleri – KV03

		Küresel Obje	Zemin		Duvar		Kuvvet					Hareket İzi
			H	Malzeme	L	Malzeme	Açı Değerleri			İtme (N)	Yer Çekimi	Yan Görünüş
							X	Y	Z			
KV03	KV03_L-400	S	150 cm	Tip 01	**400 cm**	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV03_L-300	S	150 cm	Tip 01	**300 cm**	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV03_L-200	S	150 cm	Tip 01	**200 cm**	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV03_L-100	S	150 cm	Tip 01	**100 cm**	Tip 01	0	45	-90	8	+	

Tablo 3.9 Objelerin hareket izleri – KV04

		Küresel Obje	Zemin		Duvar		Kuvvet					Hareket İzi
			H	Malzeme	L	Malzeme	Açı Değerleri X	Açı Değerleri Y	Açı Değerleri Z	İtme (N)	Yer Çekimi	Yan Görünüş
KV04	KV04_H-200	S	**200 cm**	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV04_H-250	S	**250 cm**	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV04_H-100	S	**100 cm**	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	8	+	
	KV04_H-50	S	**50 cm**	Tip 01	500 cm	Tip 01	0	45	-90	8	+	

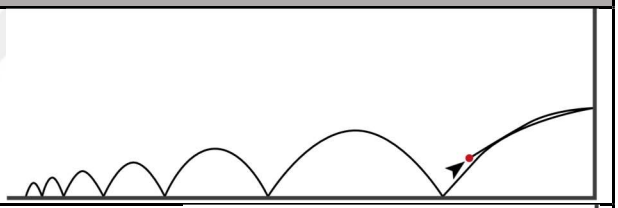
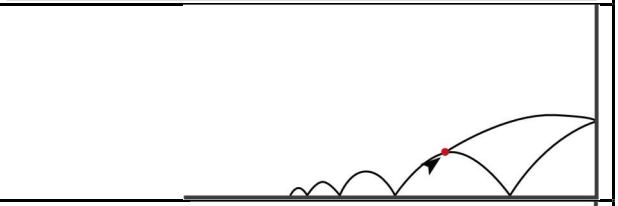
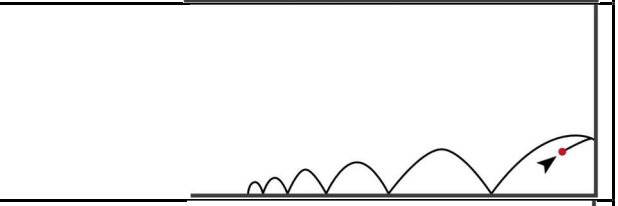
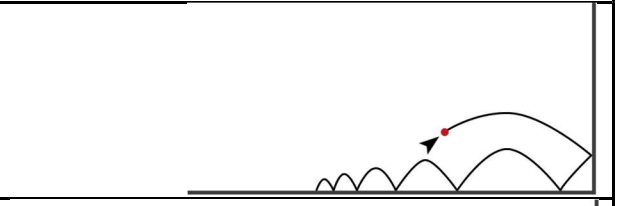
Tablo 3.10 Objelerin hareket izleri – KV05

		Küresel Obje	Zemin		Duvar		Kuvvet					Hareket İzi	
			H	Malzeme	L	Malzeme	Açı Değerleri			İtme (N)	Yer Çekimi	Plan	Yan Görünüş
							X	Y	Z				
KV05	KV05_Z-15	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	45	0	**15**	8	+		
	KV05_Z-30	S	1 50 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	45	0	**30**	8	+		
	KV05_Z-45	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	45	0	**45**	8	+		
	KV05_Z-60	S	150 cm	Tip 01	500 cm	Tip 01	45	0	**60**	8	+		

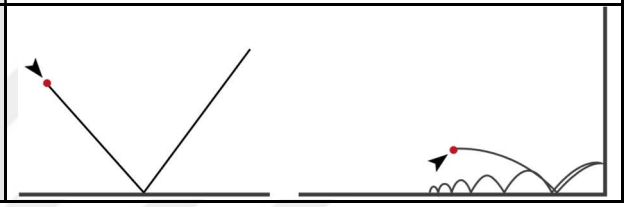
Hareket İzlerinin Birleştirilmesi ile Oluşan Form

MassFx ile yapılan deneyler ile oluşturulan hareket izleri ön model çalışması için bir altlık sağlamıştır. Bu izlerin çapraz birleştirilmesi (cross-section işlemi) ile form çalışması yapılacaktır. SD deneyinde elde edilen sıçrama izleri, herhangi bir form oluşturmaya elverişli olmadığı için, çapraz birleştirme işlemi dışında tutulmuştur KV01, KV02, KV03 ve KV04'deki hareket izlerinin form açısından birbirleriyle çapraz birleştirme işlemi yapıldığında form açısından yine uygun olmayacağı için kendi aralarında birleştirme yapılmayacaktır. Ancak, arasından forma elverişli olabilecek izler seçilmiş, çapraz birleştirme yapılması için kullanılması düşünülmüştür. KV05'teki kuvvet ve açının da etki ettiği hareket izleri çalışması, tüm çapraz birleştirme işlemleri için kullanılması uygun görülmüştür(Tablo 3.11).

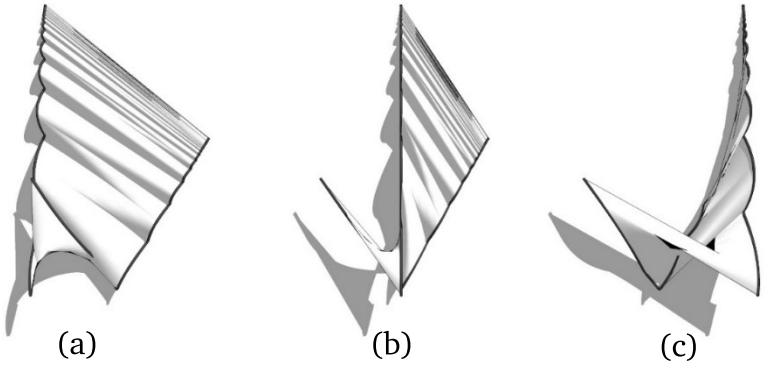
Tablo 3.11 Deney gruplarından seçilen, çapraz birleştirmeleri yapılması düşünülen izler

İz Kodu	Hareket İzi
KV01_N-12	
KV02_N-10	
KV03_L-100	
KV04_H-250	
KV05_Z-15	

Tablo 3.11 Çapraz birleştirmeleri yapılması düşünülen izler (devamı)

İz Kodu	Hareket İzi
KV05_Z-30	
KV05_Z-45	
KV05_Z-60	

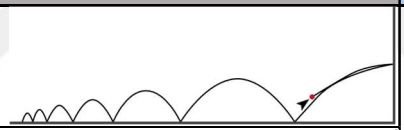
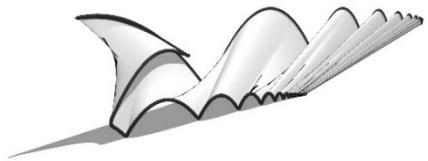
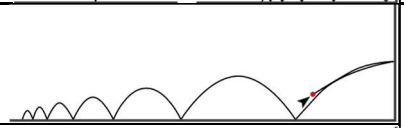
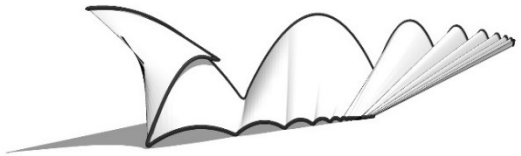
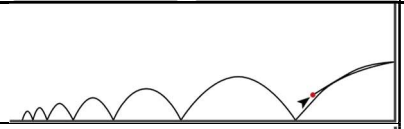
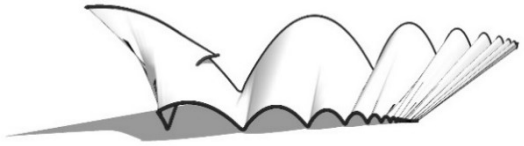
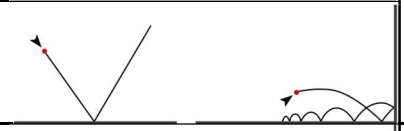
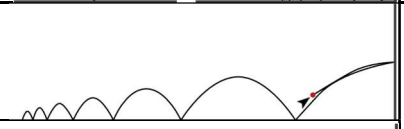
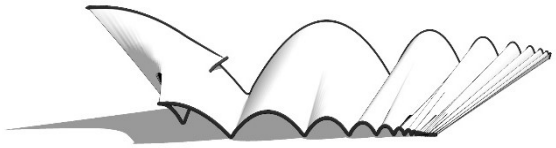
Deney gruplarının aralarından izlerin seçilmesi sonucunda, izlerin hangi şekilde çapraz birleştirilmesi yapılacağı ile ilgili deneme çalışmaları yapılmıştır. Bu deneme çalışmalarında KV05 ile diğer izinlerin plana göre kesişim noktaları; sağda, ortada veya solda olmak üzere 3 farklı şekilde olabilmektedir. En fazla yüzeye sahip olan ve sonuç potansiyeli olan solda kesişim noktalarının olması olarak görülmektedir. Bu nedenle iz çapraz birleştirmeleri bu şekilde yapılacaktır. Bu çalışma için KV03_L-100 ve KV05_Z-45 izleri referans alınmıştır (Şekil 3.9).



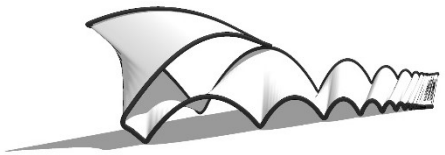
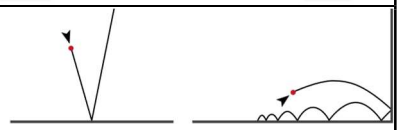
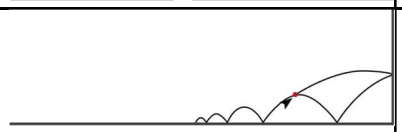
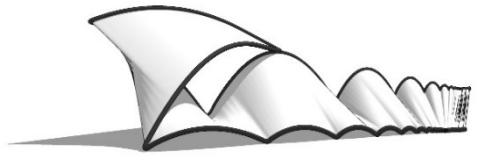
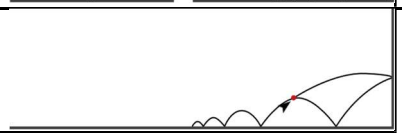
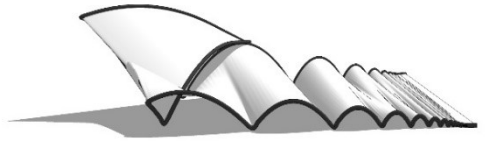
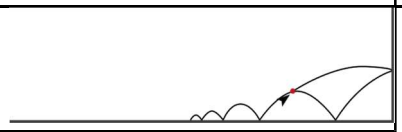
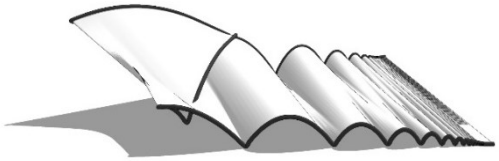
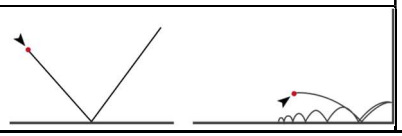
Şekil 3.9 Çapraz birleştirmede plan örnekleri – kesişme noktaları solda (a) kesişme noktaları ortada (b) kesişme noktaları sağda (c)

İzlerin kesişim kararları alındıktan sonra, iz gruplarını çapraz birleştirme işlemi yapılmıştır. Bu birleştirme işlemlerinin sonuçları Tablo 3.12, Tablo 3.13, Tablo 3.14 ve Tablo 3.15'te gösterildiği gibi oluşmuştur.

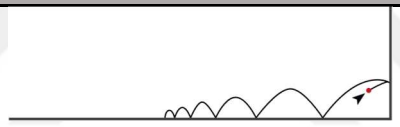
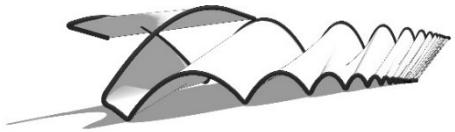
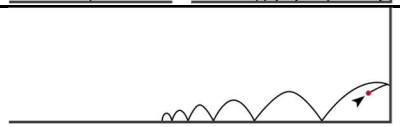
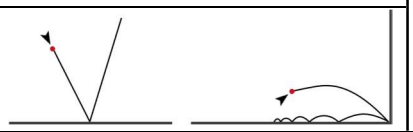
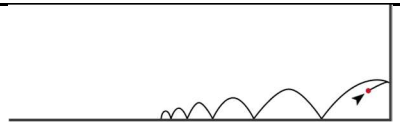
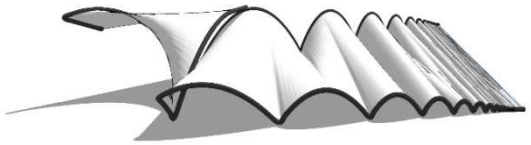
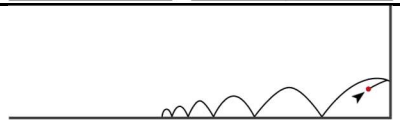
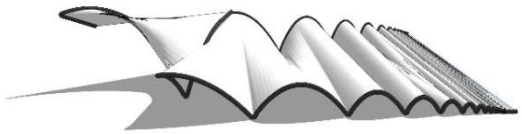
Tablo 3.12 KV01_N-12 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar

İz Kodu	Hareket İzi	Birleştirme Sonrası Oluşan Form
KV01_N-12		
KV05_Z-15		
KV01_N-12		
KV05_Z-30		
KV01_N-12		
KV05_Z-45		
KV01_N-12		
KV05_Z-60		

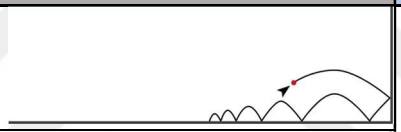
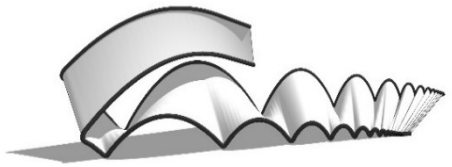
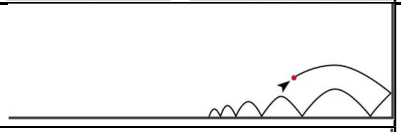
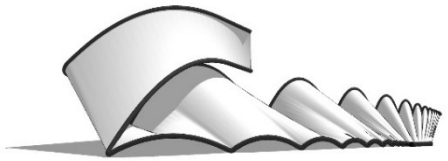
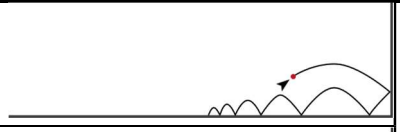
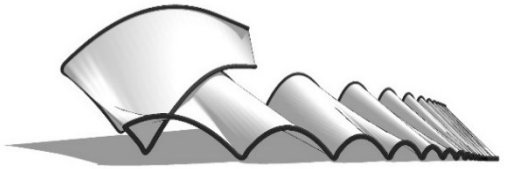
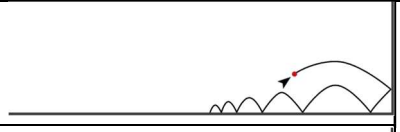
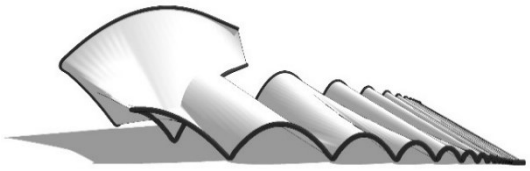
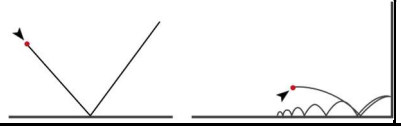
Tablo 3.13 KV02_N-10 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar

İz Kodu	Hareket İzi	Birleştirme Sonrası Oluşan Form
KV02_N-10		
KV05_Z-15		
KV02_N-10		
KV05_Z-30		
KV02_N-10		
KV05_Z-45		
KV02_N-10		
KV05_Z-60		

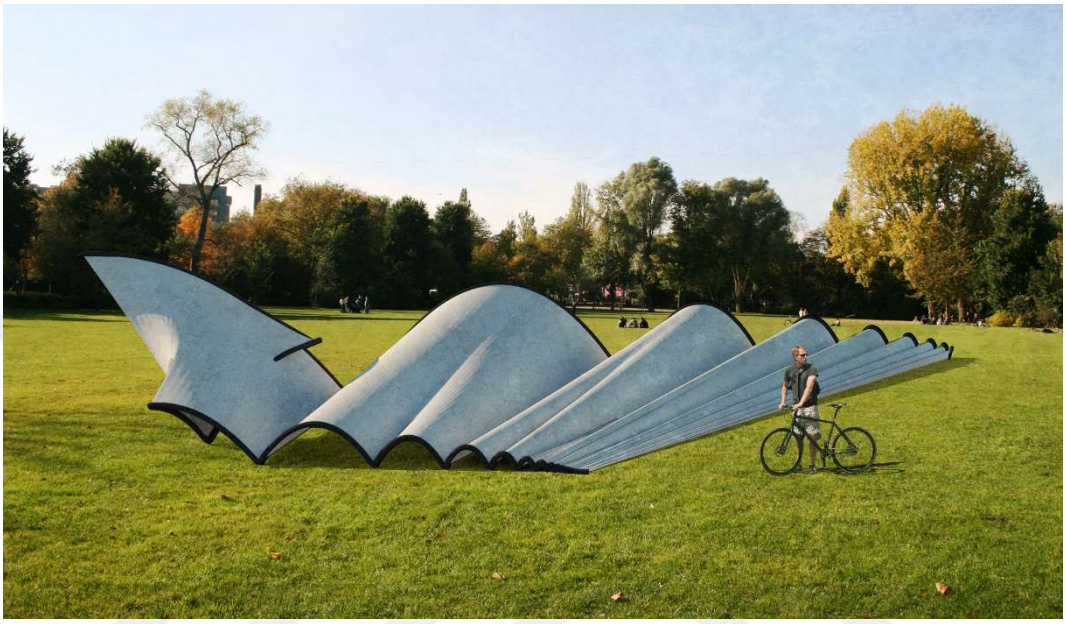
Tablo 3.14 KV03_L-100 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar

İz Kodu	Hareket İzi	Birleştirme Sonrası Oluşan Form
KV03_L-100		
KV05_Z-15		
KV03_L-100		
KV05_Z-30		
KV03_L-100		
KV05_Z-45		
KV03_L-100		
KV05_Z-60		

Tablo 3.15 KV04_H-250 ile oluşturulan çapraz birleşimler ile oluşan formlar

İz Kodu	Hareket İzi	Birleştirme Sonrası Oluşan Form
KV04_H-250		
KV05_Z-15		
KV04_H-250		
KV05_Z-30		
KV04_H-250		
KV05_Z-45		
KV04_H-250		
KV05_Z-60		

Çapraz birleştirmeler sonucunda, 16 adet form üretilmiştir. Bu üretilen formlar arasından oturma birimi için en verimli sonuçlar seçilip, görsel çalışmasıyla gerçek kullanımı ile ilgili örnek çalışmalar yapılmıştır. Bu formlar tablodaki, KV01_N-12 ile KV05_Z-45, KV02_N-10 ile KV05_Z-30, KV03_L-100 ile KV05_Z-15 ve KV04_H-250 ile KV05_Z-60 formlarıdır.



Şekil 3.10 KV01_N-12 ile KV05_Z-45 çapraz birleştirme görsel çalışması



Şekil 3.11 KV02_N-10 ile KV05_Z-30 çapraz birleştirme görsel çalışması



Şekil 3.12 KV03_L-100 ile KV05_Z-15 çapraz birleştirme görsel çalışması

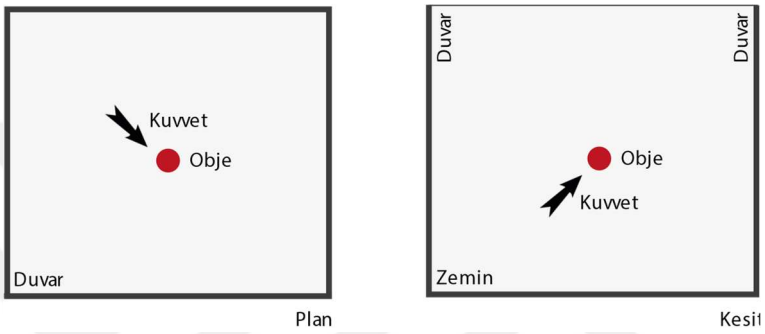


Şekil 3.13 KV04_H-250 ile KV05_Z-60 çapraz birleştirme görsel çalışması

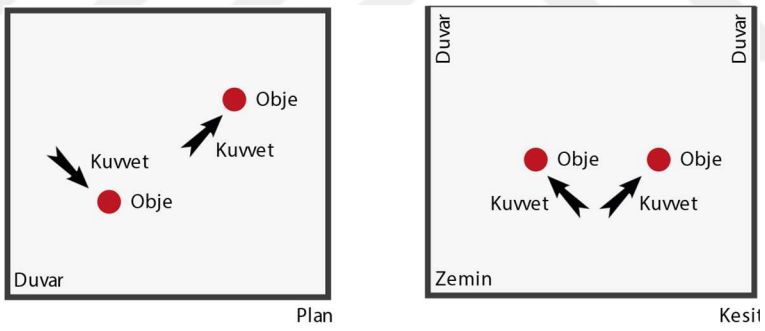
Tek yüzey ile yapılan deneylerin sonucunu izlenilen yol ve yöntem açısından değerlendirecek olursak; tek obje ve tek yüzeye atış yapılarak oluşturulan izlerin sonradan birleştirilmesiyle oluşturulan form üretme süreci, izlerin birleştirilme aşamaları, ortaya çıkan izlerin benzer şekilde olması ve üretilen form açılarından çok fazla çeşitlilik sağlamadığını ortaya koymuştur. Fakat oluşturulan tablolardaki ve yapılan deneylerdeki verilerin, izlenilen yöntem ve görsellerde oluşturulan formların işlevsellik olasılıkları açısından olumlu ve faydalı olduğu söylenebilir.

3.3.2.3 Çoklu Yüzeyler ile Yapılan Hareket Deneyleri

Tek yüzey ve kuvvetle yapılan hareket deneyleri, seçilen S küresel objesinin Tip-1 malzemedeki hareket izlerinin nasıl olabileceğini ve oluşan izlerin birleşimleriyle form oluşturmadaki olasılıklarını ortaya çıkarmıştır. Oluşturulan tablolar ve deney verilerinin sayesinde, objenin hareket olasılıkları da göz önüne alınarak çoklu yüzeylerle deneylere devam edilmiştir. Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te hazırlanan şemalarda olduğu gibi obje çoklu duvar yüzeyine belirlenecek açı ve kuvvet miktarlarıyla atılması ile gerçekleştirilecektir.



Şekil 3.14 Çoklu yüzeyler ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları



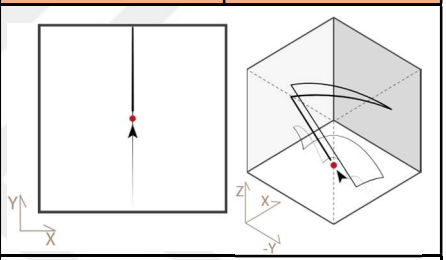
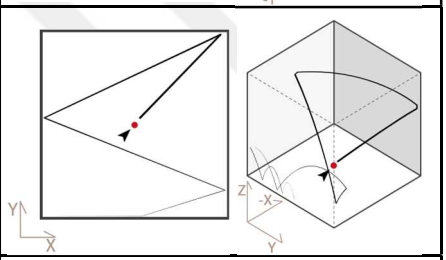
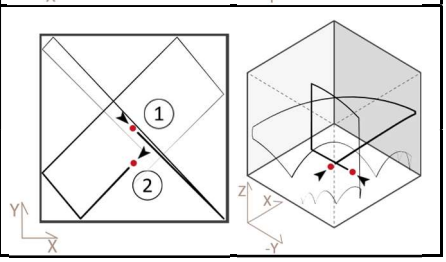
Şekil 3.15 Çoklu yüzeyler ile yapılacak deneylerin plan ve kesit şemaları

Kapsam olarak bir veya birden çok objenin hareket simülasyonlarının gözlemlenmesiyle oluşan hareket izlerinin bir tasarım objesi olarak kullanılması fikri, yapılan ikinci form oluşturma deneyinin, çoklu (örneğin küp) sıçrama yüzeyi bulunan bir formdaki objelerin nasıl hareket edip, nasıl bir sonuç vereceği sorusunun sorulmasına neden olmuştur. Bu amaç ve sorgulama ile, önceki bölümlerde simülasyon aracıyla yapılan deney çalışmalarının ürettiği bazı veriler sabit olarak kabul edilip, yeni yapılacak deneye bu şekilde başlamak uygun görülmüştür.

Buna göre kabul edilen sabitler; çoklu yüzeylerin kenar boyutları ve yükseklikleri Hmax: 1000 cm, objenin yerden yüksekliği 100 cm, küresel objelerin malzemesi S, yüzey malzemeleri Tip-01, objeye uygulanan kuvvet 25 N ve kuvvet açıları 45 derece şekilde deneye devam edilecektir.

Bu kabullerden biri olan uygulanan kuvvet miktarı, diğer deneylere göre daha büyük bir kuvvettir. Bunun nedeni, çoklu yüzeylerin yüzey boyutlarının büyümesi ve objenin yüzeye çarpma miktarının arttırılmak istenmesindendir.

Tablo 3.16 Objelerin hareket izleri – plan ve perspektif – KV06

		Küresel Obje	Zemin & Duvar			Kuvvet				Hareket İzi	
			H	L	Malz.	Açı Değerleri X	Açı Değerleri Y	Açı Değerleri Z	İtme (N)	Plan	Perspektif
KV06	KV06_K1	S1	100 cm	500 cm	Tip 01	-45	0	0	25		
	KV06_K2	S1	100 cm	500 cm	Tip 01	-45	0	-45	25		
	KV06_K3	S1	100 cm	500 cm	Tip 01	-45	0	-135	25		
		S2		300 cm		-45	0	135			

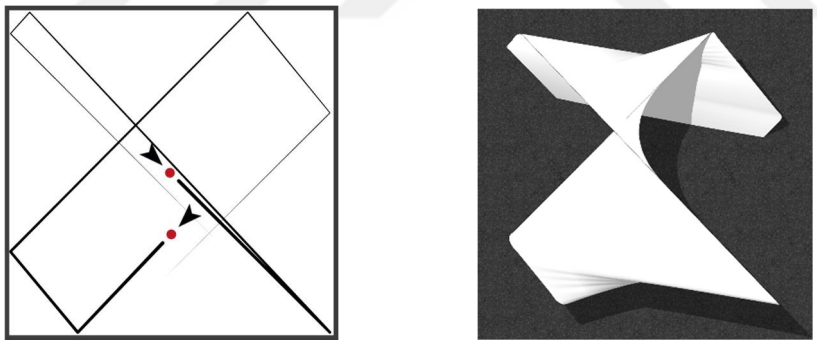
KV06 deney grubunda çoklu yüzey olarak belirlenen form, bir küptür. Küp içine yerleştirilen obje veya objelerin, kuvvet ile atılmasıyla izleyeceği yollar gözlemlenmiş, bu izlere göre bir sonraki deney grubunda izlenecek yol belirlenmiştir.

KV06_K1 deneyinde; her kenarı 1000 cm olan çarpma yüzeylerine, plan düzleminden bakıldığında açı verilmeden yani Y ve Z açı değerlerinin 0 olacak

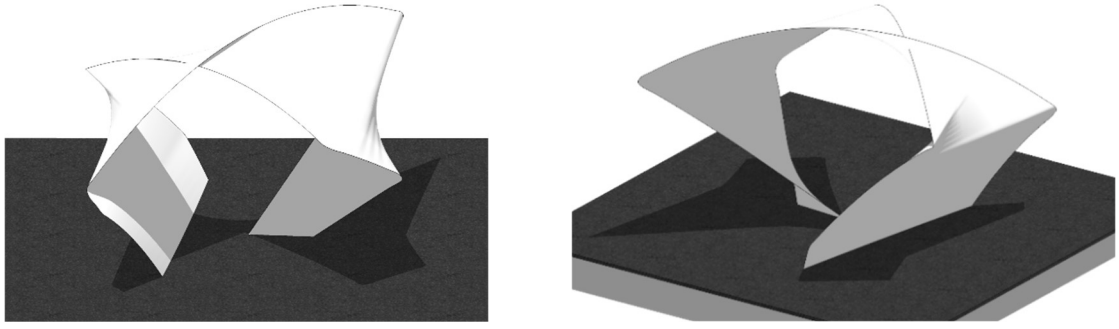
şekilde hazırlanmış, 25 N kuvvetle ve alanın tam ortasından atılarak yapılan deneyde hareket izi plan düzleminde düz bir iz oluşturmuştur.

KV06_K2 deneyinde; yine K1 deneyi gibi yüzey ölçüleri, kuvvet ve mesafe aynı tutulmuş fakat atış yönüne Z açısında değişiklik yapılmıştır. 45 derecelik açıyla atılan obje küp içindeki izi Tablo 3.8'de gösterilmiştir. Plan ve 3 boyutta form oluşturmak için verimli bulunan deneyi geliştirmek ve form üretmek için yeterli hale getirmek amacıyla küpün içine ikinci bir obje koyularak deneye devam edilmiştir.

İki obje ile yapılan KV06_K3 deneyinde simülasyon sonundaki hareket izleri tablodaki gibi olmuştur. İki farklı izin birleşiminden oluşacak formu gözlemleyebilmek amacıyla K3 deneyindeki izleri cross section işlemiyle birleştirip, form oluşturulmuştur. İzlerin tüm adımı form için kullanılmamış, atılan her iki objenin de yere ilk çarpma anına kadar olan bölümünün oluşturduğu izler form için kullanılmıştır. Bu sayede üst örtü olarak kullanılabilecek, mimari açıdan işlevli bir form oluştuğu görülmüştür. KV06_K2 deneyinin plan hareket izleri ve formun perspektif görüntüleri Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'te görülebilmektedir.

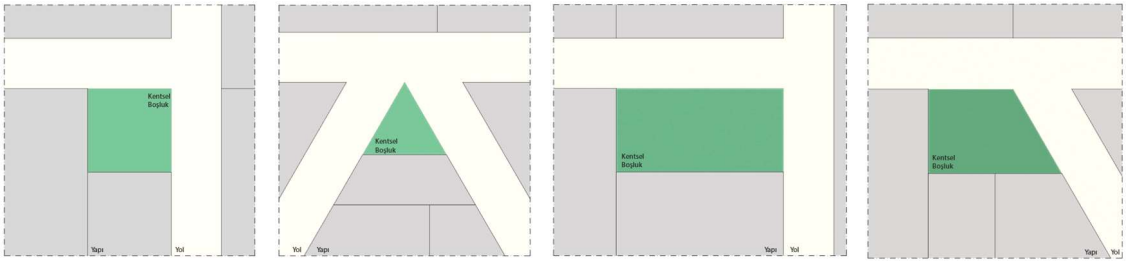


Şekil 3.16 KV06_K3 deneyinin plan hareket izleri ve oluşturulan formun plan görünüşü



Şekil 3.17 KV06_K3 de oluşturulan formun perspektif görünüşü

KV06 deney grubu sonuçlarına göre, çoklu yüzey ile yapılan hareket simülasyonlarının formla ilgili daha verimli olabileceği görülmüştür. Bu sonuca göre küp içinde yapılan ön deneyde, form değişikliği ve obje yerleri değişikliği ile kentsel üst örtü arayışında bir veri sağlamak amaçlı KV07 deney grubu oluşturulacaktır.



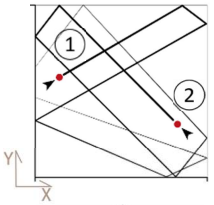
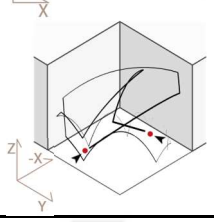
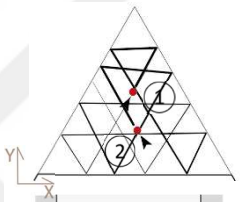
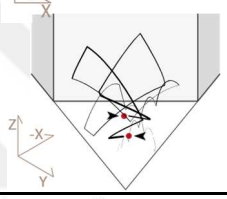
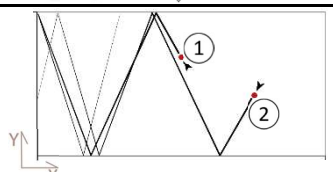
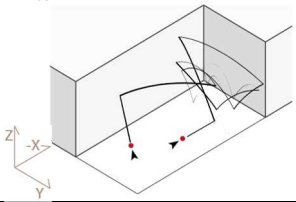
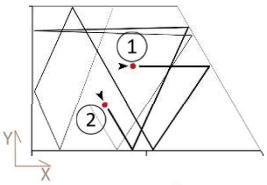
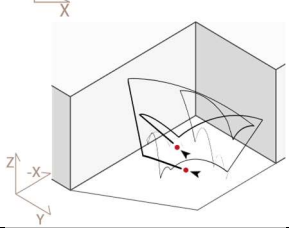
Şekil 3.18 KV07 için üretilenlen çeşitli formda kent boşluklu plan şemaları

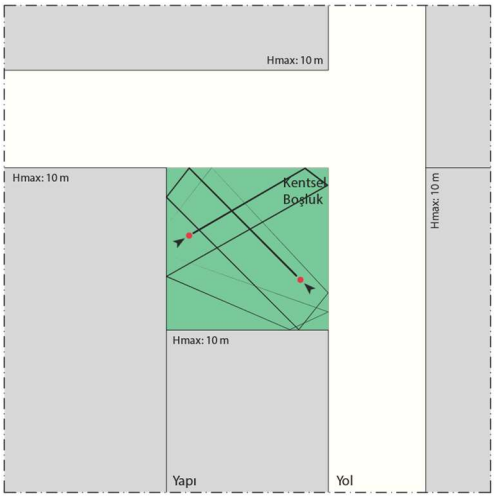
KV07 deney grubu için tasarlanan kent şemaları, genelde yaygın olarak karşılaşılan yol kavşaklarında ve köşelerinde bulunan kentsel boşluklar düşünülerek tasarlanmıştır. Bu boşluklar rekreasyon alanı olarak düşünüldüğünde, olası park ve oturma alanlarına üst örtü ihtiyacı doğmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanması için form üretimi ve form arayışına bir alternatif oluşturulacaktır.

KV07 deney gruplarında bir önceki KV06 deney grubu gibi her kenar ölçüsü 1000 cm olacak şekilde tasarlanmış alanlar bulunmaktadır. Objeler bu alanların içinde 25 N kuvvet ile açılı bir şekilde diğer yüzeylere atılmışlardır. Obje atış yönleri, plan düzlemindeki oluşturulan alanların, yaya akslarının ve üst örtü açısından en verimli olacak şekilde belirlenmiş ve bu kriterlere göre deneylere başlanmıştır. Tablo 3.17'de görüldüğü gibi atış yapılan objelerin oluşturduğu hareket izleri şekildekiler gibidir.

Yine diğer deney grubunda olduğu gibi, hareket izleri forma dönüştürülmeden önce hareket izlerinin her anı değerlendirilip, üst örtü için verimli olan aralık seçilmiş ve form buna göre oluşturulmuştur. Obje sıçramalarının olduğu aralık üst örtü için kullanılmış, bu şekilde kemer benzeri amorf bir form oluştuğu görülmüştür.

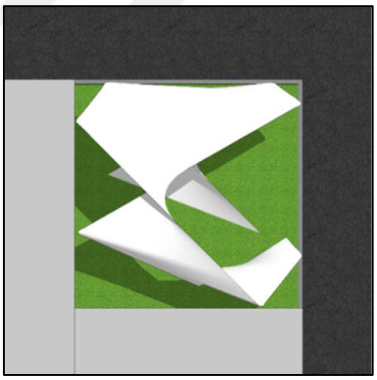
Tablo 3.17 Objelerin sıçrama izleri – KV07

		Küresel Obje	Zemin & Duvar					Kuvvet	Hareket İzi
			H	Malz.	Açı Değerleri			İtme (N)	Plan & Perspektif
					X	Y	Z		
KV07	KV07_K	S1	100 cm	Tip 01	-45	0	-60	25	
		S2			-45	0	45		
	KV07_Ü	S1	100 cm	Tip 01	-45	0	-30	25	
		S2			-45	0	30		
	KV07_D	S1	100 cm	Tip 01	-45	0	30	25	
		S2			-45	0	150		
	KV07_Y	S1	100 cm	Tip 01	45	0	90	25	
		S2			45	0	150		

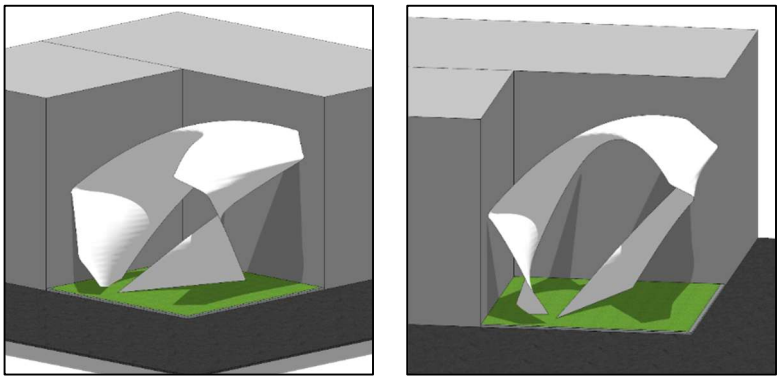


Şekil 3.19 KV07_K deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri

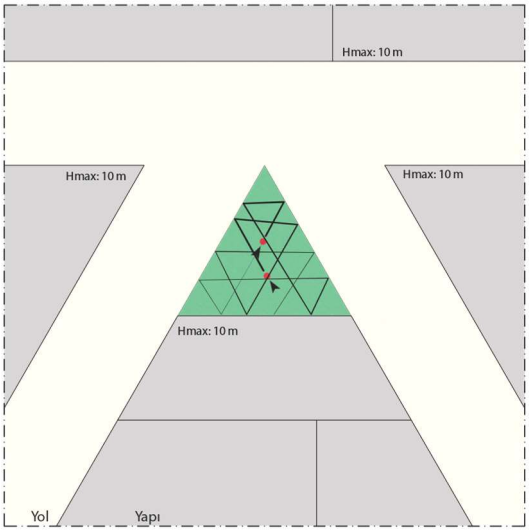
Deneyler ile oluşturulan kentsel boşluk çalışmalarında önemli olan, boş alanları değerlendirmek, oluşturulan bu alanlarda formun üst örtü olarak kullanılabilmesi ve uygulanabilirliği olmuştur. KV07_K deneyi kare bir parselde, yayaların da kullanabileceği ve içinde çocukların da oynayabileceği alanlar yaratabilmiştir. Ayrıca KV07_K deneyinin yapım aşamaları A.1 eklerinde olduğu gibidir. Görseller MassFx aracının simülasyon adımlarını göstermektedir.



Şekil 3.20 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun planı

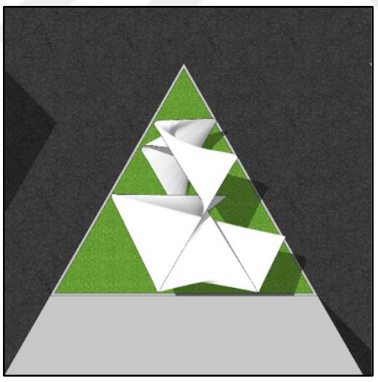


Şekil 3.21 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri

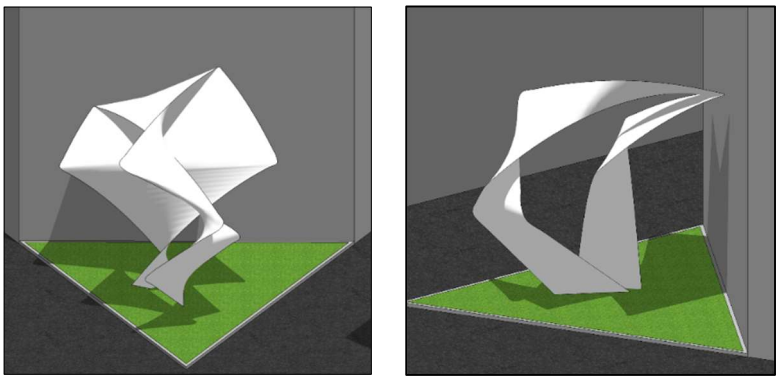


Şekil 3.22 KV07_Ü deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri

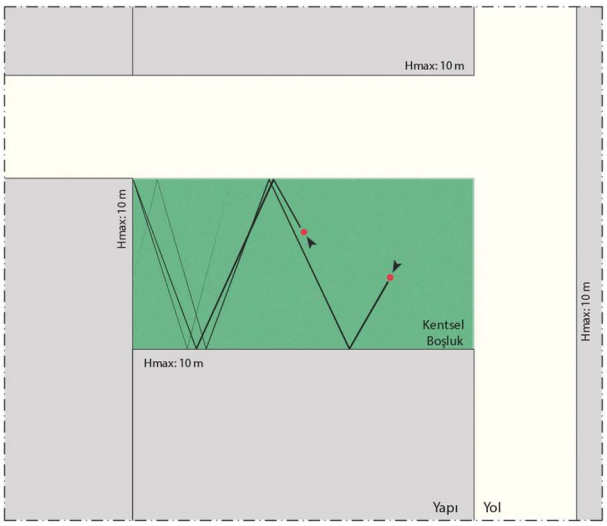
Bir diğer alan denemesi olan KV07_Ü, üçgen parsel için tasarlanmış bir formdur. Üçgen formun içinde oluşturulan üst örtünün mimari hacim ve kullanış açısından verimli olarak değerlendirilmesi çok olumlu olarak görülmemiştir. Üst örtünün ayakları tam üçgen alanın ortasında olmasından ve üst örtü niteliğinde bir alan yaratmadığından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.23 KV07_Ü deneyi ile oluşturulan formun planı ve perspektif görünüşleri

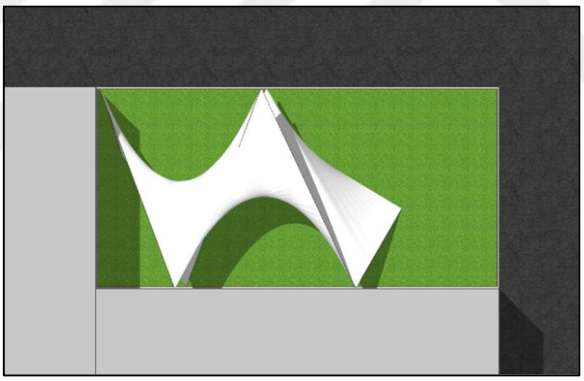


Şekil 3.24 KV07_Ü deneyi ile oluşturulan formun planı ve perspektif görünüşleri

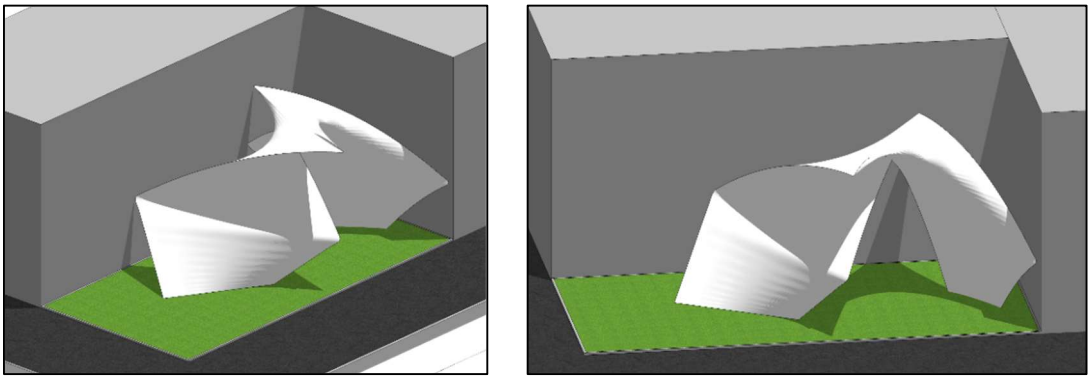


Şekil 3.25 KV07_D deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri

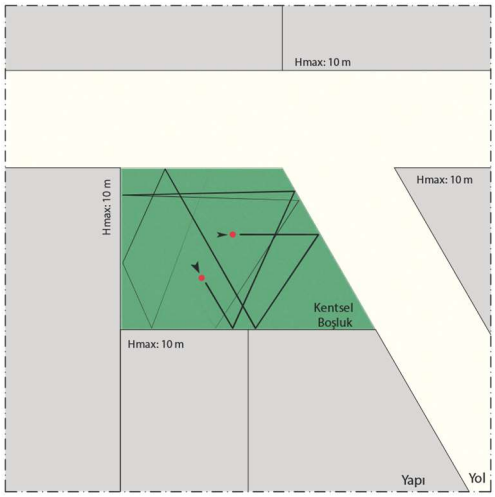
KV07_D deneyini değerlendirecek olursak, dikdörtgen alanda oluşturulan deney, üst örtü yeterli düzeyde alanı gölgelendirmekte ve oturma birimleri için de alanlar oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 3.26 KV07_D deneyi ile oluşturulan formun planı

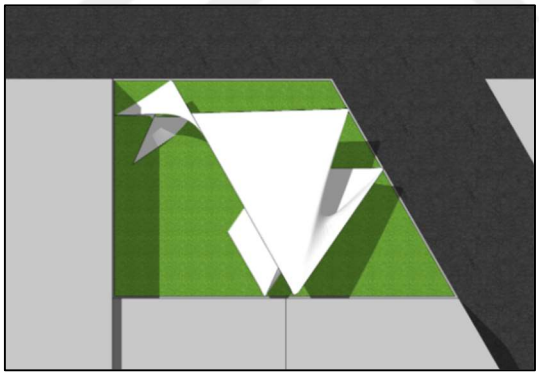


Şekil 3.27 KV07_D deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri

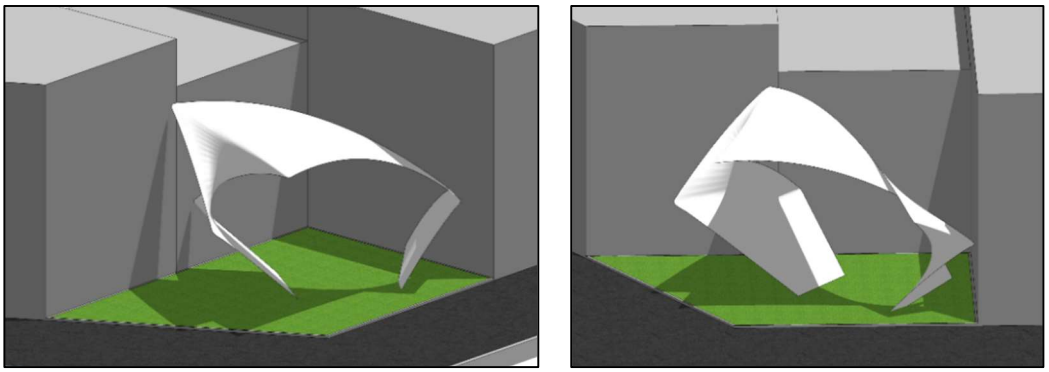


Şekil 3.28 KV07_Y deneyinin plan şeması ve objelerin hareket izleri

Açılı birleşen sokaklarda ortaya çıkabilen yamuk parsel örneğinde, KV07_Y deneyi ile üst örtü formu oluşturulmuştur. Oluşan formun mimari bir yapısı olan, üst örtü olarak kullanılabilecek gölgelik alanların oluşabildiği bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Çeşitli alanlarda yapılan denemelerde top atış yönü ve yerine bağlı olmakla birlikte, obje hareketlerinden işlevli ve mimari bir dili olan üst örtü elemanı oluşabildiğini görülmektedir.



Şekil 3.29 KV07_Y deneyi ile oluşturulan formun planı



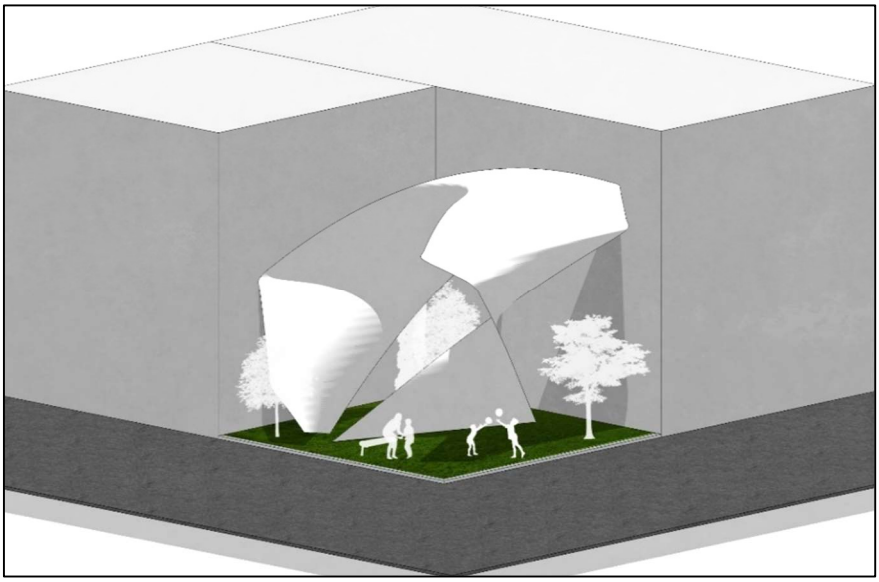
Şekil 3.30 KV07_Y deneyi ile oluşturulan formun perspektif görünüşleri

Çoklu Yüzeyler ile Yapılan Deneylerin Değerlendirme Sonucu

Çoklu yüzeylerle yapılan deneylerde çeşitli alanlarda çeşitli hareket deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin arasından belirlenen KV07_K deneyi yani kare alan içinde yapılan deneyin form sonucu mimari hacim olarak, kullanım olarak ve estetik olarak öne çıkmıştır. Oluşan bu formun gerçeğe yönelik görselleri çalışılmış ve uygulama olasılığında seçilebilecek alternatif malzemeler gösterilmiştir.



Şekil 3.31 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri - plan

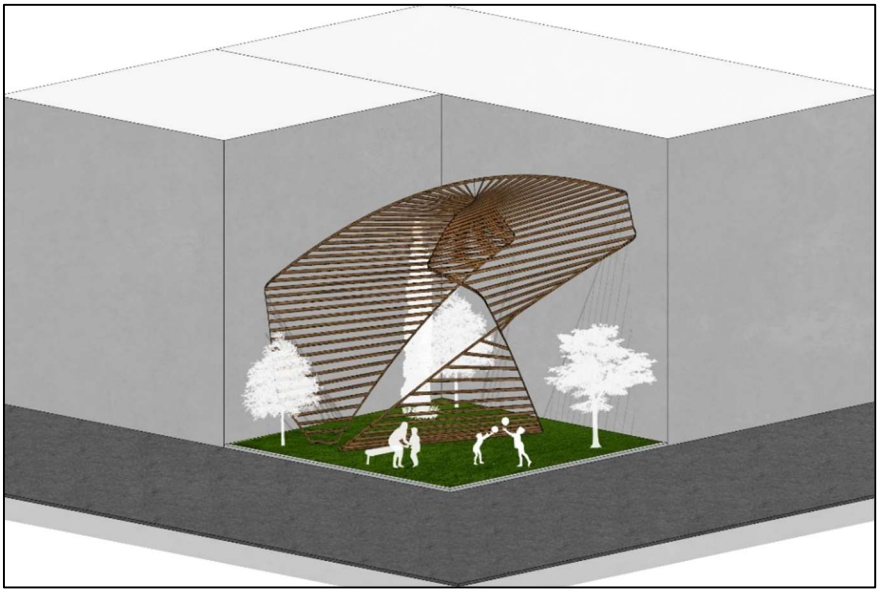


Şekil 3.32 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri – perspektif

Yüzey kaplaması ve türü farklı yapılan görsel çalışmalarında, geçirgen olmayan yüzeyle yapılan alternatif (Şekil 3.31 ve Şekil 3.32), gölgelik alan açısından kullanışlı olsa da geçirgen olmamasından kaynaklı kapalı mekân algısı yaratmaktadır. Bunun yanında Şekil 3.33 ve Şekil 3.34'te çalışılan ahşap pergola üst örtü, hafif gölgeli ve ferah bir alan oluşturmayı sağlamıştır. Bunun sonucunda, bir sonraki bölümde yapılacak olan proje önerisinde, gerçek bir kentsel boşluğa ahşap pergola kullanılacak bir form önerisi oluşturulacaktır.



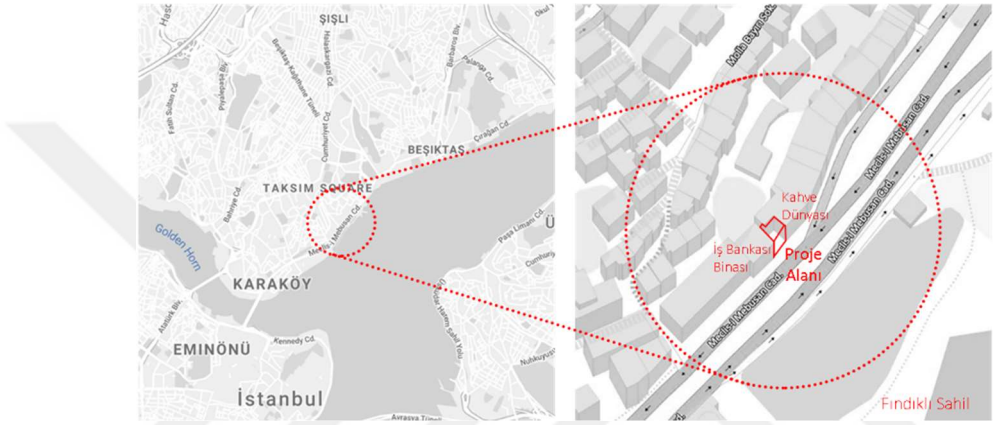
Şekil 3.33 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri - plan



Şekil 3.34 KV07_K deneyi ile oluşturulan formun kullanım örnekleri – perspektif

3.3.2.4 Proje Önerisi

Yapılan çeşitli deneyler sonucunda, kentsel boşluk olarak bir alan seçilmek istenmiş ve ihtiyaç durumunda ve genel kullanım için üst örtü görevi görmesi amaçlanan formun, obje hareketlerinin simülasyonlarıyla oluşturulması istenmiştir. Alan araştırmasının ardından, İstanbul Beyoğlu'na olan bağlı ve 2017 yılından beri modern sanat çalışmalarının açık hava sergisi olarak kullanılan "Yanköşe" (Kahve Dünyası, 2019) adı verilen alanın kullanılması hem mimari açıdan hem de kullanım açısından uygun olacağı düşünülmüştür.



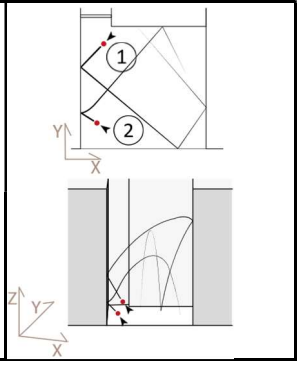
Şekil 3.35 "Yanköşe" proje alanı

Yaklaşık 100 m^2'lik bir taban alanına olan "Yanköşe", modern sanat ürünlerinin sergilenebileceği iki bina duvar yüzeyinden oluşan yaklaşık 260 m^2'lik bir alana sahiptir. Bu duvarlarda çeşitli sanat çalışmaları ve enstalasyonlar (Şekil 3.36) sergilenmektedir.

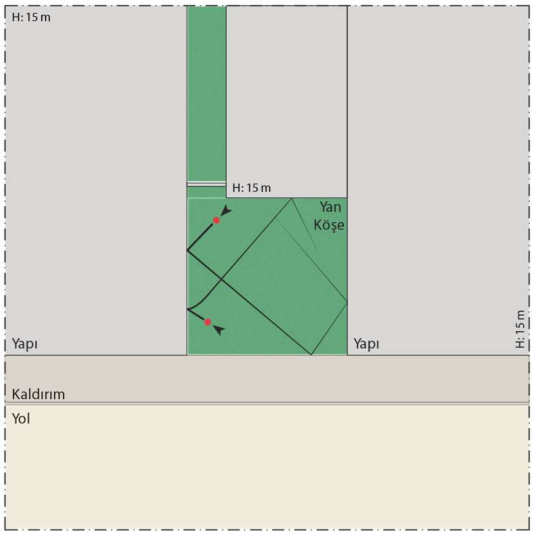


Şekil 3.36 "Yanköşe" proje alanı

Tablo 3.18 Objelerin sıçrama izleri – Yanköşe

	Küresel Obje	Zemin & Duvar					Kuvvet	Hareket İzi
		H	Malz.	Açı Değerleri			İtme (N)	Plan & Perspektif
				X	Y	Z		
Yanköşe	S1	100 cm	Tip 01	0	-30	45	25	
	S2			0	-45	-30		

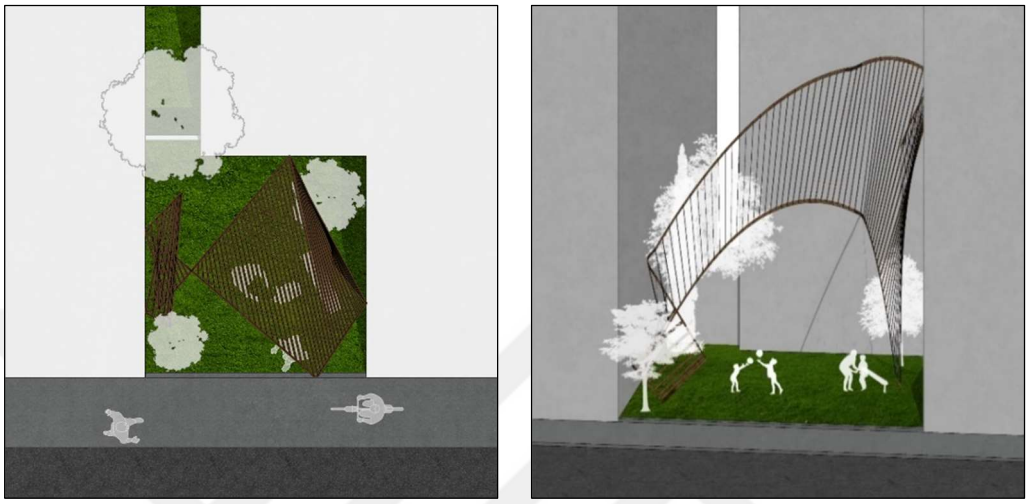
Daha önceki bölümlerde yapılan deneylere istinaden, mimari hacim açısından işlevli bir tasarım oluşturabilmek amacıyla, proje alanında yaya ve araç kullanımı değerlendirilmiştir. Buna göre, yapılacak tasarımda yayaların aktif bir şekilde hareket ettiği ve parsel içinde kullanım alanının en yüksek olduğu plan şeması uygulanmaya karar verilmiştir. Ayrıca önceki deneylerde olduğu gibi, obje ve zemin malzemesi, çeşitli mesafeler aynı olduğu kabul edilmiştir (Tablo 3.18). Buna göre; Şekil 3.37'de görüldüğü gibi obje konumları belirlenmiştir.



Şekil 3.37 "Yanköşe" plan şeması ve objelerin hareket izleri

Alanı çevreleyen yapıların 15m kadar uzun olması ve proje alan ölçülerinin yaklaşık 10m olmasından dolayı yani geçmiş bölümlerde uyguladığımız çevre ve yapı yüksekliğinin benzer olmasından dolayı sonuçların da mimari açıdan ve proje açısından amaçlanan hedefe uyacağı düşünülmektedir.

Alanın sol kısmından 25 Newton kuvvet ile atılan iki küresel objenin oluşturacağı form, sergi alanına gelen insanların altında bekleyip gölge için kullanabileceği ve formun da bir modern sanat unsuru olarak değerlendirilebileceği görülmektedir (Şekil 3.38). Ayrıca Yanköşe proje önerisinin yapım aşamaları A.2 eklerinde olduğu gibidir. Görseller MassFx aracının simülasyon adımlarını göstermektedir.

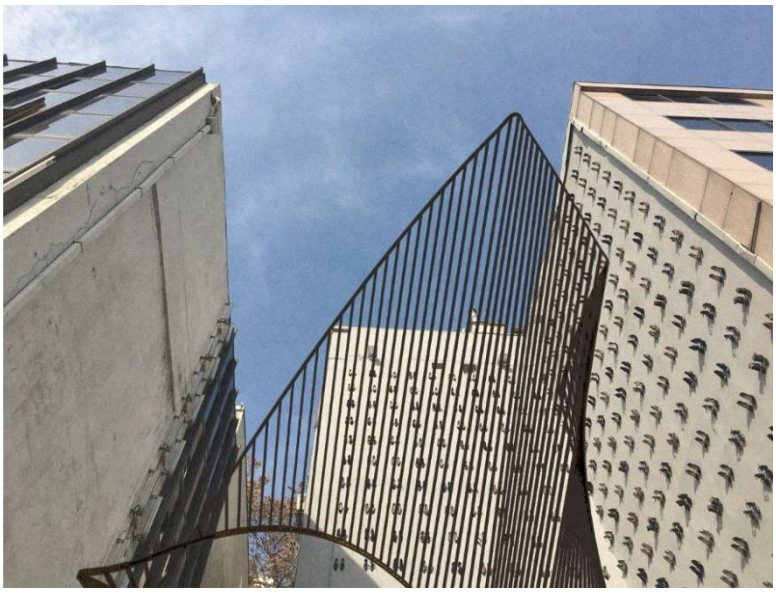


Şekil 3.38 "Yanköşe" proje plan ve perspektif çalışması

Yapılan proje önerisinin, kısmen de olsa uygulanabilir olduğu, üst örtü ve gölgelik amacıyla kullanılabilecek ve gelen ziyaretçilere hizmet verebilecek bir alan oluşturduğu görülmektedir. Bu örnekteki gibi kentsel boşluklarda değerlendirilebilir ve park alanlarında da üst örtü olarak kullanılabilir olduğu kabul edilebilir.



Şekil 3.39 "Yanköşe" proje alanı görsel çalışması



Şekil 3.40 "Yanköşe" proje alanı görsel çalışması

Deneyler Sırasında Karşılaşılan Zorluklar ve İmkansızlıklar:

Hareket simülasyonları kullanarak hazırlanan form ve yöntem oluşturma sürecinde, formun oluşturulması ve kullanımı açısından mimari yeterliliği olmayan ve imkansızlıklar oluşturan bazı durumlar ile karşılaşılmıştır. Obje simülasyonlarının oluşturduğu hareket izleri, tamamıyla ele alındığı zaman çeşitli form bozulmaları, işlev kaybı ve verimsizlikler oluşturup, oluşması muhtemel formu kullanılamaz hale getirmiştir. Örnek vermek gerekirse; çoklu yüzey deneylerinde simülasyonun model üzerinden oluşması için objenin sıçrama hareketinin tamamının kullanılması imkânsız görülmüştür. Bunun nedeni; form yaratma sürecindeki işlevli bir mimari hacim için gerekli kriterlerin oluşmaması, formun çok karmaşıklaşması ve uygulanabilirliği açısından imkânsız hale gelmesidir. Bir diğer imkânsızlık oluşturan konu ise, obje sayısının arttırılması aşamasında ortaya çıkmıştır. Bir obje ve iki obje üzerinden yapılan tek yüzeyli deneyler sırasında üçüncü objenin de eklenmesiyle oluşan hareket izleri karmaşıklaşmıştır. Üç izin elde edildiği bu deneylerde hareket izleriyle form üretme çalışması yapıldığında oluşan form karmaşık ve okunamaz olmuştur. Çoklu yüzey deneylerinde üçüncü obje eklendiğinde ise yine aynı sorunla karşılaşılmıştır. Her iki durum için görsel örnekleri A.3 ekinde mevcuttur. Bu zorluklar nedeniyle deneyler yapılırken bazı kararlar alınmış ve bu konulara dikkat edilmiştir.

4
Sonuç ve Öneriler

Tasarımda özgün form arayışını bilgisayar teknolojileri kullanarak yapmak, günümüz modern mimarlıkta önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde mimari tasarım yöntemleri, mimari form arayışından işlevselliğe kadar yeni teknolojik çözümler ile oluşturulabilmektedir. Yapılacak mimari tasarımlar için referans bulmak, çevresel verilerden faydalanmak ve bunu yenilikçi bir şekilde tasarıma dönüştürmek dijital tasarım ortamında olmazsa olmaz konular haline gelmiştir. Dijital tasarım araçları, geleneksel yöntemleri tamamlayabilmekte ve tasarımcılarda var olan yeni yetenekleri ortaya çıkarabilmektedir. Bu araçlar, yaratıcı sürece daha önceden tanımlanmış bir varlıktan ziyade bir dizi kural ve kısıtlamanın ortaya çıkardığı sonucu olduğunu gösterir. Bu bağlamda mimar, farklı girdileri koordine eden ve bunları bir tasarım matrisini tanımlamak için kullanan bütünleşik, çok disiplinli bir sürecin kolaylaştırıcısı haline gelir. Bununla birlikte, tasarım basit bir dizi matematiksel kuralların etkileşiminden kaynaklanmamaktadır. Mimarın hayal gücünü, içgüdüsünü ve becerilerini gerektiren, model tarafından yakalanmayan tasarım faktörleri bulunmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin çevresel faktörler ile birlikte kurgulanıp, mimari tasarım için kısmen yeni bir yöntem belirlenmesi ve bu yöntemin tasarım girdisi olarak kullanılması tezin ana amaçlarındandır. Tez kapsamında; dünyamızdaki obje hareketleri düşünülüp, basit küresel objenin kuvvet karşısındaki hareketi bilgisayar ortamında simüle edilerek sonucunda bir tasarım ürünü ortaya çıkarma olasılığı ve yöntemi araştırılmıştır. Obje hareketlerinin çevresel etkilerle simülasyon programında oluşturulması ve deneylerin sonucunda mimari bir form oluşturma çabası, mimari tasarım yöntemlerine farklı bir bakış açısıyla bakılmasına olanak vermektedir.

Tez çalışması süresince yapılan araştırmalarda, hareket kavramının tasarım ve mimarlıkta birçok farklı şekilde kullanıldığı görülmektedir. Hareket kavramının kuvvet ile hayatımızda bulunması, onun bir girdi olarak ve tasarım içinde birçok özgün çalışma için kullanılabileceği anlaşılmıştır. Dijital tasarım yöntemleri içinde

yapılan sınıflandırmalarda da görüldüğü üzere hareket, animasyon ve kuvvet kavramları eski dönemlerden beri çalışmalara ilham kaynağı olmaktadır. Greg Lynn'in oluşturduğu yöntem olan "Animasyona Dayalı Tasarım" yöntemi, hareketin ve çevre kuvvetlerinin birlikte kullanılarak mimari tasarım oluşturmaya olanak veren bir yöntem olduğu ve günümüzde kabul olan bir yöntem olarak hayata geçtiği görülmüştür.

Tezin 3. Bölümünde yapılan obje hareketleri deneylerinde, oluşturulan kuvvet, obje yönü ve obje harici oluşturulan karşıt malzemeler ile nasıl bir yol izlenip yöntem oluşturulabileceği analiz edilmiştir. Bu deneylerin sonucunda,

1. Obje ve sahne ayarlarının basit tutulması, yöntem araştırması için doğru bir seçim olduğu, kompleks ve çok yönlü bir obje veya canlı hareketi seçilmiş olsaydı, deney sonuçlarının kafa karıştırıcı olacağı anlaşılmıştır.

2. Sahne seçimi, plan ayarları, malzeme ve çevresel etkilerin özellikleri belirli sabitlere göre yapılması gerektiği düşünülmektedir. Deneylerde görüldüğü üzere, küçük malzeme ayarı değişimleri obje hareketlerinin çok farklı olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle belirlenen sabitler iyi seçilmelidir.

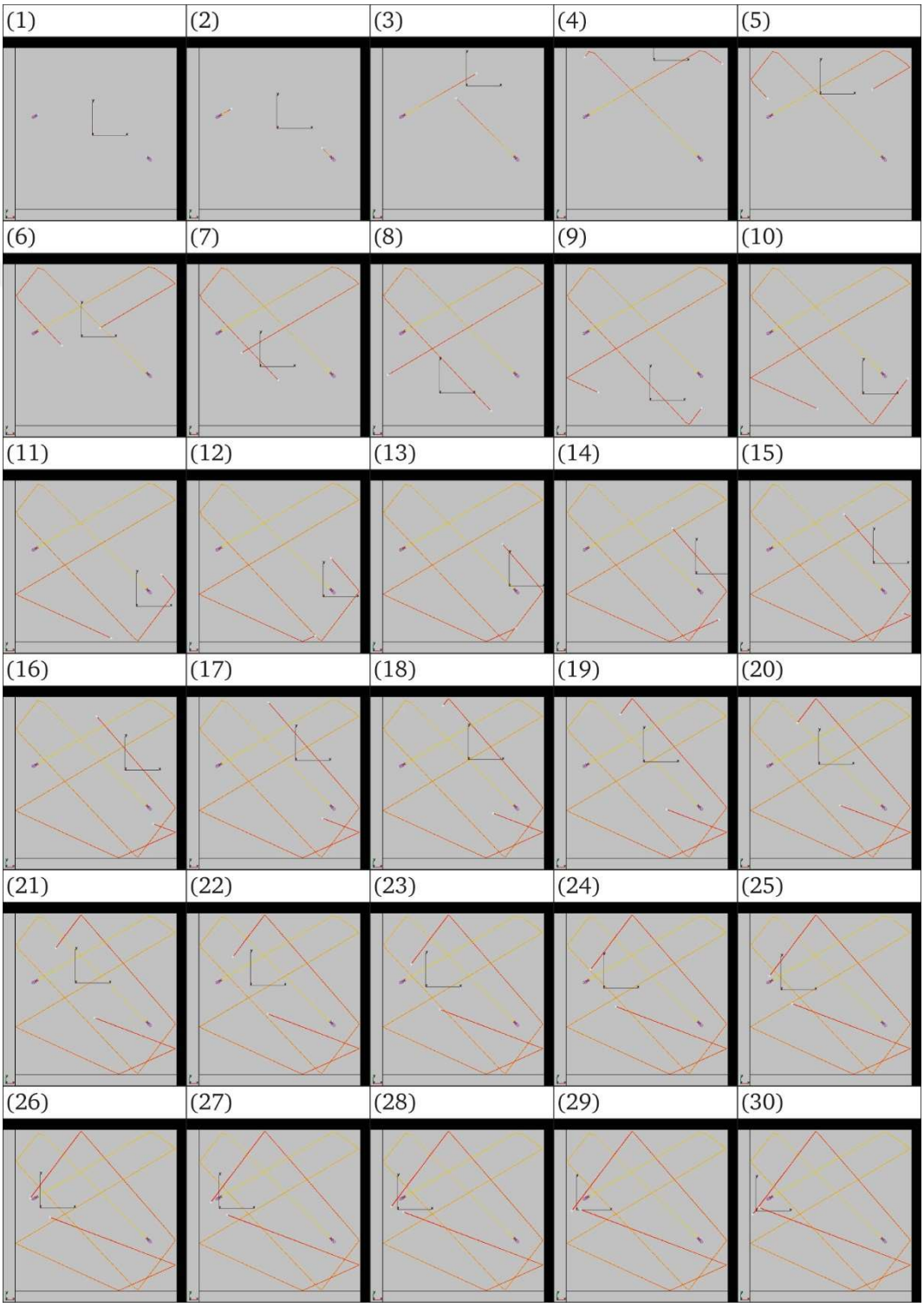
3. Oluşan form, kısıtlı ve kurallı sistemlerden oluştuğu için, form kullanımı açısından çeşitlemesi yapılması mümkün olmadığı görülmüştür. Bu da form açısından kısır bir durum oluşturmaktadır.

4. Mimari uygulanabilir form açısından düşünüldüğünde, hiper-yüzeyli ve amorf formların oluştuğu görülmektedir. Bu da uygulama konusunda maliyetli olacağı düşünülmektedir.

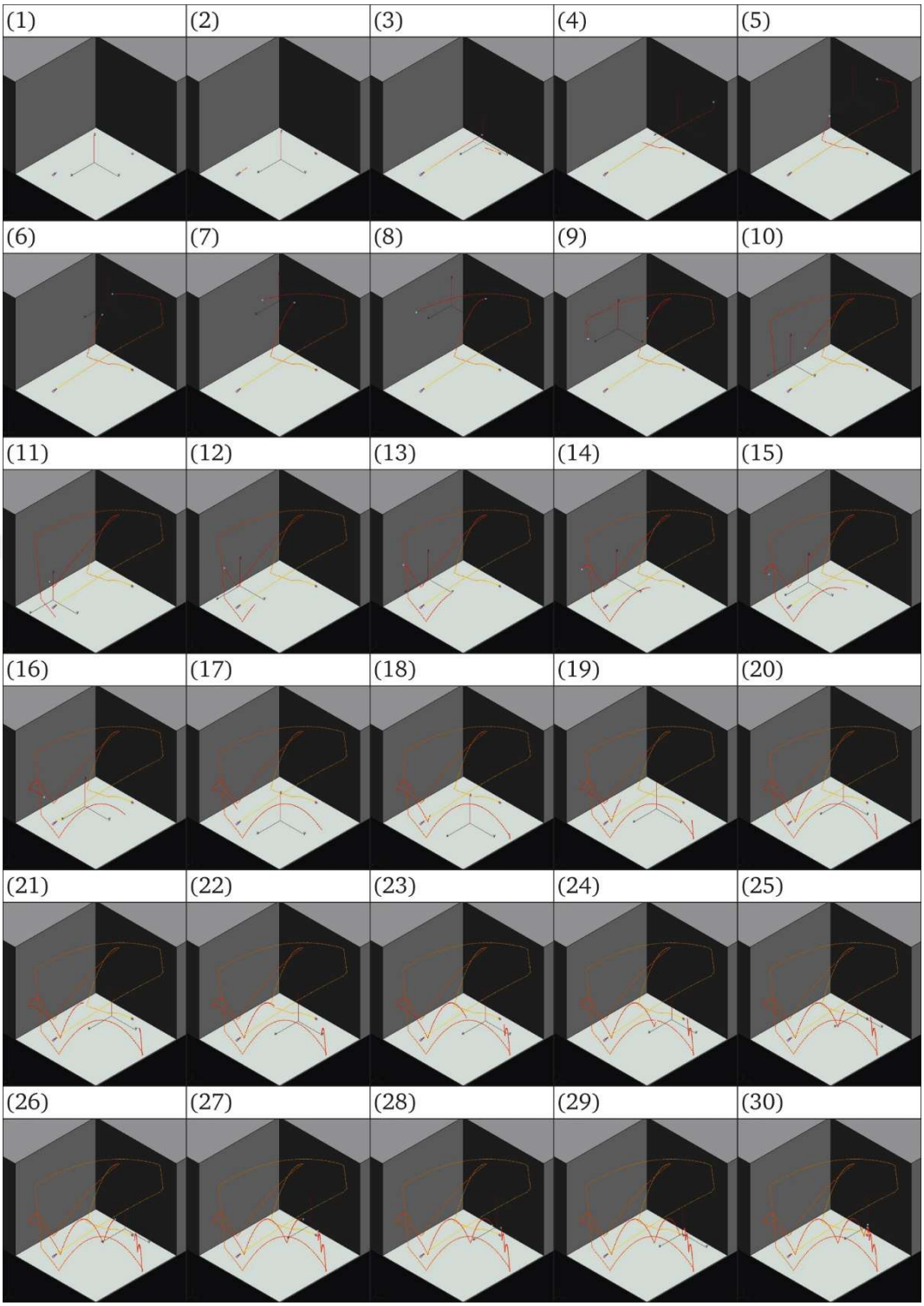
Sonuç olarak yapılan deneylerde oluşturulan formun ön-model olabileceği anlaşılmıştır. Bunun yanında deneylerdeki obje hareketlerinin okunabilmesi ve formun mimari bir form oluşturmaya imkân vermesi, gelecekte yapılması muhtemel daha farklı çalışmalar için bir ön çalışma olduğu kabul edilebilir olduğu görülmüştür.

A
Simülasyon Deneylerinin Yapım Aşamaları

A.1 KV07_K Deneyi Yapım Aşamaları

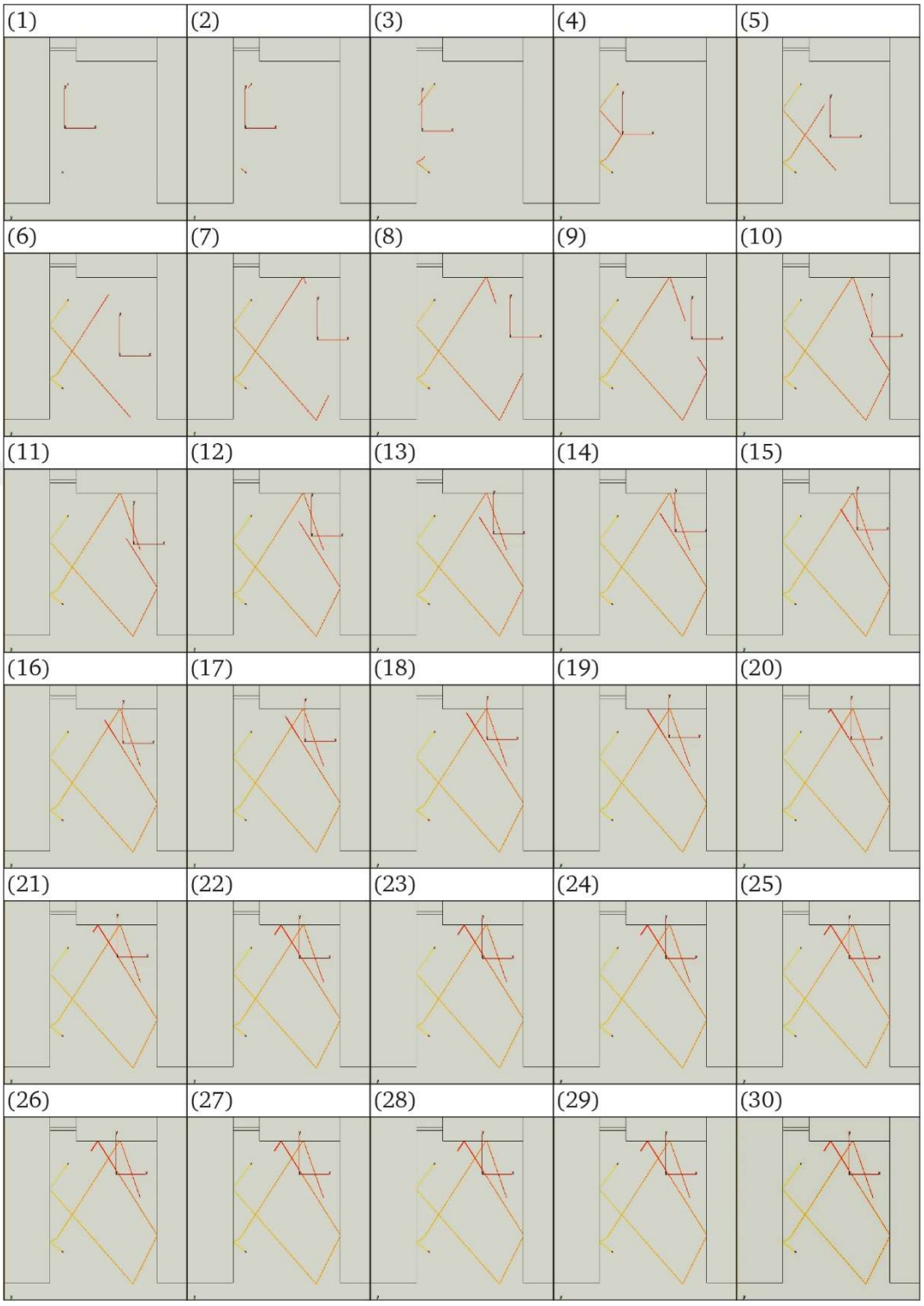


Şekil A.1 KV07_K deneyi simülasyon yapım aşamaları – model ekranı – plan

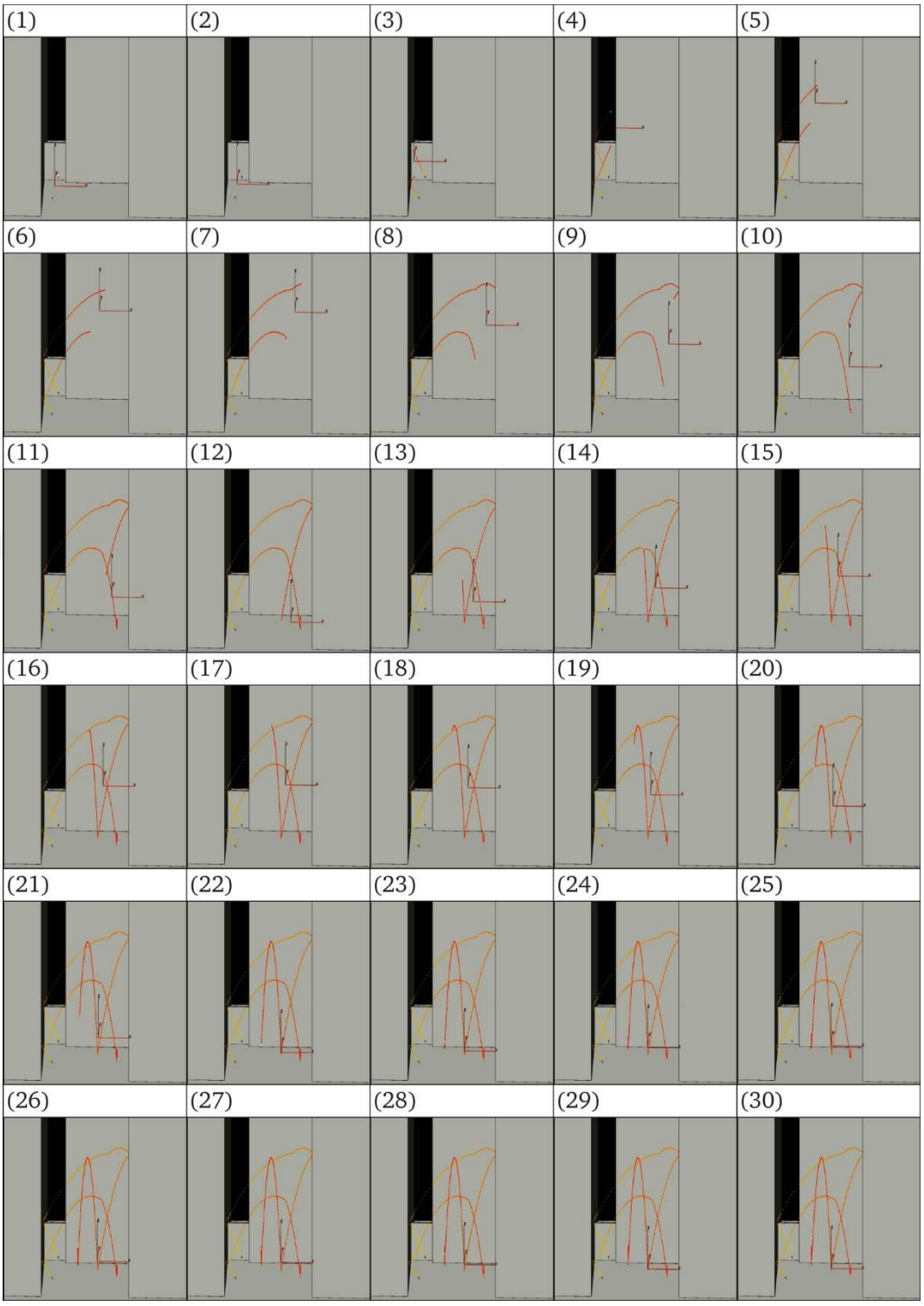


Şekil A.2 KV07_K deneyi simülasyon yapım aşamaları – model ekranı - perspektif

A.2 Yanköşe Proje Önerisi Yapım Aşamaları

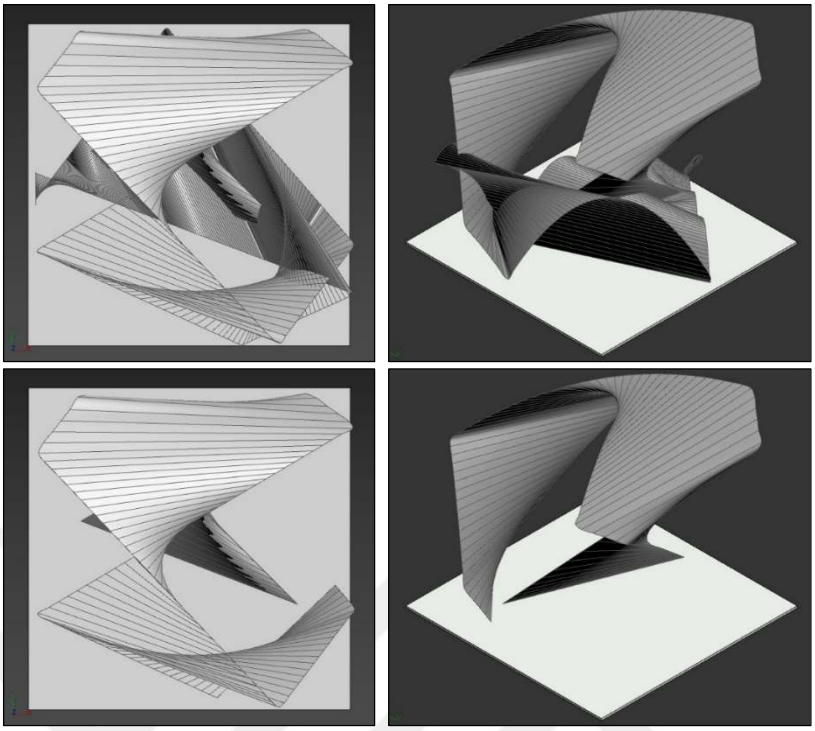


Şekil A.3 Yanköşe proje önerisi yapım aşamaları – model ekranı – plan

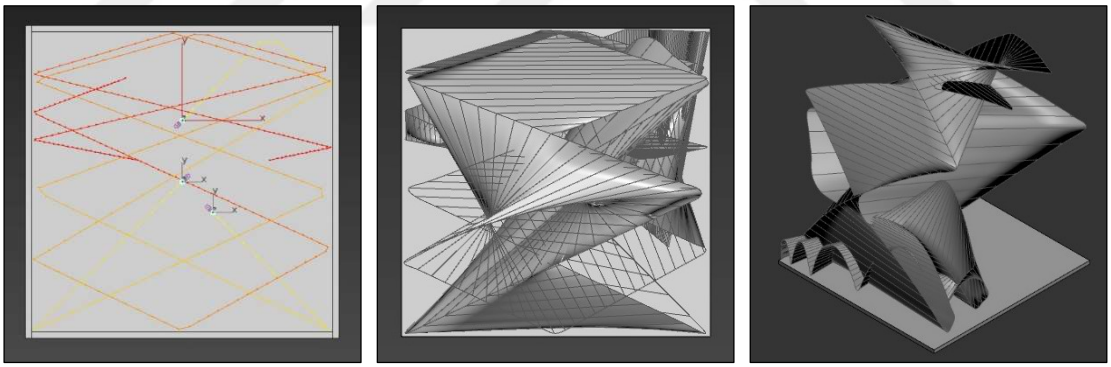


Şekil A.4 Yanköşe proje önerisi yapım aşamaları – model ekranı – perspektif

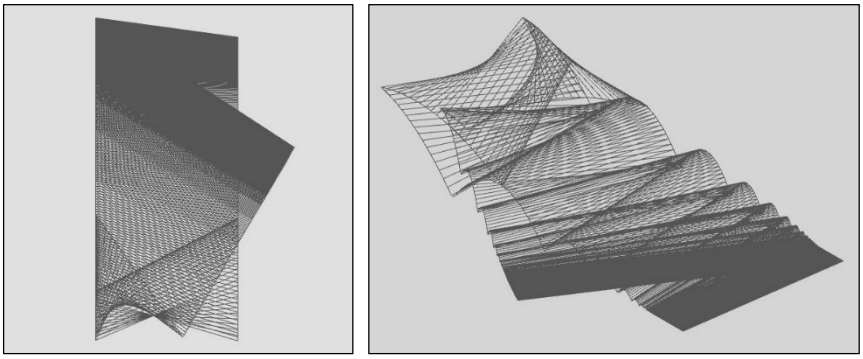
A.3 Deneyler Sırasında Karşılaşılan Zorluklara Örnekler



Şekil A.5 KV07_K deneyinde obje hareketlerinin tamamı alındığında oluşan form (üstte) ve mimari olarak işlevli bulunup kullanılan form



Şekil A.6 Çoklu yüzey deneylerinde 3. obje eklenince oluşan karmaşık form



Şekil A.7 Tek yüzey deneylerinde 3. iz eklenince oluşan karmaşık form

Kaynakça

Akipek, F. Ö., (2004). Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akipek, F. Ö., & İnceoğlu, N., (2007). "Bilgisayar Destekli Tasarım Ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları", Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, 2(4), 237–253.

Autodesk. (2019). Using MassFX in 3ds Max. https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/, Erişim tarihi: 20.05.2019

Bargteil, A. W., County, B., & States, U., (2018). An Introduction to Physics-based Animation, In ACM SIGGRAPH 2018 Courses (SIGGRAPH '18). ACM, New York, 6, 1-57. DOI: https://doi.org/10.1145/3214834.3214849

Cutting, J. E., (2002). "Representing Motion in a Static Image: Constraints and parallels in Art", Science and Popular Culture. Perception, 31(1978), 1165–1193. DOI: https://doi.org/10.1068/p3318

Dündar, S. K., (2013). Üç boyutlu (3d) Animasyon Çalışmalarında Gerçeklik Kavramının İncelenmesi ve Bir Uygulama Çalışması, Sanatta Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

Ertan, E., (2016). İç Mimari ve Çevre Tasarımı Sunumarında Simülasyon Tabanlı Görsel Efektlerin Sağladığı Olanaklar, Kısıtlamalar ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Ünitersitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

FIBA. (2018). Official Basketball Rules 2018 - Basketball Equipment. https://www.fiba.basketball/OBR-2018-Basketball-Equipment-Yellow-Version-2.pdf/, Erişim tarihi: 22.05.2019

Goulthorpe, M., Tan, Y. P., & Zainoul, Z. (1999). DECOI. http://www.archilab.org/public/1999/artistes/deco01en.htm/, Erişim tarihi: 22.07.2019

Grobman, Y. J., (2008). Building the Digital World – Architectural Design Methods Based on the Use of Digital Tools – Performance Based Form Generation and Optimization, Research Thesis, Israel Institute of Technology, Israel.

Henriques, G. C., (2007). "New Digital Procedures through Animation: Brief History and Developments", Predicting the Future 25th ECAADe Conference Proceedings, 269–274, Frankfurt an Main.

Hirschberg, U., Sayegh, A., Frühwirth, M., & Zedlacher, S., (2006). "3D Motion Tracking in Architecture: Turning Movement into Form - Emerging Uses of a New Technology", Communicating Space(s) - 24th ECAADe Conferance Proceedings, 114–121, Volos.

ITF. (2019). Itf Rules of Tennis. https://www.itftennis.com/media/1232/2019-rules-of-tennis-english.pdf/, Erişim tarihi: 22.05.2019

ITTF. (2018). Technical Leaflet T3: The Ball. http://www.ittf.com/wp-content/uploads/2018/07/T3_Ball_BoD2018.pdf, Erişim tarihi: 22.05.2019

Jabi, W., (2003). “Reflections on Computer-Supported Cooperative Design Systems”, Digital Design - Research And Practice, Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, 169–180, Taywan.

Jansen, P. (2007). Human Motions, Heel Kick 02. http://www.humanmotions.com/hk02/hk0201.htm/, Erişim tarihi: 10.10.2019.

JL Design, & Korb. (2013). CCTV Documentary. https://vimeo.com/69948148/, Erişim tarihi: 10.10.2019.

Kahve Dünyası. (2019). Yanköşe - Güncel Sanat Projesi. http://www.yankose.org/index.html/, Erişim tarihi: 22.10.2019

Kazi, R. H., Grossman, T., Mogk, C., Schmidth, R., & Fitzmaurice, G., (2016). “ChronoFab: Fabricating Motion”, Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ’16), 908–918, DOI: https://doi.org/10.1145/2858036.2858138

Kırkan, S., (2015). Dans Hareketi Verilerinin Sayısal Ortamda Forma Dönüştürülmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kirupa. (2009). Physics Based Bounce Effect. https://www.kirupa.com/developer/as3/physics_bounce_effect_pg1.htm/, Erişim tarihi: 03.06.2019

Kolarevic, B., (2000). “Digital Architectures”, ACADIA 2000: Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture, 251–256. Washington.

Kolarevic, B., (2003a). Architecture In The Digital Age - Design And Manufactoring (B. Kolarevic, Ed.). New York: Taylor & Francis.

Kolarevic, B., (2003b). Digital Morphogenesis, In B. Kolarevic (Ed.), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, 17–45. New York: Taylor & Francis.

Köymen, E., (2008). Üç Boyutlu Animasyon Filmlerde Mimarlık, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Krasner, J., (2008). Motion Graphic Design: Applied History and Aesthetics. Amsterdam: Elsevier/Focal Press.

Kürtüncü, B., (2011). Diyagram: Mimarlıkta Bir Düşünme, Tasarlama ve Temsil Aracı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Lexico Dictionary. (2019). Anima. https://www.lexico.com/en/definition/anima, Erişim tarihi: 10.10.2019

Liu, Y. T., (2003). “Digital Architecture: Theory, Media and Design”, Digital Design-Research And Practice, Proceedings of the 10th Int. Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, 9–18, Dordrecht.

Lynn, G. (1994). Port Authority Triple Bridge Gateway. http://glform.com/buildings/port-authority-triple-bridge-gateway-competition/, Erişim tarihi: 28.05.2019.

Lynn, G., (1999). Animate Form, New York: Princeton Architectural Press.

Martin, F., Urs, H., & Stefan, Z., (2007). "Formotions". In Teaching and Experimenting with Architectural Design. Advances in Technology and Changes in Pedagogy, 29–39.

MoMA. (2005). Geoffrey Mann – Attracted to Light. https://www.moma.org/collection/works/110458/, Erişim tarihi: 10.10.2019.

Oxman, R., (2006). "Theory and design in the first digital age", Design Studies, 27, 229–265. DOI:https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002

Özcan, N., (2011). Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım Teknikleri ve Türkiye Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Parent, R. (2002). Computer Animation: Algorithms and Techniques. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Rahim, A. (2003). Designing and manufacturing performative architecture. In B. Kolarevic (Ed.), Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing 280–310. New York: Taylor & Francis.

Smith, I. (2016). The Galloping Horse. https://www.thevintagenews.com/2016/06/27/46591-2/, Erişim tarihi: 17.04.2019.

Stathopoulou, D., (2011). From Dance Movement to Architectural Form. Master Thesis, University of Bath.

Şahin Karagöz, B., (2015). Performans Tabanlı Tasarıma Bütünleşik Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Taşlı, Ş., & Özgüç, B., (2011). Dynamic Simulation in Virtual Environments as an Evaluation Tool for Architectural Design. In Architectural Science Review, 44, 139–144. DOI: https://doi.org/10.1080/00038628.2001.9697464

TDK. (2019). Küre. https://sozluk.gov.tr/?kelime=küre/, Erişim tarihi: 27.05.2019

Warmann, C. (2011). West 57th by BIG. https://www.dezeen.com/2011/02/08/west-57th-by-big/, Erişim tarihi: 10.07.2019.

Wikipedia. (2019). Sphere. https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere/, 20.05.2019

Williams, R., (2001). The Animator's Survival Kit, New York: Faber and Faber Inc.

Wright, S., (2008). Compositing Visual Effects: Essentials for the Aspiring Artist. Burlington, Mass: Elsevier/Focal Press.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: naciyesevgul@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Sevgül, N. & Tong, T. (2019). “3 Boyutlu Hareket İzleme Tekniğinin Mimari Tasarım Oluşturma Sürecinde Kullanımı; Parametrik Tasarım Önerisi”. 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Yalova