İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANİZOTROPİ KAVRAMINDAN SAYISALA DÖNÜŞÜMLER ÜZERİNDEN MİMARİ FORM ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet HAMARAT

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimari Tasarım Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANİZOTROPİ KAVRAMINDAN SAYISALA DÖNÜŞÜMLER ÜZERİNDEN MİMARİ FORM ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet HAMARAT
(502121128)

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimari Tasarım Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502121128 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet HAMARAT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "ANİZOTROPİ KAVRAMINDAN SAYISALA DÖNÜŞÜMLER ÜZERİNDEN MİMARİ FORM ÜRETİMİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Yrd. Doç. Dr. Sema Alaçam** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Sevil Yazıcı Özyeğin Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 27 Kasım 2015
Savunma Tarihi : 24 Aralık 2015

Aileme,

ÖNSÖZ

İTÜ Mimarlık Fakültesin de geçirdiğim süre zarfında, eğitim hayatımın birçok alanında ve tez sürecinde desteğini her zaman gösteren, disiplinli çalışma prensipleriyle bana ilham veren saygı değer hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ'a saygı ve sevgilerimi sunarım.

Tez sürecinde beni destekleyen annem ve babama, Güngör ve İbrahim HAMARAT'a sonsuz teşekkür ederim. Hem tez sürecinde hem de hayatımda her zaman yanımda olan, ikiz kardeşim ve meslektaşım Muammer'e tüm kalbimle teşekkür ederim, iyi ki benimlesin ve beraberiz.

Aralık 2015

Mehmet Hamarat
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 3
1.2 Kapsamı ve Sınırları 4
1.3 Yöntemi 5
2. TASARIM YÖNTEMLERİNE BAKIŞ **7**
2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım: Tasarımcının Araç ve Ortamı 7
2.2 Sayısal Tasarım ve Günümüz Mimarlığı 9
2.3 Sistem teorisi ve Kavramsal Düşünce Ara Kesiti 10
2.4 Disiplinler Arası Etkileşimli Çalışma 13
2.4.1 Üretken ve bütünleşik tasarım 14
2.4.2 Disiplinlerarası kavramların biçimleşmesi: geometri ve sistem kurma 15
3. KAVRAM, GEOMETRİ VE MALZEME ÜZERİNDEN FORM ÜRETİMİ **17**
3.1 Form Üretiminin Dili Olarak Geometri Kurma 17
3.1.1 Kaos 18
3.1.2 Fraktal geometri 20
3.1.2.1 Cantor tozu 21
3.1.2.2 Sierpinksi üçgeni 21
3.1.2.3 Koch eğrisi 22
3.1.2.4 Mandelbrot kümesi 23
3.1.2.5 Doğada fraktal 23
3.2 D'Arcy Thompson Dönüşümler Teorisi 26
3.2.1 Teorinin tanımı 27
3.2.2 Teorinin kapsamı 33
3.2.3 Teorinin kullanıldığı alanlar ve yorumlanan tasarımlar 34
3.2.4 Teorinin bilgisayar destekli tasarımda yeri 42
3.3 İlişkilendirilebilir Geometri 46
3.4 Malzemenin Dönüşümü 47
3.5 Kavramın Formla Somutlaştırılması 56
3.6 Çıkarımlar 56
4. ANİZOTROPİ KAVRAMI **59**
4.1 Anizotropi Tanımı 59
4.2 Kavramın Ele Alınışı 59
4.2.1 Kristallerde kafes yapısı 60
4.2.2 Kristallerde morfolojik anizotropi 61

4.2.3 Kristallerde hacim kafes sistemi 61
4.2.4 Kristallerde kimyasal örgü hataları 62
4.2.5 Kristallerde elastik ve plastik deformasyon 63
4.2.6 Dislokayson: plastik şekil değişimi 63
4.2.7 Zeminler üzerinden anizotropi kavramı 64
4.2.8 Simetri kırılması – denge simetrinin bozulması 64
4.2.9 Anizotropik deprem 65
4.3 Anizotropi Kavramı Üzerinden Mimari Okumalar 66
5. MODELLER 73
5.1 Bir Soyut Geometrik (öklit) Formdan Dönüşümler Üretimi 74
5.2 Bir Mevcut Formun Çözümlenerek Dönüştürülmesi (Candela) 84
5.3 Bir Kavram Üzerinden Üretim (Anizotropi) 104
5.3.1 Kristallerin anizotrop yapısı üzerinden form denemesi 104
5.3.2 Plastik deformasyon üzerinden form üretimi 109
5.3.3 Elastik deformasyon üzerinden form üretimi (anizotrop toplum) 110
5.3.4 Zeminlerin anizotropisi üzerinden form üretimi 111
5.3.5 Yüzey gerilimine karşı kalkan etkisi 113
5.3.6 Kavramların dönüşümü üzerinden örtü tasarımı 115
5.3.6.1 Örtünün kış, bahar ve yaz senaryoları 119
5.3.6.2 Giriş tanımlı örtü modeli 121
5.3.6.3 Oluşturulan örtünün çalışma prensipleri (mekanik bir öneri) 123
6. SONUÇ 127
KAYNAKLAR 129
ÖZGEÇMİŞ 133

KISALTMALAR

CAD **:** Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
DAD **:** Digital Architectural Design (Dijital Mimari Tasarım)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Lorenz Çekicisi, (URL-1). **20**
Şekil 3.2 : Cantor tozu, (Çakmak, 2011). **21**
Şekil 3.3 : Sierpinski üçgeni, (URL-2). **21**
Şekil 3.4 : Sierpinski üçgeni 3D, (Dickau, 1996) **22**
Şekil 3.5 : Koch eğrisi, (Koçak, 2014). **22**
Şekil 3.6 : Mandelbrot kümesi, (URL-3). **23**
Şekil 3.7 : Bir ağaç geometrisin öklit fraktelleri ile gösterimi (Kurakin, 2011)..... **24**
Şekil 3.8 : Meşe ağacı, (Halbert, 2000) **25**
Şekil 3.9 : Dairenin tek yönlü deformasyonu, (Thompson, 1945). **28**
Şekil 3.10 : Kemik formunun tek yönlü deformasyonu, (Thompson, 1945). **28**
Şekil 3.11 : Dairenin eksen kayması, (Thompson, 1945). **29**
Şekil 3.12 : Eğriye merkezden açılarak güç uygulanması, (Thompson, 1945). **29**
Şekil 3.13: Dürer'in dönüşüm çalışması, (Thompson, 1945, s. 1053-1054). **30**
Şekil 3.14 : İki eklem bacaklı türü dönüşümü, (Thompson, 1945, s. 1055). **30**
Şekil 3.15 : Daha karmaşık canlıların organik olarak deformasyona uğraması ile üretilen tip geçişleri, (Arthur, 2006). **31**
Şekil 3.16 : Aynı uzayda yaşayan canlıların dönüşümleri, (Arthur, 2006). **31**
Şekil 3.17 : Formun zamanda kayması, (Thompson, 1945). **32**
Şekil 3.18 : Pelvis tipinin ara kesitleri, (Thompson, 1945). **32**
Şekil 3.19 : İnsan, şempanze ve baboon kafatasları dönüşümü, (Thompson, 1945). **33**
Şekil 3.20 : Marey'nin insan hareketi çekimi (URL-4) ve Dönüşümler Teorisi karşılaştırması, (Thompson, 1945). **35**
Şekil 3.21 : Pariste yürüyen bir insanın ardıl çekilmiş fotoğrafı, (URL-5). **35**
Şekil 3.22 : İnsanın sandelye üzerinden atlaması ve kuş uçuşu, (Ponjavic, 2015). **35**
Şekil 3.23 : Otto'nun balon strüktürü resmi, (URL-6). **36**
Şekil 3.24 : Solda Sullivian (1924) öklit dönüşümü, sağda Thompson'un balık deformasyonu, (Beesley & Bonnemaison, 2008). **37**
Şekil 3.25 : Growth an form sergisi(1951), kemik maket üretimi (URL-7)..... **37**
Şekil 3.26 : İplik bükme yöntemiyle oluşan form,(Beesley & Bonnemaison, 2008). **38**
Şekil 3.27 : Kumaş formları, (Beesley & Bonnemaison, 2008). **38**
Şekil 3.28 : Örüntü ve biçim oluşumu, (Beesley & Bonnemaison, 2008)..... **39**
Şekil 3.29 : Belgo restoranı arakesitleri, (Moussavi, 2006). **39**
Şekil 3.30 : Fuji Pavyonu (1970) Japonya'da şişme bir strüktür, (Moussavi, 2006). **40**
Şekil 3.31 : Endaze kesitleri (URL-8)..... **41**
Şekil 3.32 : Ahşap malzemeden oluşan strüktür, (URL-9),(URL-10)..... **41**
Şekil 3.33 : Ara eğri "tween curve" aracı ile model oluşumu, (Panchuk, 2006). **43**
Şekil 3.34 : Öklit kesitten organik yüzeye, (URL-11)..... **43**
Şekil 3.35 : Widrig (2013) "Art + Science of Super Natural Motion" üretimi, (Widrig, 2013). **44**
Şekil 3.36 : "Ara eğriler" komutu üretimleri. **45**
Şekil 3.37 : "Tween surface" komutu üretimleri. **45**

Şekil 3.38 : Yaratıcı model üretimi. **46**
Şekil 3.39 : Üçgenler prizmasının anizotrop durumu, (Thompson, 1945, s. 885). **48**
Şekil 3.40 : Modelin 3D printer üretimi, (Menges, Hensel , & Jaeschke, 2008). **51**
Şekil 3.41 : Modelin Ahşap üretimi, (Menges, Hensel , & Jaeschke, 2008). **52**
Şekil 3.42 : Robotik kollarla üretim, (URL-13). **52**
Şekil 3.43 : Örgü oluşum diagramı, (URL-14). **53**
Şekil 3.44 : Deneysel pavilyonun polimer yaprakları, (URL-15). **54**
Şekil 3.45 : Plakaların yerleşimi, (URL-15). **54**
Şekil 3.46 : Plakaların birleşim detayları, (URL-15). **54**
Şekil 3.47 : Pavyonun üretim süreci, (URL-16) **55**
Şekil 3.48 : Pavyonun örgü yapılanması, (URL-16) **55**
Şekil 4.1 : Kristal noktaların eşit uzaklıkta bağlanması, (Yalçın, 2001). **60**
Şekil 4.2 : Kristal noktaların iki boyutta dizilimleri, (Yalçın, 2001). **60**
Şekil 4.3 : Kristallerde kafes yapısı, (Yalçın, 2001). **61**
Şekil 4.4 : Organik büyüme, (Yalçın, 2001). **61**
Şekil 4.5 : Birimde düzenli kafes hacim yapısı, (Yalçın, 2001). **62**
Şekil 4.6 : Si ve Ge yarı metallerine Al eklenmesi, (Yalçın, 2001). **62**
Şekil 4.7 : Tek kristalin elastik şekil değiştirmesi, (Erişir, 2012). **63**
Şekil 4.8 : Tek kristalin plastik şekil değiştirmesi, (Erişir, 2012). **63**
Şekil 4.9 : Dislokasyon, (Erişir, 2012). **64**
Şekil 4.10 : Okyanus ve deprem ilişkisi (simetri bozulması), (Çakmak, 2011). **65**
Şekil 4.11 : Camın çizilerek koparılma işlemi (kuvvet çizgilerinin yoğunlaşması), (Çakmak, 2011). **65**
Şekil 4.12 : Robotik kolların örgüyü oluşturması, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013). **66**
Şekil 4.13 : Örgü alternatifleri, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013). **67**
Şekil 4.14 : Örgü biçimleri, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013). **67**
Şekil 4.15 : Temel şekillerin karmaşıklaşma süreci ve bambu ızgaranın dönüşüm süreci, (Baez, 2013). **68**
Şekil 4.16 : Bambu çubuklarının eklemlenmesi ile örgünün dönüşümleri, (Baez, 2013) **68**
Şekil 4.17 : Mimarların otobüs durak tasarımları, (URL-17). **69**
Şekil 4.18 : BIG 8 HOUSE projesi, (Ingels, 2009). **70**
Şekil 4.19 : Fonksiyonların yatayda konumlandırılması, (Ingels, 2009). **70**
Şekil 4.20 : "attractor" meydan bağlanımı ve güneşe yönelim, (Ingels, 2009). **70**
Şekil 4.21 : TIR projesi, (Ingels, 2010). **71**
Şekil 4.22 : "Herkes için bir Camii", (Ingels, 2010). **71**
Şekil 4.23 : Caminin çift aksta tasarlanması, (Ingels, 2010). **71**
Şekil 4.24 : Rekreasyon ve buluşma alanı, (Ingels, 2010). **72**
Şekil 5.1 : Bir soyut geometrik (öklit) formdan dönüşümler üretim süreci. **73**
Şekil 5.2 : Bir mevcut formun çözümlenerek dönüştürülme süreci **73**
Şekil 5.3 : Bir kavram üzerinden üretim süreci. **74**
Şekil 5.4 : Öklit formun kopyalanıp, dönüştürme işlemleri uygulanarak, karmaşık geometri üretimi, (Hamarat, 2014a). **75**
Şekil 5.5 : Parametrelerin değişmesi ile oluşan formlar, (Hamarat, 2014a). **75**
Şekil 5.6 : Örüntü detayı, (Hamarat, 2014a). **75**
Şekil 5.7 : Sistemin dışına çıkarak tasarımcının kendi karar verme aşaması ile oluşan biçim üretimleri, (Hamarat, 2014a). **76**
Şekil 5.8 : Dörtgen formun deforme edilmesi ile elde edilen akışkan yüzey, (Hamarat, 2014a). **76**

Şekil 5.9 : Oluşan formun yüzeylerinin evrilmesi, (Hamarat, 2014a). **77**
Şekil 5.10 : Amorf bir formun üzerine altıgen, üçgen prizma, 2,5 boyutlu bir yüzey, 3 boyutlu kafes sistemlerinin temel geometrileri, (Hamarat, 2014a). **77**
Şekil 5.11 : Izgaraların içine oturtulan geometrik formları şekillendirerek örüntü oluşturması, (Hamarat, 2014a). **78**
Şekil 5.12 : "Tween curve", ara eğri ve "Tween surface" ara yüzeyler. **79**
Şekil 5.13 : Çizilen yedi eğrinin "ara eğri" komutu ile dönüşmesi. **80**
Şekil 5.14 : "Twist", burkma işlemleri ile form dönüşüme ve karmaşaya evrilir. **80**
Şekil 5.15 : Tasarımcı estetik algısı dahilinde formları biçimlendirir. **81**
Şekil 5.16 : Deformasyonların devamında oluşan formlar. **82**
Şekil 5.17 : Formların farklı açılardan görünüşü. **82**
Şekil 5.18 : Dönüşen formların üçüncü boyuttaki görseli. **83**
Şekil 5.19 : Yüzeylerin komşuluk ilişkisi. **83**
Şekil 5.20 : İskelet ve et birleşimi benzeri geometrik bir organizma. **84**
Şekil 5.21 : Konik yüzeyden hiperbol kesiti, (Çakmak, 2011). **85**
Şekil 5.22 : Çapraz tonoz geometrisi, (Moussavi, 2006). **85**
Şekil 5.23 : Üç noktalı eğrisel kabuk, (Moussavi, 2006). **86**
Şekil 5.24 : La Jacaranda gece kulübü form oluşumu, (Moussavi, 2006). **86**
Şekil 5.25 : Lomas De Cuernavaca Şapeli (1958), (Moussavi, 2006). **87**
Şekil 5.26 : Candela geometrisinin literatür analizi, (Moussavi, 2006). **87**
Şekil 5.27 : Los Manantiales Restoranı(1958), (URL-19). **88**
Şekil 5.28 : Bir hiperbol eğrisel yüzeyin uç merkezinde sekiz kez döndürülmesi ile oluşan bir yapı, (Moussavi, 2006). **88**
Şekil 5.29 : Lomas De Cuernavaca Çarşısı (1958), sistemin oluşma süreci, (Moussavi, 2006). **89**
Şekil 5.30 : Hiperbol çizimi, (Hamarat, 2014c). **90**
Şekil 5.31 : X, y düzleminde eşit aralıklarla oluşan çizgilerin yüzeyi örmesi, (Hamarat, 2014c). **90**
Şekil 5.32 : Kartezyen ızgara sisteminin deforme edilerek yüzey oluşumu, (Hamarat, 2014c). **90**
Şekil 5.33 : Candela kesitini ve parabolik hiperbol yüzeyi anlama çalışması (Hamarat, 2014c). **91**
Şekil 5.34 : Manantiales restoran iki boyutta form üretme çalışmaları (Hamarat, 2014c). **91**
Şekil 5.35 : Candela geometrisinin plastik yapısının algılanması ile tasarımcının kafasının netleşmesi, (Hamarat, 2014c). **92**
Şekil 5.36 : Candela üretimi algoritma şeması, (Hamarat, 2014c). **92**
Şekil 5.37 : Hiperbol yüzeyin "loft" komutu ile oluşumu. **93**
Şekil 5.38 : Yz ekseninde kesilme ve 45 derece döndürme işlemi. **93**
Şekil 5.39 : 45 derece döndürme işlemi ile yüzeyin "split" komutu ile kesilmesi. ... **94**
Şekil 5.40 : Belirlenen üç aks doğrultusunda formun kesilmesi. **94**
Şekil 5.41 : "Mirror" aynalama komutu ile birim kesit ve planda geometrik formun üretimi gerçekleşmiştir. **94**
Şekil 5.42 : Manantiales restoranının plastik yüzey oluşumu. **95**
Şekil 5.43 : yüzey oluşturma ve yz aksında kesme işlemi. **95**
Şekil 5.44 : 45 derece döndürme işlemi ve 3 aks kesimi. **96**
Şekil 5.45 : "Mirror" aynalama komutu ve merkezden döndürme işlemi ile Candela geometrisine ulaşım süreci. **96**
Şekil 5.46 : 18 farklı formun plan ve görünüşleri. **97**
Şekil 5.47 : Parametreye bağlı form değişimi **98**

Şekil 5.48 : Parametreye bağlı form değişimi..... **99**
Şekil 5.49 : Parametreye bağlı form değişimi..... **100**
Şekil 5.50 : Parametreye bağlı form değişimi..... **101**
Şekil 5.51 : Asimetrik strüktür ve form arayışları. **102**
Şekil 5.52 : Açık sisteme evrilen Candela geometrisi. **103**
Şekil 5.53 : Izgara sistemine hatalı bir girdinin eklenmesi ile oluşan form..... **104**
Şekil 5.54 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod. **104**
Şekil 5.55 : Üretilen Formların görseli. **105**
Şekil 5.56 : Dış etkinin kontrollü etkisi. **105**
Şekil 5.57 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod. **105**
Şekil 5.58 : Rekreasyon alanların da yarı açık mekan için bir form önerisi. **106**
Şekil 5.59 : Rekreasyon alan perspektifleri. **106**
Şekil 5.60 : Formu oluşturan birim modeller. **107**
Şekil 5.61 : Örtü formu. **107**
Şekil 5.62 : Örtünün kış uyarlaması, yapı içinden bakış. **107**
Şekil 5.63 : Örtünün kış senaryosu. **108**
Şekil 5.64 : Örtünün farklı zeminlerde görseli. **108**
Şekil 5.65 : Örtünün ahşap malzeme ile görseli. **108**
Şekil 5.66 : Durağan bir küreye basınç ve çekme kuvvetleri uygulanarak dönüşümünün gözlemlenmesi. **109**
Şekil 5.67 : Sistemdeki nokta sayılarının değişmesiyle oluşan alternatif formlar... **109**
Şekil 5.68 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod, (Hamarat, 2014b). **109**
Şekil 5.69 : Bütün bir sistemin yabancı bir maddeye tepkisi. **110**
Şekil 5.70 : Grasshopper ara yüzünde oluşturulan kod, (URL-20). **110**
Şekil 5.71 : Sisteme eklenen eğri "attractor" olarak çalışır. **110**
Şekil 5.72 : Sistemin z ekseninde çoğaltılması ile oluşan parçalanma. **111**
Şekil 5.73 : Sıvıların farklı fazda parçalanması (Thompson, 1945), sistemin plan görünüşü. **111**
Şekil 5.74 : Yüzeyin eğrilik derecesi (curvature analysis). **111**
Şekil 5.75 : Eğrilik derecesine göre yüzeyin tepki vermesi. **112**
Şekil 5.76 : Oluşan formun görünüşü. **112**
Şekil 5.77 : Yeni yüzeyin eğri analizi. **112**
Şekil 5.78 : Yeni yüzeyin eğrilik derecesine göre oluşturduğu form. **112**
Şekil 5.79 : Oluşan formun görünüşü. **113**
Şekil 5.80 : Sistemin cephe alternatifi oluşturması. **113**
Şekil 5.81 : Yüzeyin kırılmaya yakın bölgelerinde oluşan destek birimler. **114**
Şekil 5.82 : Akan birimler..... **114**
Şekil 5.83 : Grasshopper ara yüzünde oluşturulan kod. **114**
Şekil 5.84 : Yüzeydeki kuvvet çizgilerinin normallerine göre belirmesi. **115**
Şekil 5.85 : Grasshopper devresi. **116**
Şekil 5.86 : Mevsim "attractor" olarak çalışır. **116**
Şekil 5.87 : Farklı bir temel form üzerinden sistemin görseli. **116**
Şekil 5.88 : Örtünün plan görünüşü. **117**
Şekil 5.89 : Örtü plastiği ve giriş algısı. **117**
Şekil 5.90 : Örgü detayı. **117**
Şekil 5.91 : Örtünün arazi düzleminde kurgusu. **118**
Şekil 5.92 : Örtü strüktürünün ara eğri komutu ile oluşturulması. **118**
Şekil 5.93 : Strüktür ve örgü birleşimi. **119**
Şekil 5.94 : Örtünün kış senaryosunun forma etkisi ve iç mekan kurgusu. **119**
Şekil 5.95 : Örtünün kış senaryosu görseli. **120**

Şekil 5.96 : Örtünün bahar uyarlaması; örgü; saman, taşıyıcı sistem; ahşap. **120**
Şekil 5.97 : Örtünün coğrafya kapsamında değişimi. **121**
Şekil 5.98 : Giriş tanımlı örtü modeli. **122**
Şekil 5.99 : Strüktür birimleri arası geçişle kurulan oturma alanı. **122**
Şekil 5.100 : Mekanik sistemin algısı. **123**
Şekil 5.101 : Ahşap taşıyıcı sistemi, çelik kablo ve örüntüyü oluşturan mekanik modüller. **123**
Şekil 5.102 : Sistemin oluşum kesiti. **124**
Şekil 5.103 : Tasarlanan modül ve değişim süreci. **124**
Şekil 5.104 : Modül üzerinde ahşap ve çelik malzeme gösterimi. **125**
Şekil 5.105 : Modülün birleşim detayları. **125**
Şekil 5.106 : Maket resimleri. **126**

ANİZOTROPİ KAVRAMINDAN SAYISALA DÖNÜŞÜMLER ÜZERİNDEN MİMARİ FORM ÜRETİMİ

ÖZET

Tasarım süreci insanoğlunun varlığından itibaren başlayan bir süreçtir. Doğa kendi kendini tasarlayan, kusursuz işleyen bir mimari üretirken, insanoğlu bu kusursuzluk içinde kendine oyun alanları üretir. Yaratmak Tanrıya, bir üst bilince ya da doğaya özgü bir şeydir. İnsan somut nesneleri elbette ki yoktan var edemez ancak zihninde oluşan soyut yaratımları engelleyen bir yasa yoktur. Zihninde oluşan her şeye sahiptir ve tasarlayıp yaratabilir. Asıl mesele bunu nasıl üreteceğidir. Burada disiplinler arası çalışma ve doğadan esinlenme önemli bir rol oynar. Tasarımcının zihninde oluşan hayalin gerçekleşebilmesi için gereken gereçler, malzemeler ve sistemler de önemlidir. Tez kapsamında tasarımcının hayal gücünün sınırlarını genişletebileceğine inanılan disiplinler arası kavramların tasarım sürecine etkisi tartışılır. Bunun yanında işleyen geometri ve malzeme ilişkisinin de yaratım sürecine etkisine bakılmaktadır.

Bu tezin ilk bölümünde, Bilgisayar Destekli Tasarım araçlarının kavramsal düşünce sisteminde çatışması ve disiplinler arası etkileşimli çalışma üzerinden okumalar yapılmıştır. Bu okumalar üzerinden tasarımın kısıtlamalarla ilerlediği düşünüldüğünde Bilgisayar Destekli Tasarımın dahil olduğu mimarlık pratiğinde kısıtlamaların etkisi kendini geometrik formda nasıl gösterir sorusu tezin genel akışına yön vermiştir. Dijital tasarım araçları form üretiminde bir vasıta görevi görmüştür. Bu durumda dijital tasarım araçları tasarımcıyı tasarımın çıkış noktasından kısıtlamalarıyla birlikte sonuca götüren bir iletken olarak düşünülmüştür. İkinci bölümünde ise tasarımın dili olan geometri kurma, genel geometri evrimi ve dönüşümler teorisi ana başlıkları altında genel olarak geometrinin doğanın oluşumunu çözme çabası incelenmiştir. Bu süreçte geometrinin evrimi ve parametrik tasarım sürecinin temellerine doğru akışkanlık aranmıştır. Bu bölümde geometrik süreç farklı teorilerle incelenmiştir. Süreç Öklit geometrisinden başlayarak karmaşık ve organik geometrilerin evrimini inceler. Form üretim sürecinde geometri kurma, malzemeden bağımsız olarak düşünülemez. Bu anlamda formun dönüşümü ve buna bağlı malzemenin evrimleşmesi nasıl bir etki yaratarak tasarımı etkiler sorusu üzerinden araştırmalar yapılmıştır. Malzeme konusu kapsamlı ve temel bir araştırma konusudur ancak bu bölümde malzemenin form üretiminde yaratacağı olasılıklar tartışılmıştır. Bu anlamda malzeme, geometri kurma ve bu iki kavram arasındaki dönüşüm incelenmiştir. Üçüncü ve dördüncü bölümde Dönüşümler Teorisi kapsamında ve malzeme de karşımıza çıkan Anizotropi kavramı üzerinden araştırmalar yapılmıştır. Bu iki kavramın mimari tasarım pratiğine etkisi ve sürecin getirdiği form üretme çalışmalarına katkıları araştırılmıştır. Malzeme biliminde karşılaşılan Anizotropi kavramı geometri kurmayı nasıl etkiler sorusu sorulmuştur. Tez kapsamında geliştirilen modeller, kavramın yaratıcı tasarım sürecine plastik geometri ve fikir olarak nasıl dönüştüğünü ortaya koyan bir çalışma olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise disiplinler arası kavramlar olarak ele alınan Dönüşümler teorisi ve Anizotropi kavramları üzerinden modeller üretilir. Bu modeller dijital tasarım araçlarından faydalanılarak üretilir ancak sistemden kesin cevaplar vermesi beklenilmemiştir. Sistemin açık uçlu olması yaratıcı oluşumları desteklemesi bu araçların kullanılmasında etkili olmuştur. Bu modelleri oluştururken kavramın form bularak kendini ifade etme meselesi ve kavramın formla dönüşümü önemli bulunmuştur.

Tezin temel amacı yaratıcı tasarım sürecini tetikleyen disiplinler arası etkileşimin yaratıcı sistemlere ve geometriye etkisini araştırmaktır. Bu etkileşim kavramsal ve teknik olarak kendini gösterebilir. Disiplinler arası kavram geçişleri, yeni yaklaşımlar üretmede ve form oluşumlarında yaratıcı süreci tetiklemiştir. Çalışmanın genel ekseninde disiplinler arası kavramın mimari tasarım kurgusu içinde yeniden ele alınması ve bu durumun yenilikçi yaratımlar üretmesi hedeflenmiştir. Çalışma yenilikçi tasarım yaklaşımları kapsamında yeni bir model önermez, bunun yerine alternatif yorumlanabilir modeller çeşitliliği sunar. Bu durum başka bir disiplinden alınan kavramın tasarım disiplininde form bulması, kavramı somutlaştırmıştır. Farklı bir disiplindeki kavramı anlamak için kavramı biçimleştirmek ve geometriye bağlamak, kavramı anlamada yaratıcı bir teknik olarak görülmüştür ve yanında ürettiği farklı form oluşumlarıyla yaratıcı modellemeyi tetiklemiştir.

FROM CONCEPT OF ANISOTROPY TO DIGITAL ARCHITECTURAL FORM GENERATION THROUGH TRANSFORMATIONS

SUMMARY

The design process starts from the existence of mankind. While nature designs itself, producing flawless architecture, mankind produces small play fields for itself, nestled in the perfection of nature. Creating is a particular privilege to God, a higher consciousness or nature. Mankind of course cannot create solid, tangible objects out of nothing; however, there is no law that prevents him/her to produce abstract creations in his/her mind. The person fully owns everything that occurs in the mind and can create and design. The break point is how he/she can produce these creations of artifact in reality. In this case, interdisciplinary work and inspiration from nature plays an important role in creation and imagining. Tools, materials and systems are important to turn dreams into reality at the time of their existence.

Looking at designer tools throughout time - pencil, ruler, paper, modeling methods - one observes that they serve as a limb that helps the designer's thoughts become tangible. In recent years with technological advancements, computers and programming languages have become main tools for architects. Today's architectural practice has become one of the main topics of discussion; moving beyond the computer being a mere representation tool, its ability of including itself in the design, producing its own design processes and methods made it an important cornerstone in the professional practice. This resulted in a situation where different design languages were born and the corresponding defending of these languages have emerged. Whether human mind is the sole decision mechanism of design or the computer is, which is part of digital design, can make a decision, ultimately the product obtained is a language. This language is visual representation technic of designers. As an architect, design is a mental endeavor and its language is drawing in order to apply design. The basis of this language is geometry.

The scope of the thesis includes the impact of interdisciplinary concepts which are believed to expand the limits of the imagination of the designers head, and discusses their place in the design process. In addition to this, the thesis addresses the running geometry and material relationship in terms of its impact on the creative process.

The first part of this study progresses through Computer-aided Architectural design tools, which are conflicted with the system of conceptual thought and interactive interdisciplinary work. Considering the progress with design constraints and computer-aided architectural design, how geometrical forms emerge with the restrictions Computer-aided design in architectural practice is the main question of thesis. Digital design tools are mediating in order to create forms. In this case, digital design tools were considered to be a conductor in concluding the design process with constraints.

In the second part, the major topics of geometry is examined through the language of design, the general evolution of geometry and the theory of transformations efforts to

resolve the nature of the formation. In this process, the evolution of geometry and the foundations of parametric design are sought in order to discover flowability of design creativity. In this section, geometric processes are examined with different theories. The process examination begins from Euclidean geometry and continues to the evolution of complex and organic geometry. Apart from these, in the architectural design process, geometry and material have to think and work together in order to create design, therefore, material transformations are examined. Material is a main research topic; however, in this part, possibilities of form generation are discussed through the material. In this sense, Material, geometry and transformations between these two concepts are examined.

In the third and fourth part of thesis, the anisotropy, which comes up in the theory of transformations, is examined. The impact of these two concepts on the practice of architectural design and contributions to the study of form production are investigated. The question is how the anisotropy, which comes up in materials, effect creating geometry. Models developed in the scope of the thesis were evaluated in terms of concept transforming into geometry and as the idea during the design process.

Lastly, in the final part of the thesis, anisotropy and the theory of transformations work together in order to create alternative models. These models are produced by taking advantage of digital design tools. Hence, do not expect to have definitive answers from the system. The use of the system has been effective according to open-ended and supporting creative formations. Formation of concepts is an important part of thesis, while the models are being created.

The thesis's approach is identifying interdisciplinary interaction that triggers the creative design process to investigate the effect of creative geometry. This interaction can manifest itself in a conceptual and technical way. Transitions of interdisciplinary concepts trigger off the creative process in order to produce new approaches and formations. The general axis of the study, interdisciplinary concept is taken up again in the fiction of architectural design and, in this case, is expected to produce innovative creations. The study does not offer a new model under the scope of innovative design approaches; instead, it offers a variety of alternative models that can be interpreted. This situation results in the process of remodeling the concept of design disciplines from another discipline and finding a form, converting concept to the concrete. To understand the concept in a different discipline, transforming from concept to geometry and form has been seen as a creative technique. Furthermore, the formations of different forms have triggered creative modeling.

The concretization of the concept is valuable in understanding the concept. A leaf is formed in order to protect the fruit. In this creation, the concept of protection has determined the shape of the leaf. In this thesis, the transformation of the concept to form and observing the concept as a system in order to produce creative techniques, convert concept to the concrete. Mankind is more receptive to things drawn, touched or seen.

While the transitions in interdisciplinary concepts are studied within the scope of geometry and form, new variations of form which do not exist in designer's head, emerge with the help of the computer-aided design.

The thesis does not propose a model; it is in search of different forms associated with two concepts. Designer produces these forms with curios and inquisitive identity. Currently, there are designers against the architects who produce forms with

aesthetical concerns. However, even if designers produce a creation without form or aesthetical concerns, eventually form will still be produced. Manufacturing forms has its own unique shapes. In this context, the idea or concept needs to associate the forms as long as human beings produce something. Human beings have a body form with soul or mind. The human soul (concept) is wrapped with the body (form).

Constantly producing new codes, breaking and regenerating these codes have created continuous dynamic brainstorming. Creating form, which produces both new and existing codes, is an important role in figuring out concepts. New design concepts can contribute to architecture instead of taking the designer role. Interdisciplinary transition can start and support to design in a different way, improving the relationship with the architect.

1. GİRİŞ

Mimarın tasarım süreci kendi dönemi içinde sürekli ortaya konulan ve nasıl tasarım yapılması gerektiği söylemleriyle yeniden üretilen ve irdelenen bir mesele olmuştur. Tasarımcının insan olduğu her disiplinde bir ya da doğru yöntemden söz edilmesi ironik bir durumdur. İnsanın motor sistemleri halen tam olarak çözülememişken tasarımın beyin ve duygu harmanıyla ortaya çıktığı düşünüldüğünde tasarım sürecine nasıl bir ya da birçok tanım ve yaklaşım konulabilir? İnsan geçmişinden oluştuğu bir dizi çıkarımlardır ve hazza, acıya ve geçmişe dayalı bir dizi deneyimden oluşur, yani biz geçmişiz, içimizde yeni olan hiçbir şey yok (Krishnamurti, 2010). Her mimar binanın barınma ve temel ihtiyaç programına ek olarak, tasarıma başlama anından tasarımı yaptığı sürece kadarki düşünsel yapısı ve beceri doğrultusunda bir ürün ortaya koyabilir. Bu sürecin – tasarıma başlama anı ve öncesi - getirdikleri ile binanın temel ihtiyaç listesi ve müşterinin isteklerinin ötesindeki yaklaşımı bu geçmiş deneyimleri ve tecrübeleriyle gerçekleştirebilir.

Tasarımcının zaman içindeki araçlarına bakıldığında kalem, cetvel, kağıt ve maket yöntemleri tasarımcının düşüncelerinin somut hale gelmesi için yardımcı olan bir uzuv görevi görmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bugün bilgisayar ve programlama dilleri mimarın temel aracı haline gelmeye başlamıştır. Bilgisayarın temsil aracı olma ötesinde tasarıma dahil olma ve kendi tasarım süreçlerini ve yöntemlerini üretme kabiliyeti, meslek pratiğindeki yeri ve kullanımı günümüz mimarlık pratiğinin temel tartışma konularından biri haline gelmiştir. Bu durumda farklı tasarım dilleri ve bu dillerin savunulması durumu ortaya çıkmıştır. İster insan beyni tasarımın karar mekanizmasını oluştursun, ister bilgisayar ve buna bağlı olarak sayısal tasarım, pratiğin sonunda elde edilen ürün en temelinde bir dildir. Tasarımcı için bu dil çizimdir. Mimar olarak tasarım yapmak zihinsel bir işlemdir ve tasarımın uygulanabilir olması için çizim tek dildir. Bu dilin temeli geometri kurmaktır. Denklem kurmak ve çadır kurmak gibi tamlamalar dilimizde vardır, ancak geometri kurmak tamlaması dilimizde bulunmamaktadır. Bu fiili gördüğümüz yer Platon'un şu cümlesinde geçen anlamdadır: Ai o teos geometrei-Tanrı daima geometriler kurar

(Guénon, 2012). Yine bu anlamda geometriler kurmak- tasarlamaktır (Dönmez, 2012).

Terzidis'in (2006) tasarım açılımına bakıldığında geometri kurmanın bir diğer temsili olarak algoritmayı görülebilir. Bu açılımda algoritma, insan aklının belirsizlik ve muğlaklık kavramlarıyla işleyişini ve algoritmanın matematiksel mantığı arasında kurulan bir sinerji (synergatic relationship) olarak görür. Bu tip bir sinerjinin ancak algoritmik bir strateji ile mümkün olduğunu söyler. Bu algoritmik strateji insanla, bilgisayar arasında tamamlayıcı ve mantıksal bir dizin sunar. Böyle bir birlikte çalışma, sadece insan ile makine arasında mantıkla yorumlanan, bağ kuran ve tamamlayıcı bir süreç olan algoritmik bir strateji ile mümkün olacağını savunur (Terzidis, 2006).

Algoritmayı bilgisayara bağlı bir sistem olarak görmemek, aksine bir düşünme biçimi olarak, tasarım süreciyle beraber yol alan ve mantık ile sezgi arasında bir bağ olarak görmek tasarım için düşünsel bir araç olabilir. Terzidis (2006) "programlamayı mimarlığın eklentisi olarak görmektense mimarlığın programlamayla bir arada harmanlaması ve özümsenmesi gerektiğini savunur" (Erdoğan & Sorguç, 2011, s. 274). Bu süreçte ise tasarım problemlerinin tanımı (addressablitiy) ve çözümü (solvabelity) olmak üzere iki kavramla karşılaşılmaktadır (Terzidis, 2006). Tasarımcı bu iki kavramın hangisinden yola çıkarsa çıksın algoritma, aritmetiği ve dönüşüm gücünü kullanarak çözümü ve süreci bir adım öteye taşır ve problem tanımlamada ipuçları, öneriler ve alternatifler sunar.

Bilimsel açıdan, sayısal tasarım ve türevleri olarak algoritma, parametrik tasarım ve doğadan esinli tasarım yaklaşımlarının, tasarımın ana kaynağına inilmesi olarak görülebilir. Bu kaynağın doğal ortamımızda türeyen, gelişen ve farklılaşan canlı oluşumunu anlayıp, özümsememize yardımcı olacağı düşünülmelidir. Bu duruma ek olarak, varoluş teorilerine ve evrimleşme sürecine ışık tutabileceği ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Gerçeklik ve uygulanabilirlik açısından bakıldığında ise, sayısal yaklaşımın tasarım ve üretim aşamasında getirdiği yenilikler ve tasarım süreçlerini tasarım yöntemlerine entegre etmesi gerekliliği tartışmalı bir konudur. Bu düzlemde yapılan araştırmaların insan yaratıcılığının yerini alabilecek çalışmalar olarak değerlendirilmemesi gerekir. Bu çalışmalar tasarımcının tasarım dili için kullanabileceği yeni yöntemler ile

ilişkilidir. Geliştirilen bu yöntemler geleneksel tasarım yöntemlerini yerinden etmeyi değil onları desteklemeyi hedeflemektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez Sayısal tasarıma karşı duruş sergileyen söylemlerden tasarımcıyı devre dışı bırakarak bir üretim yapma düşüncesinden hoşnutsuzdur. Parametrik tasarımın temeli olan sayısal tasarımın yalnızca sistem üretme ve var olan tasarımı çözülebilir hale getirme durumu için kullanılma görüşündense, tasarım sürecine dahil etme ve tasarımcı olan mimarla birlikte işleyen bir süreçte ilerlemesi önemli bir yaklaşımdır. Krishnamurti önemli olanın tümüyle hoşnutsuz olmak olduğunu savunur. Çünkü bu hoşnutsuzluğun, olgunlaştıkça yaratıcı bir hal alacak olan insiyatifin başlangıcı olduğunu söyler (Krishnamurti, 2009). Bu durumda mimar hoşnutsuz olmalı. Yeniyi, ve henüz yaratılmamış olanı aramak için elinden geleni yapmalıdır.

Tezin temel amacı yaratıcı tasarım sürecini tetikleyen disiplinler arası etkileşimin yaratıcı geometriye etkisini araştırmaktır. Bu etkileşim kavramsal ve teknik olarak kendini gösterebilir. Çalışmanın genel ekseninde disiplinler arası kavramın mimari tasarım kurgusu içinde yeniden ele alınması ve bu durumun yenilikçi yaratımlar üretmesi hedeflenmektedir. Çalışma yenilikçi tasarım yaklaşımları kapsamında yeni bir model önermez, bunun yerine alternatif yorumlanabilir modeller çeşitliliği sunar.

Araştırma sürecinde işleyen temel sorular; Bu çalışma günümüz mimari pratiklerin bilgisayar destekli tasarım ve kavramsal tasarım (cognitive, conceptual) ayrımı tavrına karşı bir kavram olarak yaratıcı süreci tetikleyebilir mi? Tasarımda ki doğrusal olmama durumunu içine alan bir kavram olarak Dönüşümler Teorisi ve beraberinde getirdiği Anizotropi kavramı nasıl bir iz? Nasıl bir yörünge oluşturabilir?

Tasarımın kısıtlamalarla ilerlediği düşünüldüğünde Bilgisayar Destekli Tasarımın dahil olduğu mimarlık pratiğinde kısıtlamaların etkisi kendini geometrik formda nasıl gösterir? Üretim sürecinde geometri kurma, malzemeden bağımsız olarak düşünülemez. Bu anlamda formun dönüşümü ve buna bağlı malzemenin evrimleşmesi nasıl bir etki yaratarak tasarımı etkiler?

1.2 Kapsamı ve Sınırları

Tez geometri kurma başlığından yola çıkar, devamında Dönüşümler Teorisi kavramıyla daraltılır. 'Dönüşüm' meselesinin getirdiği evrimle birlikte malzeme dönüşümü fiziksel olarak ele alınır. Mekanik dönüşümler Anizotropi kavramını ortaya koyar. Anizotropi kavramı tanımı doğrultusunda "dış etki" (attractor) kavramıyla ilişki kurulur ve kavramların tasarımcıda oluşturduğu zihinsel tasarımların sistem ve plastik geometri olarak model üretimleri gerçekleştirilir. Sayısal tasarım ve birlikte çalıştığı Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımlarının mimarlık pratiğinin neresinde olduğu fikir olarak ortaya konulurken, tezin ana eksenini disiplinler arası kavram geçişlerinin tasarımcıya yeni yaklaşımlar ve yorumlamalar olarak vücut bulur.

Çalışmanın 2. bölümünde mimari tasarım pratiklerinin bilgisayar destekli tasarım ve bununla ilintili olan sayısal "parametrik" tasarım konuları işlenir. Bilgisayar Destekli Tasarımın postmodern ve kavramsal modeller, bakışlarıyla çatışması gözler önüne serilir.

Bu çalışmanın 3. bölümünde geometri kurma, fraktal geometri ve dönüşümler teorisi ana başlıkları altında genel olarak geometrinin doğanın oluşumunu çözme çabası incelenecektir. Mimari Tasarımda parametrik yaklaşımlar ve üretken sistemler konularına girmeden önceki temel kavramsal çalışma niteliğindeki araştırmanın 3. bölümü öncelikli olarak geometrik süreci farklı teorilerle anlamada yardımcı olacaktır. Kaos, fraktaller ve Dönüşümler Teorisi (The Theory of Transformations) kavramlarının birbirleriyle olan ilişkisi genel bir bakışta gözlemlenmektedir ancak parametrik yaklaşımların temel tasarım ilkeleri her ne kadar biliniyor olsa da, Dönüşümler Teorisi üzerinden parametrik ve üretken sistemler tasarım tekniklerinin özüne inmede matematiksel ve yaratılış açısından bağlantısı kurulmuştur.

Bu çalışmanın devamında Thompson'ın Dönüşümler Teorisi merkezinden hareket ederek tasarım süreci üzerinden; geometri oluşumu, malzemenin geometri kurmaya etkisi ve bu sürecin dönüşümü konuları ele alınır. Mimari geometriler malzemeden bağımsız düşünülemediğine göre, dönüşen geometri malzemeye bağımlıyken, malzeme biliminde karşılaşılan Anizotropi kavramı geometri kurmayı nasıl etkiler sorusu sorulmuştur. Tez kapsamında geliştirilen modeller, kavramın yaratıcı tasarım

sürecine plastik geometri ve fikir olarak nasıl dönüştüğünü ortaya koyan bir çalışmadır.

1.3 Yöntemi

Tezin kapsamında geometri tarihine kısa bir bakış olarak literatür taraması, yaratıcı tasarım sürecinin durumu üzerine literatür araştırması ve disiplinler arası kavramların tanımından mimarlık bağlamında dönüşüm kavramına bakılmıştır. İrdelenen kavramlar ile ilgili yazılmış kitaplar, bilimsel çalışmalar, süreli yayınlar ve internet kaynakları taranmıştır. Bu kavramların disiplinler arası geçişteki dönüşümü geometriye ve altlarında yatan sistemlere evrilmesi bilgisayar destekli tasarım araçları yardımıyla yazarın yorumladığı (ki bir tasarımcı olarak karar verme mekanizmasına bağlı olarak) modeller üretilmiştir. Üretilen modeller ideal tek bir model değildir, kavramın somutlaşması üzerine yazarın tasarımcı rolünün yansıması olarak değerlendirilmelidir.

2. TASARIM YÖNTEMLERİNE BAKIŞ

Tezin bu bölümünde tasarım sürecinin sistematikleştirilmesi hakkında girişimleri ve Sistem teorisinin Algısal-postmodern bakış ile ilişkisi kurulmaya çalışılır. Günümüzde tasarım yöntemleri genel çerçevede Sistematik düşünce ve Kavramsal (cognitive, conceptual) düşünce olarak ikiye ayrılır. Bayazıt (2004)'e göre "Tasarım araştırması tasarıma ve tasarlama eylemine ilişkin sistematik bir araştırma ve bilgi edinmedir" (Bayazıt, 2004, s. 4). Herbert Simon tasarım araştırmalarını ise yapayın bilimi olarak adlandırır (Simon, 1999). Yapayın bilimi tasarım bilimlerini kapsar. Tasarımda ilk olarak yeni bir yapay olgu tasarlanır ve tasarlanmış bu yapay olgunun farklı durumlarda nasıl davranış göstereceğinin ortaya çıkartılması için çaba harcanır (Kuzu, Çankaya, & Mısırlı, 2011, s. 28). Bu durumda tasarım bir sisteme bağlıdır. Bu sistem sayısal tasarım araçlarına bağlı olarak tamamen bilgisayara bırakılabilir ya da tasarımcı kendi karar mekanizmasını ve deneyimlerini kullanarak kavramsal tasarım kavramından tasarıma yaklaşır. Tez bu noktada yöntemlerin birbirinden ayrılamayacağını aksine dönüşümlü ve etkileşimli olarak tasarımcının deneyimleriyle sayısal tasarım tekniklerinin hesaplama yöntemiyle ortak bir çalışma içinde yaratımlarını gerçekleştirmesi gerektiğini savunur.

2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım: Tasarımcının Araç ve Ortamı

Dijital tasarım sadece içerik açısından gelişmeye başlamamıştır; aynı zamanda mimari tasarım düşünme biçimiyle bütünleşen bir strüktür niteliğinde tasarım ortamına adapte olmuştur. Bu tür bir düşünme biçimi olarak tasarımın strüktürü, dijital tasarım araştırmalarında teoriler, modeller ve teknikler geliştirilen bir ortamda, Bilgisayar destekli tasarım pratiklerinin, tasarımcıya yaratım sürecinde yeni olası tasarımlar sunması yadsınamaz. Araştırmacılar ve eğitmenler dijital tasarım yöntemlerinin mimarlık eğitim stüdyolarıyla birleşmesinin çeşitli eğitim modelleri sunabileceğini düşünmektedir ve eğitimde yeni keşif sahaları yaratılacağı ön görülmektedir (Oxman, 2008). Ancak bilgisayar destekli tasarımın eğitimdeki yeriyle beraber profesyonel ortamdaki tartışmaları düşünülmelidir. Dijital tasarım becerileri

ve dijital mimarlık bilgisinden oluşan bu yeni tasarım sürecinde sonsuz olasılıklar tasarımı etkilemektedir. Bu sonsuz durum tasarımcının karar verme mekanizmasıyla sınırlandırılır. "Hesaplamalı düşünce doğal sistemlerin yapısını, ilişkisel bilgi akışını ve büyüme süreçlerini incelemek, anlamak, öğrenmek ve bu bilgiyi mimari biçim üretimine aktarmak konularında mimarlığa yol göstermektedir (Erdoğan & Sorguç, 2011)."

Dijital ortamın bir araç (tool) olarak kullanımının ötesinde, mimarlık bilgisinin bir formu olarak dijital tasarım modelleri ve dijital tasarım bir ilişki içindedir (Oxman, 2008). Bu durumda araç sözcüğünün tanımına bakmak gerekir. Türk Dil Kurumunun Büyük Türkçe sözlüğünde, "araç" kelimesi "Bir iş yapmakta veya sonuçlandırmakta gücünden yararlanılan nesne" olarak tanımlanmıştır. Bilgisayar Terimleri Karşılıklar Kılavuzu İngilizce karşılığı bu terimi "tool" olarak göstermiştir. Bu durumda mimarın aracı nedir sorusu akla gelmektedir. Medeni Hukuk Terimleri Sözlüğü araç kelimesini "vasıta" olarak tanımlamıştır. Bu durumda araç tasarımcıyı tasarımın çıkış noktasından kısıtlamalarıyla birlikte sonuca götüren bir iletkendir.

Ortam kelimesi ise Türk Dil kurumunun Bilgisayar Terimleri Karşılıklar Kılavuzunda "media" ve "medium" olarak karşımıza çıkar. Oxford Sanat Sözlüğü (The Oxford Dictionary of Art) ortam (medium) için "sanatçının seçtiği ifade biçimi veya kullandığı malzeme" tanımını yapmaktadır. Serkan Yetkin(2011)'in Yüksek lisans tezinde belirttiği gibi " medium kavramını yalnızca "ortam" sözcüğü ile ifade etmek yetersiz kalmaktadır. Bunun yerine ifade biçimi, ifade ortamı, ifade aracı gibi söz dizilerini kullanmak daha anlamlı olacaktır" (Yetkin, 2011, s. 27). Biyoloji terimleri sözlüğü (1998) ortam tanımını "Bir fiilin yapıldığı ya da bir etkinin taşındığı bir araç, çevre, hava" olarak yapar. Fizik terimleri sözlüğü ise ortamı "Bir kuvvetin etkimesini ya da bir etkinin iletilmesini sağlayan özdeksel çevre" olarak tanımlar. Bir kelimenin karşılığının farkı disiplinlerdeki tanımına bakıldığında dahi yeni bakış açılarına olanak vermektedir. O zaman disiplinlerarası etkileşimli çalışma durumuna buradan bir gönderme yapmak yanlış olmaz.

Araç kavramından bahsedildiğinde akla fiziksel bir imgenin gelmesi sadece insan bedeninin yetilerini genişleten, güçlendiren bir olgu olduğu ve aracın elle tutulan somut bir nesne olduğu anlamına gelmez. Araç aynı zamanda zihinsel yetileri de genişletir (McCullough, 1998; Yetkin, 2011). Bu durumda tasarım ortamına bakışta mimarın aracı ve aracını kullandığı ortamı (medium) önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tip bir genel tanımdan sonra asıl mesele tasarımcı ve araçları ve ortamı olarak Bilgisayar destekli tasarım ve algoritmalar, günümüzde tasarımcı olan mimarın eklentisidir sonucu çıkmaktadır. Tasarımcının göremediği durumları ortaya seren bilgisayar ortamın potansiyelleri inkar edilemez. Tasarımcı kontrolleri altında olmayan ya da göremedikleri problemleri bilgisayar destekli tasarım yöntemleriyle (algoritmalarla) ortaya çıkan verilerle farklı çözümlemeler yapabilir (Terzidis, 2006).

2.2 Sayısal Tasarım ve Günümüz Mimarlığı

Günümüzde dijital tasarım modelleri üretim kapasitesini ve performansa dayalı tasarımın olanaklarını artırmaktadır. Bu durum geleneksel tasarım sürecini ve tasarım yöntemlerini değiştirmeye başlamıştır. Mimarlık tasarım ortamı kapsamında günümüzde var olan modeller, yeni kültür oluşumu ve dijital çağa geçiş sürecinde kırılma yaşamaktadır. Günümüzde de geleneksek tasarım yöntemleri ile dijital tasarım arasında ki gerilim sürmektedir. Sayısal tasarım modeli de teorik ve model arasındaki bağlantıdan oluşabilir. Yeni tasarım modeli ile geleneksel yaklaşımlar devamlılık-ayrımla, karmaşıklık-düzenle, topoloji-tipolojiyle, malzemeler-mekanla, strüktür-formla, formasyon süreci ve temsiller bakımından çatışma içindedir (Oxman, 2008; Naylor, 1985; Wingler, 1969).

CAD (computer-aided-design) ve DAD (digital architectural design) kavramları birbirleriyle karıştırılmamalıdır. CAD tasarımı kopyalayarak bilgisayar ortamına aktarır, ancak DAD tasarımla beraber ilerleyen ve tasarımcıyı asiste eden bir modeldir (Kalay, 2004). Geleneksel tasarım yöntemleri bugün merkezini kaybetmiştir, kesinlik ve sayısal kuralları sorgulanmaktadır (Oxman, 2008). Ancak DAD merkezli bir tasarım modeli tasarımla sayısal verileri birleştirerek bu kesinlik durumuna daha somut cevaplar vermektedir. Tezde üretilen modellerde DAD merkezli tasarım yönteminden faydalanılmıştır. Ancak sistemden kesin cevaplar vermesi beklenilmemiştir. Sistemin açık uçlu bir sistem olması yenilikçi oluşumları desteklemesi bu yöntemin kullanılmasında etkili olmuştur.

Tüm bu sistemlerin (parametrik oluşumun) birleşimi ya da ilişkilendirilebilir olması tasarım keşiflerinde eşsiz alanlar yaratmaktadır. Bu modeller, dijital tasarım ortamının etkisinin büyümesiyle içerik ve kullandığı araçlar arasında bir arabulucu görevi görebilir.

Disiplinler arası etkileşimli tasarımın temelinde gelişen tezde sayısal tasarım ve geleneksel tasarım (paper based design) yöntemleri birbiriyle etkileşim içinde çalışmıştır.

2.3 Sistem teorisi ve Kavramsal Düşünce Ara Kesiti

Postmodern bakışın içinde yerini alan Kavramsal tasarımın dili çoklu okunabilirliğe açık çoğul ortamlara ve muğlak metaforlar üretir, kendi düşüncelerini üretir ve ardından çürütür. Genel sistem teorisi ise bilimde geçerli olan ilkeleri inceler ve bunları keşfetmek ister. Bilimle birlikte hareket eden bir teoridir. Postmodern düşüncenin sistem teorilerine karşı duruşunun ve ilgisiz tavrının nedenlerinden biri kendi gündemine ve gücüne odaklı olmasıdır, teknolojiyi nasıl kurduğumuzla ve tabiat olaylarını nasıl analiz edip değerlendirdiğimizle ilgisizdir; çünkü postmodernizmin ilkeleri tasarımı bir yöntem veya bir sistem olarak görmez. Sembollerle ve sayılarla kendini kısıtlamak istemez (Coyne, 1995). Kavramsal düşünce süreçleri ve var olan genel geçer bilgiyi sorgular . Evrensel teorilere kuşkulu yaklaşır. Tasarım yapma pratikleri ne olursa olsun, sistem teorisi uygulanacak yöntem ve süreç üzerine konuşur. Coyne (1995) genel sistem teorisi bir yöntem olmasa dahi bu durumun zaten konuşulduğunu belirtir.

Sistematik düşünceyi tasarıma uygulamayı savunan öncü isimlerden biri Herbert Simon'dır. Tasarım süreçlerini analitik düşünme, formüllenebilir ve deneysel çalışmaların birlikte yürütüldüğü bir süreç olarak tanımlar. Bu tanımı tasarım bilimi (science of design) olarak adlandırır (Simon, 1999). Bunun yanında Heidegger bilimi varlık bilimsel (ontic study) ve düşünce (thinking) olmak üzere iki seviyede tartışır. Varlık bilimsel yaklaşımın sebep sonuç kurarak nedenlerini araştırdığından bahseder (Coyne, 1995).

Sayısal tasarımın temeli olarak Sistem teorisi bilgisayarla beraber işleyen bir yöntemdir. Tasarımcılar için yaratıcı sanal düzlemler sunmada yardımcı olur ve bunun gelişmesinde katkıda bulunur. Algoritmanın gücünü tasarımcıya sunar, bilinmedik aralara girer ve bu muğlak yerlere ışık tutar. Bilgisayar destekli tasarım birçok disiplinde kullanıldığı gibi mimarlıkta da kullanılır. Malzemelerin test edilmesinde, taşıyıcı sistemlerin testlerinde ve dayanım gücü gibi birçok alanda kullanılır. Bu demek değildir ki mimarlık sadece bir bilimdir. Mimarlık bilimin eklentilerinden yararlanır ve bu sistemler teorileri test etmek için bir zemin hazırlar.

Sistem teorisi parametrik düşünme biçiminin temel ögelerini barındırır. Bu anlamda günümüz tasarım pratiklerinin çatışması, kavramsal (conceptual) tasarım pratiğinin ve sistem tabanlı tasarım yöntemlerinin arasındaki yöntem ilişkisine bakmak disiplinlerin içindeki farklı yöntem kullanımlarını birleştirmede ve eş zamanlı birbirinden yararlanan yöntemler üretmek açısından ufuk açıcıdır.

Tasarım tartışmalarını çıkaran nokta; yöntem, teori (kuram) ve model arasındaki gerilimdir. Descartes yöntemin (method) doğruya ulaşmak için bir süreç olduğunu ve bu süreci takip eden en basit formülün analiz, sentez ve düşünmek olduğunu savunur (Coyne, 1995). Platon ise, deneysel hiç bir veri içermeyen, tamamen akılsal kavramlara ve onlar arasındaki tümden gelimli çıkarımlara dayanan disiplinleri bilim olarak kabul etmiştir.

Coyne (1995) sistem teorisini şu örnekle açıklıyor; su dalgalarının gözlemlenerek ses dalgalarını anlamak için bir araç olarak kullanılabilir veya bu durum tamamen formüllerle de açıklanabilir. Işık dalgalarının açıklanmasında, su dalgalarının sesin yansımaları için bir model oluştururken, bu sürecin devamı da ışığı açıklamak için bir model oluşturabilir. Bu örnekte, benzerlik (analogy) kavramı devreye girer. Su dalgalarını gözlemlemek ses ve dalgalarının hareketi arasında bir benzerlik kurmamızı sağlar ve dalgalar daha tanıdık bir doğa olayıdır. Dolayısıyla bu iki durumu ilişkilendirerek sesi daha kolay anlarız. Bu durumda disiplinler arası kavram geçişleri, her bir disiplinin faklı kavramlarıyla birbirini destekleyerek yeni yaratımları anlamada yardımcı olabilir.

Sistem teorisi analiz, sentez ve değerlendirme olmak üzere üç kavramla II.Dünya savaşına kadar üretilen tasarım ilkelerini süreç ve ürün bağlamında meşgul etmiştir. “ Problemi tanımla, çözüm ara ve sonucu geliştir”. Sistem teorisi üretim kavramıyla yakından ilişkilidir. Descartes’a göre sentez, sonuçların test edilmesi ve tartışma yaratan teorinin elementlerinin parçalanıp yeniden bir araya getirilmesi (yeniden birleşim) ile oluşur (Coyne, 1995). Bu durumda üretken sistemler bir yöntem olarak ortaya çıkar. Birbirine eklemlenen, dış parametrelerle ilişkilendirilebilen ve yeni oluşumları ortaya çıkaran bu sistemi Aristotle şehirlerinde bu tip bir eklemlenme ve üretken sistemler üzerinden gelişmesini ortaya koyar (Coyne, 1995). Bu durum yeni bir model oluşturma ve kuralların yeniden yazılması, hatta dil değiştirmesi demek olabilir.

Sistem teoremcileri üretken sistemleri ve üremeyi "puzzle"ın ya da bir oyunun sebepli tanımı olarak görürler. Bu arada oyunu kazanmak için kurallı hareketler, net bir başlangıç noktası ve amaç vardır. Coyne (1995) bu durumun tam tersine tasarımı kötü tanımlı (ill-defined) problem olarak sınıflandırır. Tasarım süresince amaç değişebilir, başlangıç ve bitiş noktaları yerinden kayabilir. Üretken sistemler tasarımın benzemezlik kuramıyla bu "hastalıklı problem çözüm modelinin" (wicked problem-solving model) kusurlarını açığa çıkarmıştır; fakat iki yönlüde artılar ve eksiler mevcuttur. Bir tasarım yöntemi diğer bir yöntemi tamamıyla çürütemez.

Bazı problemler algoritma ile çözülemezler, ya yöntem hastalıklı tanıma sebep olur (ill-defined) ya da, çözüme götürmesi için tüm gerekli olan bilgiler tanımlı değildir, bu süreçte deneyime dayalı (heuristic) sistemle ilerlenebileceği düşünülür (Terzidis, 2006). Bu noktada ise deneyime dayalı sistemi, algoritmanın çoğul ve tekrar eden varyasyonları ile birleştirileceği düşünülebilir. Bazı kuramcılar, deneyime dayalı sistemi algoritmadan ayrı olarak düşünseler de aslında alt kümelerinde yatan öz yine tasarımcının karar verme mekanızması ile ölçülür.

Bilgisayar ortamında tasarımdan ve algoritmadan ayrı olarak tutulan sezgi, hayal gücünün ve yaratıcılığın ana kaynağı olarak görülür. Bu durumda ilhamın kaynağı olan sezgi ve mantıkla olan gerilimleri göz önünde bulundurulduğunda keyfi, belirsiz ve tanımsız olarak öne çıkan tasarımın, problem tanımından uzaklaşabileceği düşünülebilir (black box theories) (Terzidis, 2006). Ancak sezgilerinden uzak bir tasarımcı bu süreci tamamen mantığa, sayıya ve ihtiyaç listesine göre gidilen bir tasarım sürecinde tamamen çözüm odaklı olan mühendis ve bilim adamlarından farkı kalır mı? O zaman sanatçı, tasarımın bir kalemi olarak mimarlık ve rasyonel meslekler arasındaki bu belirsiz durum nasıl tanımlanmalıdır?

Richard Coyne ise Kavramsal modelleri genel bir okumada hastalıklı tanımlı (ill-defined) modeller olarak tanımlar. İnsan algısı, deneyimleri ve karar verme mekanizması ile şekillenir. Açık bir şekilde ifade edilirse, tasarım insanın muhakeme yeteneği ve deneyimleri sayesinde problem çözme stratejisini geliştirmesidir (Coyne, 1995). Bu tanım okumanın genel bir yorumu olarak ele alınabilir. Daha önce yaşanan olaylar, anılar ve yaşamdaki durumumuz geri çağrışımlı olarak tasarımda karar verme sürecini etkileyebilir. Birçok tasarım modeli amaç odaklı olup ve bu amaçta ilerlemeye dayanır. Ancak tasarımın bir süreç olduğunu ve amacın bu süreçte değişen, dönüşen ve gelişen bir yapı sergilediğini gözden kaçırmamak gerekir.

Sayısal tasarım ve disiplinler arası kavram alışverişi tasarımın baskın bir yöntemi olarak ortaya çıkar. Tasarım bu yöntemle daha çoğul bir ortama girebilir ve ufuk açıcı birçok fikri doğurabilir.

Bilimde modeller, benzerlik ve benzemezlik tanımlarıyla sürekli bir dönüşüm ve değişim içindedir. İnsanoğlunun gelişim sürecinde farklı modeller ve yöntemler tanımlanacaktır. Üretim yapıldıkça ve tasarım kavramı var oldukça problem ile tasarım modelleri arasında mutlak bir gerilim olacaktır. Bu gerilimlerle, dinamik bir zeminde çeşitli üretimlerin yapılması, tasarım ile yaşamın ihtiyaçlarını karşılama durumu birbirine daha çok yaklaşabilir.

2.4 Disiplinler Arası Etkileşimli Çalışma

Mimarlık tasarım disiplinlerinin birçok dalı gibi disiplinler arası bir çalışma ile gerçekleşir. Yapının üretiminde geometri ve akıl ilk formu oluştururken mühendislik disiplinleri formu rafine hale getirip ayakta kalmasını ve binanın mekanik işleyişini sağlar. Ancak tez kapsamında farklı bir disiplinler arası çalışmadan söz edilecektir. Yapının ya da bir obje üretiminin hayata geçmesi ve bunun için disiplinlerin etkileşimli çalışma sürecinden ziyade tasarımcının ilk eskizi çizmeye başladığından itibaren gelişen akılsal bir disiplinler arası etkileşimden bahsedilmiştir. Tasarımcı disiplinler arası kavramların geçişiyle sayısal tasarım kapsamında yaratıcı üretimleri nasıl gerçekleştirir ve bu üretimler kendini biçimde nasıl somutlaştırır soruları biçim meselesi üzerinden okunacaktır.

M. Belek (2013)'e göre tasarımcı "Çağımızın tasarım yöntemi olması gereken sayısal tasarımın keşfedilmemiş potansiyellerini ortaya koymak için kendi meslek sınırlarının dışına çıkıp meslekleraresında kalan bilgi dağarcıklarını keşfetmelidir" (Belek, 2013, s. xix).

Tasarımcı olarak mimar kendi disiplininde sıkışmadan yeni yaklaşımlar sergilemek için hevesli ve araştırmacı olmalıdır. Müge Belek (2013) doktora tezinde "mimarlıkötesi" kavramından bahseder. Bu kavram "displinlerötesi" kavramının karşılığı olarak kendini gösterir. Tasarımcı kendini katı disiplin kurallardan sıyırmalıdır ancak bu sayede yeni bir bakış açısıyla disiplinine ve yeni yaratıcı sürece doğru bir akışkanlık gösterebilir. Tez kapsamında temel vurgu "disiplinlerötesi" kavramı kadar iddialı bir söylem olmamakla beraber disiplinler arası yaratıcı düşünce

akışını tetiklemektir. Bir disiplindeki kavram başka bir disiplinde yer edinebilir. Bu yer edinim, kendine yer bulma durumu, disiplinler arası kavram geçişinde dönüşüme uğraması kaçınılmazdır. Bir kavramın başka bir disipline geçmesi kavramın dönüşümünü yaratıcı tasarım sürecine ve bu sürecin algoritmasındaki etkileri gözlenebilir.

2.4.1 Üretken ve bütünleşik tasarım

Üretken tasarım sistemlerin mimari tasarım sürecinde kullanılması, sayısal kapasitesiyle tasarımcıları destekler ve tasarım sürecindeki ara geçişleri otomatikleştirmesi yönüyle sistemin bir parçası haline gelir. Tasarım sürecinin bilgisayarın gücünden yararlanılarak desteklenmesi verimi artırmanın dışında, zaman kaybının önlenmesi, maliyetin azalması ve insan gücü konularında tasarruf yapılması gibi birçok yarar sağlamaktadır. Bu bölüm birden çok üretken tasarım sistemleri arasındaki ilişkileri irdelemeyi amaçlar ve bir tasarım problemine yaklaşımda nasıl bir arada kullanılacağını tartışır. Bununla beraber, var olan üretken tasarım teknikleri, tasarım gereksinimlerini daha iyi nasıl karşılar, tasarım araştırmalarını ve bu süreçteki yaratıcılığı nasıl destekler, sorularının cevaplarını arar.

Genel olarak tüm üretken tasarım teknikleri sonlu bir kural seti veya işlemciye bağlı olarak belirli bir eleman setine sahiptir. Sayısal tasarımın geniş bir çözüm uzayı yarattığı düşünülmelidir (Singh & Gu, 2012).

Tasarım bilgisi ve üretken tasarım sistemleri çerçevesinde bilginin, tasarımcının ve tekniğin arasında bulunan gerilimli dinamiklerin açığa çıkarılması gerekir. Singh, Gu(2012) tasarımın gelişen bir süreç olduğundan bahseder. Sıklıkla tasarımcı tasarıma hastalıklı olarak tanımlanmış bir problem (Terzidis, 2006) ile başlar ve problem ve çözüm işbirlikçi bir biçimde birbirini desteleyerek geliştirerek bu sürece devam eder. Bu sürecin tanımlı ve karar verici kavramları ile olan ilişkisi tasarım amacının yönünü ve sonucunu değiştirebilir. Dijital tasarım yöntemleri tasarım sürecindeki amaçların asıl amacından sapma durumuna açıklık getirerek asıl tasarım problemine yönelik süreci başlatır. Geleneksel tasarım yöntemine zıt olarak tasarımcıyla etkileşim halindedir. Dijital tasarım yöntemleri tasarımcıyla kavram çalışmaları ve problemin içeriğiyle ilişki kurar ve anahtar kelimeleri ortaya çıkarmada mimara yardımcı olur. Oxman (2006) dijital tasarım yöntemlerinin geleneksel yöntemlere göre tasarımcıya daha serbest formlar sunduğunu

savunmaktadır (Oxman, 2006). Bu bağlamda bu yöntem sadece tasarımcıyla serbest formlar arasında bir bağ kurmaz aynı zamanda, türeyen tasarım mekanizmalarıyla beraber işbirliği sağlayarak temsilleri yaratır. Geleneksel tasarım yöntemlerine göre matematiğin ve algoritmaların temelinde bu süreci ve sonuç ürününü daha net açıklar. Sonuç olarak birçok üretken tasarım sistem teknikleriyle ilişki kurup, gelişen ve modifiye edilen bir süreç olarak tasarımcıya yön verir (Singh & Gu, 2012).

Oxman (2006) etkileşimli ve birbiriyle entegre olabilen bütünleşik üretken sistem kurulmasının tasarımcıya değerlendirme sürecinde, temsilde ve üretken süreçte alternatif yorumlar sunacağı görüşündedir. Bu aşamada tasarımcı uygun üretken sistemini oluştururken tasarım problemine ve sistem gereksinimine en uygun üretken sistemi seçebilir, tasarım aşamalarını yeniden tanımlayabilir, farklı aşamalarda farklı teknikler ve tümevarım temelli bir yaklaşım kullanabilir (Singh & Gu, 2012). Tasarımcı tüm bu noktaları göz önünde bulundururken bu işleyişi tek bir sistemde bulamayabilir. Bu durumda birçok üretken sistemin entegre edilmesi veya farklı aşamalarda kullanılması gerekebilir.

Üretken Sistemlerin entegre edilerek bütünleşik bir üretken sistem oluşturma, tasarımcıya problem çözümlerinde daha esnek bir ortam sağlayabilir ve yeni tasarım uzayları keşfedilebilir. Bütünleşik üretken tasarım sistemleri, tasarım araştırmalarının yapılmasını destekleyebilir ve tasarım problemlerine farklı açılardan bakarak esnek bir tasarım anlayışı sunabilir.

Evrimleşen, bütünleşen ve ilişkili sistem yöntemleriyle geliştirilecek tasarım sistemleri tasarımcı rolünü mimardan almak yerine mimarlara katkıda bulunabilir. Üretken tasarım sistemleri mimarla olan ilişkisiyle beraber tasarımın gelişmesinde bir başlangıç olabilir, farklı açılardan tasarımı destekleyebilir ve tasarım araştırmalarını, keşiflerini farklı yollarla arayabilir.

2.4.2 Disiplinlerarası kavramların biçimleşmesi: geometri ve sistem kurma

Üretken sistemler içindeki geçişin (Bütünleşik tasarım sistemi) yeni tasarım araçları üretmedeki etkisi kaçınılmazdır. Bir disiplinin içinde bulunan farklı sistemlerden etkilenme ve bunları birleştirme durumu yaratıcı süreci ve bu süreçteki problem çözme durumunu etkiliyorsa, disiplinler arası kavram etkileşimi yaratıcı modellemeyi nasıl etkiler sorusu sorulmuştur. Bu bağlamda disiplinler arası etkileşimin günümüz mimarlığında nasıl sıçramalar yaratabileceği göz önünde

bulundurulmalıdır. Farklı bir disiplindeki kavramı anlamak için kavramı biçimleştirmek ve geometriye bağlamak kavramı anlamada yaratıcı bir teknik olarak görülmüştür.

Tezin ilerleyen bölümlerinde ele alınan disiplinler arası kavramların tasarım ve mimarlık disiplinleri arasındaki etkileşimini görmek için yazar kafasındaki kavram oluşumlarını modeller üreterek ortaya koymuştur. Bu üretim sürecinde yazar bilgisayar destekli tasarım araçlarından faydalanmıştır.

Süreçte, önce kavramları kendi disiplininde anlama. Sonra kavramların mimarlık disiplinindeki yeri ne olabilir sorusu sorulur. Kavram ilk olarak geleneksel tasarım yöntemiyle ele alınır, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla sistematikleştirilir ve programların yardımıyla temsil edilir. Sonuç üründe dönüşümler teorisi sistemin strüktürünü anizotropi kavramı ise kabuğunu oluşturur.

3. KAVRAM, GEOMETRİ VE MALZEME ÜZERİNDEN FORM ÜRETİMİ

"Biçim işlevi izler." İşlev 19. yüzyılda, Louis Sullivan tarafından ortaya konulan bir tasarım söylemidir. Ancak günümüze baktığımızda bu söylemin bireysel bir söylem olarak kaldığı söylenebilir. Bu konu üzerine fikir ayrılıkları vardır. "Peki ama biçim, işlevi değilse neyi izler" (Moussavi, 2006, s. 7). Matematik, biyoloji ve bilgisayar teknolojileri gibi disiplinlerde işlev çeşitli girdilerle, tek bir çıktı yani biçim verir. Mimarlıkta fiziksel öğeler, iklim, ekonomi, çevre dokusu gibi çeşitli girdiler bir arada çalışarak biçimi -formu- oluşturur. Tez kapsamında ise biçimin geometri kurma, malzeme ve kavram üzerinden ilerlemeleri incelenecektir. Tezin son bölümünde ise kavramın biçime dönüşme süreci modellerle, deneysel çalışmalar niteliğinde sunulacaktır.

3.1 Form Üretiminin Dili Olarak Geometri Kurma

Form (biçim) kelimesi Türk Dil Kurumunun Büyük Türkçe Sözlüğünde "Bir nesnenin dış çizgileri bakımından niteliği, dıştan görünüşü, şekli" olarak karşımıza çıkar. Atilla İlhan TDK'nin verisine göre "biçimi" "Herhangi bir şeyin benzeri, sanat ve edebiyat eserlerinde dış görünüş, "form" olarak tanımlar. Bilişim Terimleri Sözlüğü (1981) ise "Verinin önceden düzenlenmiş görünümü. Bilgisayar belleğinde ya da izlencede, giriş-çıkış tutanaklarında ya da veri iletişimde bilgilerin gösteriliş düzenini belirleyen yapı" olarak tanımlar. Bu durumda biçimin bir kavramın dış görünüşü, geometrisi ve fiziksel plastik yapısı olarak karşımıza çıktığı düşünülebilir. Güzel Sanatlar Terimleri Sözlüğü (1968) "biçimi" "şekil" olarak açıklar "Resim, heykel ve mimarlıkta yapıtın yapı bakımından tüm kuruluşu. Bir rengin, çevresi belirli durumu." Form (biçim) üretimi dış estetiğe bağlı, madde olarak somutlaşan ve kavramı şekle sokan bir olgudur. O zaman form üretiminin temelinin geometriye dayandığı açıktır.

"Şeylerin formu, onların oluşlarının ilkesi olan dolayısıyla almaya çalıştıkları son biçimdir." (Yılmaz, 2013, s. 226). Aristoteles ise biçimi form olarak açıklar. (Aristoteles, 2014). Batı dillerinde, "form" olarak geçen kelime Yunancada

“morphe” olarak karşımıza çıkar (Zoga, 2013, s. 305). Aristoteles (2014) form ve biçim tanımını bu temel anlamıyla “morphe” olarak yapmıştır. Yunancada “morphe” yalnız göze hoş görüneni belirtmek için kullanılır. Azra Erhat ise formu göze hoş görünenin kendisi olduğunu güzelin karşıtının ise biçimden yoksun olduğu için çirkin olduğunu belirtir (Erhat, 1996; Yılmaz, 2013). Biçime girmemiş bir olgu, algı ya da kavramın insan aklı ile algılanması bulanıktır. Dünyada her varlık bir form, biçim içinde kendini ifade eder ve algılanabilir olur. Geometri ise insanoğlunun biçimi görmesi ve görünen şeyin algılanması için bir araçtır. Geometri formun matematikle açıklanması olarak ele alınabilir.

Tasarım geometrinin temel öğelerinden yola çıkıp ve bunları kendi kuralları temelinde, çizimi yaşayan bir dil olarak kullanır. Dilin yazım şekli zaman geçtikçe gelişebilir ve yerini yeni kelimelere bırakabilir ancak dilbilgisi kuralları sabittir ve bu temelle açıklanır. Bütün dil verileri ancak dilbilgisi temelinde açıklanabiliyorsa, tasarımın dili olan çizimin temeli ne olabilir? Bu sorunun cevabı geometri kurmak (tasarlamak) olabilir. Geometri kurmak Platon’un şu cümlesinde geçen anlamdadır: Ai o teos geometrei-Tanrı daima geometriler kurar (Dönmez, 2012). Bu anlamda geometriler kurmak- tasarlamaktır. Geometri kurmaya dair temel kavramlar kaos, fraktal, oranlar, doğal süreçlerin yapısı ve simetri-dengedir (Çakmak, 2011).

Tüm bu süreçte geometrinin evrimi ve parametrik tasarım sürecinin temellerine doğru akışkanlık aranmıştır. Çalışmanın bu bölümünde geometri kurma, fraktal geometri ve dönüşümler teorisi ana başlıkları altında genel olarak geometrinin doğanın oluşumunu çözme çabası incelenmiştir. Mimari Tasarımda parametrik yaklaşımlar ve üretken sistemler konularına girmeden önce ki temel kavramsal çalışma niteliğindeki araştırmanın bu bölümü öncelikli olarak geometrik süreci farklı teorilerle anlamada yardımcı olmuştur.

3.1.1 Kaos

Günümüzden yaklaşık 2500 yıl önce, Thales, Pisagor, Öklid, Aristo, Arşimed ve başka bilim adamlarıyla başlayan ilim atağı, MS 10 ve 12. yüzyıllarda Fargani, Ömer Hayyam, Harizmi ve daha başka ilim adamları ile devam etmiştir. 16. yüzyıldan itibaren Galileo, Descartes, Leibnitz ve Newton gibi bilim adamları, fizik ve matematiğin bugün kullanılan kurallarını sağlam temellere oturtmuşlardır. 19. yüzyılda atom, fiziğin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Bohr, Rutherford

ve Einstein gibi birçok önemli bilim adamı Nükleer Fiziğin temellerini kurarlar. Ancak fiziğin bu olayları açıklamadaki becerisi eksik kalmaktadır. Newton fiziği, matematiği, Öklit geometrisi yeterli olmamaktadır; bu anlamda konuya Einstein'in Kuantum fiziği ve matematiği çözümlemelerde kendini ortaya koymuştur (Çakmak, 2011). Birçok doğa olaylarının, okyanusun dalga hareketlerinin, kalp ritmindeki düzensizliklerin, vadilerinin oluşumlarını, bulut oluşumlarını, galaksi oluşumlarının, sigara dumanının önce düzgün yükselmesi ve sonra dumanın belirsiz bir şekilde karmaşıklaştığının ve daha pek çok olayın klasik fizik yasaları ve öklit geometrisiyle çözümlenemeyeceği anlaşıldı. Ortada düzenden düzensizliğe geçen bir durum vardı. Bu düzensizliğin adı Kaos'tu (Çakmak, 2011).

Klasik geometri ve matematik yaklaşımında bir noktanın, bir eğrinin, üç boyutlu da olsa bir şeklin tek bir konumu vardır. Bu konum Kartezyen koordinat sisteminde gösterilebilir. Ancak kaos için oluşturulmuş sistemde, tek bir girdi ile sonsuz denebilecek çıktılarla şekiller oluşur. Bu durumla anlaşılır ki doğa ve sahip olduğu geometri dinamik ve hareket halinde dönüşen bir yapıya sahiptir. Değişken sistemlerin anlaşılması klasik matematik ve geometri sistemleri ile mümkün olmadığı için yeni bir sistem arayışına gidilmiştir. Bu sistemlerin arayışında en büyük destek bilgisayarlar olmuştur (Çakmak, 2011). 1960'lara gelindiğinde fizikçiler düzensizliğin ve karmaşanın içinde düzen ve simetriyi fark etmişlerdir. Edward Lorenz, kaos konusunda en başta yerini almıştır. Lorenz bulutların oluşumu ve şekilleri dikkatini çekmiştir, fırtınaların hareketlerini incelemiş ve hiçbir zaman hareketlerin birbirlerini tekrarlamadığını fark etmiştir. Lorenz ve onun kelebek etkisi adını verdiği yaklaşımla Şangay'daki bir kelebeğin kanat çırpıntılarının, New York da fırtınalara dönüşebileceğini söylemesiyle, sonsuz küçüklükte ihtimallerin, şartlar müsait olursa çok büyük sonuçlar doğurabileceğine işaret etmektedir (Çakmak, 2011).

Lorenz akışkanlardaki ısı iletişimlerinde kaos kavramını göstermiştir. Bu durumu açıklamak için bir kap içinde sakin duran akışkanın ısıtarak girdaplar halinde dönmesini sağlamıştır. Akışkan ısıtılınca önce düzgün girdaplar halinde döner, ısı yükseldiğinde düzen bozulur ve karmaşa başlar. Olayda bir molekülün, üç boyutlu uzayda hareketi gösterilmiştir (Çakmak, 2011). Hareketin iki taraflı olması sağa ve sola eğrilerin çizildiğini gösterir (Şekil 3.1). Sarmaldaki düzgünlük, akışkandaki

karmaşa hareketi olduğuna göre, düzensiz bir akış hareketinin içinde düzenli bir sarmalın varlığı ilginçtir.



Şekil 3.1 : Lorenz Çekicisi, (URL-1).

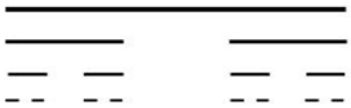
3.1.2 Fraktal geometri

Kaosun, karmaşanın içinde düzenin bulunduğu gerçeğinden sonra bu düzenin açıklanması gerekir. Bu alanda Benoit Mandelbrot önemli bir yere sahiptir. Kaos fiziği, kaotik olaylar ilgi alanında olan Mendelbrot, düzensiz görünen sistemlerin içindeki düzenleri, sonlu mekanlardaki sonsuzluğu (bir kap içindeki akışkanın sonsuz olasılıkları), sonsuz mekanların, ki burada gök yüzü hareketlerinden bahsetsek yanlış olmaz, sınırlarını merak eder (Çakmak, 2011). Bu durumun üzerine Mandelbrot (1975) fraktal geometri kuramını ortaya koyar. Fraktal kavramı "kırılma, bölünme" anlamına gelen "fractus", İngilizce ve Fransızcada "fracktion" olarak kullanılan kelimeden türetilmiştir. Latince fiil olarak "frangere" yine kırılma demektir (Mandelbrot, 1977). Fractus kelimesini Mandelbrot aynı zamanda düzensiz olarak da kullanıldığını belirtir. Öklit geometrisindeki soyutlanmış şekillerin kusursuzluğunun, gerçekle ilgisi olmadığını; dolayısıyla bu geometri ile de gerçeğin ifade edilemeyeceğini ortaya koymuştur. Gerçek ise görünüm, şekilsizliktir, dağlar, bulutlar ve denizler gibi. Bu fenomenlerde bir oran görünmez, ilk anda görünüm bir kaostur. Bu düzensizliğin içinde bir düzen vardır, fraktal geometride bu düzenin geometrisidir. Çakmak'a göre (2011) " Temelde, canlı, cansız bütün varlıkların biçimlenmesi cansız varlıklarda bağımsız özgür, canlı varlıklarda organik olarak birbirine bağlı, birbirinin benzeri ve hatta kopyası, gittikçe küçülen veya tersine büyüyen, parçalardan meydana gelmiştir"(s. 25). Burada 3.2 D'arcy Thompson Dönüşümler Teorisi bölümüne atıfta bulunabiliriz. Bu parça kısımların birleşmesi varolanı oluştururken bütünün parçalanması diğer bir var olma biçimidir. Fraktal

Geometri matematiksel alt yapısıyla derin incelenmesi gereken bir konudur. Tez kapsamında geometrik sürecin incelenmesi açısından genel tanımlamalarla konu ele alınmıştır. Mandelbrot'tan önce, adı fraktal olmayan ancak matematikçilerin kurdukları sistemlere bir bakış olarak genel bir araştırma yapılmıştır.

3.1.2.1 Cantor tozu

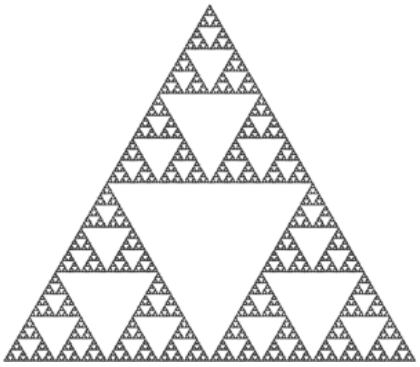
Mandelbrot'tan önce matematikçi George Cantor adının fraktal geometri olmadığı ancak bu geometriyi tarif eden Cantor tozu çalışmasını yapmıştır. Bu çalışmada bir sınırlı doğru parçası alınır, bu doğru parçası üç eşit parçaya bölünür. Bölümden sonra ortadaki parça çıkarılır ve kenarlarda kalan iki parça, aynı şekilde üç eşit parçaya bölünür ve ortada kalan parça çıkarılır (Şekil 3.2). Bu işlem sonsuza kadar devam ettirilebilir ve sonsuz sayıda sonsuz parçalar olarak kalır.



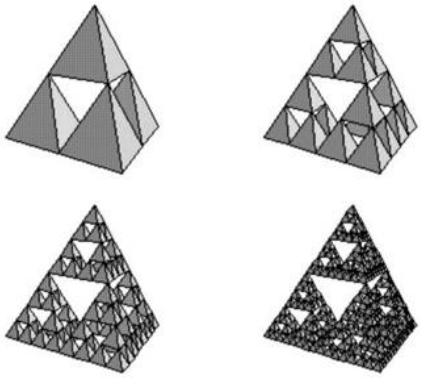
Şekil 3.2 : Cantor tozu, (Çakmak, 2011).

3.1.2.2 Sierpinksi üçgeni

Sonlu bir mekanın sonsuz sayıda elementlere ayrılması işlemini temsil eder (Çakmak, 2011). Sirpinski Cantor'un tek boyutta yaptığı işlemi iki boyutta bir eşkenar üçgende gerçekleştirmiştir. Bir eşkenar üçgen önce dört eşit eşkenar üçgene ayrılır, ortadaki üçgen çıkarılır, geri kalan 3 üçgen aynı şekilde dört eşit üçgene ayrılır ve süreç bu şekilde devam eder (Şekil 3.3). (Şekil 3.4)'de ise bu durumun üç boyutlu piramitte uygulanmasını gösterir.



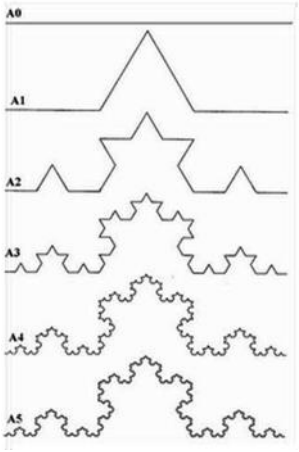
Şekil 3.3 : Sierpinski üçgeni, (URL-2).



Şekil 3.4 : Sierpinski üçgeni 3D, (Dickau, 1996).

3.1.2.3 Koch eğrisi

Bir sınırlı doğru, dört eşit parçaya bölünerek kırıklı bir doğru üretilir. Bu kırıklı doğrunun bir kenarı çıkarılarak yerine 1/3 oranda kırılmış doğrulardan iki eşit doğru daha eklenir (Şekil 3.5). Bu işlem sonsuz sayıda devam edebilir. Burada da sonlu bir mekanda sonsuz uzunlukta eğri elde edilir (Çakmak, 2011).



Şekil 3.5 : Koch eğrisi, (Koçak, 2014).

Bu yöntem sahillerin kıyı uzunluğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Bu kullanım sınırlı bir boyutun aslında sınırsız olduğunu gösterir. Parçalar küçüldükçe kesin uzunluğu yakalarken, kesinliğin nasıl sınırlandırılacağı tartışmalı bir konudur.

Fraktal boyutlar öklit geometrisindeki boyut algısından farklıdır. Öklit geometrisinde tüm boyutlar tam sayı ile ifade edilir. Bir doğrunun boyutu birdir, bir karenin boyutu iki, bir kübün boyutu üçtür. Ancak koch eğrisinde iki nokta arasında sonsuz uzunlukta olması nedeniyle bir doğrunun ötesine gitmektedir. Bir taraftan düzlemi

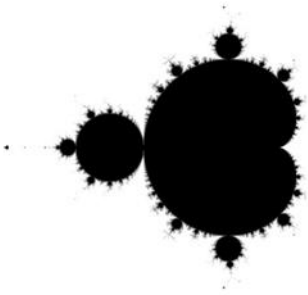
de tam olarak dolduramamaktadır. Bu anlamda Koch eğrisinin boyutu bir ile iki tam sayıları arasında yani kesirli bir sayı olmalıdır. Koch eğrisinin boyutu 1.26'dır (Koçak, 2014).

Mandelbrot, kendinden önceki matematikçilerin kurdukları bu sistemleri, kendi kurduğu fraktal sisteme yakın bulur, ancak fraktal geometriyle tam bir ilişkisi olmadığını düşünür. Kendi kurduğu fraktal sistemde hedefi karmaşık olayları açıklayabilmektir. Bütünüyle kaotik görünen bir olayın, daha küçük fraktal bölümlerde, genellikle netlik kazandığını dolayısıyla daha açıklanabilir hal aldığını görmüştür. Fraktal geometrinin özelliği olarak, küçük bölümlerdeki açıklanabilir olaylarla geri bütüne dönebilmiştir (Çakmak, 2011).

3.1.2.4 Mandelbrot kümesi

"Her bir ayrıntı, bütünün daha küçük kopyasıdır" (Çakmak, 2011, s. 29).

Fraktal sistemlerin geometrik anlamda temsil edilmesinde en büyük yardımcılardan biri bilgisayardır. Bilgisayar sistemlerinin bu tip bir geometriyi oluşturmadaki durumuna "Mandelbrot Kümesi" temel örnektir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Mandelbrot kümesi, (URL-3).

3.1.2.5 Doğada fraktal

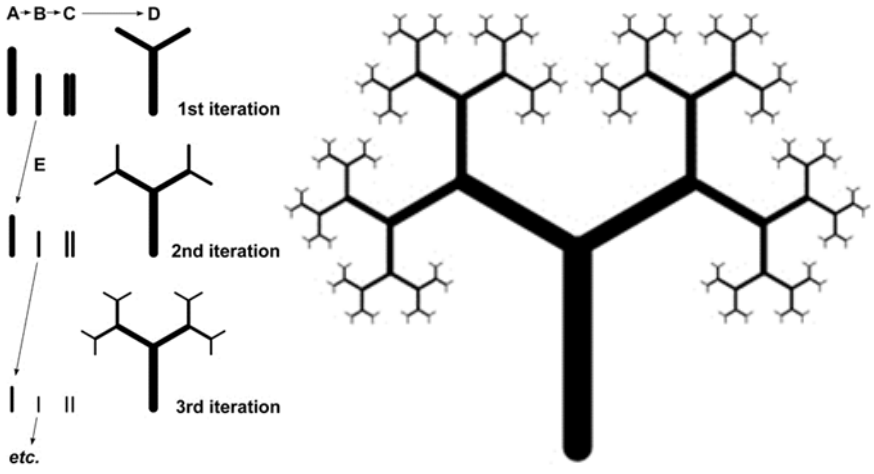
"Doğa matematikçilere oyun oynuyor" (Mandelbrot, 1977).

Mandelbrot niçin geometri "soğuk"(cold) ve "kuru"(dry) olarak tanımlanır sorusu ile fraktal geometriye giriş yapıyor. Bulutların, sahil şeritlerinin, dağların ve ağaçların şekillerini (geometrilerini) tanımlamakta geometrinin yetersiz kalmasından bahseder. Bulutlar kürelerden oluşmaz, dağlar konik geometri değildir, sahil şeritleri daireden oluşmazlar. Öklit geometrisi ile karşılaştırıldığında doğa düzensiz ve parçacıldır (fragmented) (Mandelbrot, 1977). Doğanın işleyişi ilk algıda basit olarak görünebilir.

Ancak doğa sadece yüksek derecede bir basitlik sunmaz, başka bir düzeyde karmaşıklık da sunar. Doğada sınırlı bir konu ya da bölgede araştırma yapılsa bile sunduğu biçimler ve sistemler sonsuzdur.

Fraktal geometri şu ana kadar saklanmış dünyanın saf plastik güzelliğini, klasik matematiğin bir bakıma öklit geometrisinin sert, ciddi ve resmi yönünün kapattıklarını açığa çıkarır. Klasik matematik, öklit geometrisinin düzenli ve steril yapısına dayanır. Newton bu klasik matematiğin dinamiklerini genişletmiştir, ancak 19. yüzyılda matematikçilerin hayal gücü eksik kalmaktadır; fakat doğanın hayal gücü sınırsızdır (Mandelbrot, 1977).

Fraktal geometri 20. yüzyılın katı matematik kurallarının uygulamalarına takılmaz. Cantor, Koch, Sierpinski gibi bilim adamlarının çalışmaları (bu çalışmalar önceki bölümlerde açıklanmıştır.) doğayı tam olarak yansıtmaz ancak, doğayı anlama girişimine yaklaşan örneklerdir. Koch eğrisi, Cantor tozu parçalanmış düzenli eğrilerdir. Temelinde öklit fraktalleri olarak açıklanabilir. Öklit fraktellerine örnek olarak bir ağaç fraktal yapıda ifade edilmiştir. Bir doğru parçası 120 derecelik açılarla ½ oranla küçülerek doğrunun ucuna eklenir. Bu durum her doğru parçasının ucuna eklenerek devam eder (Şekil 3.7).

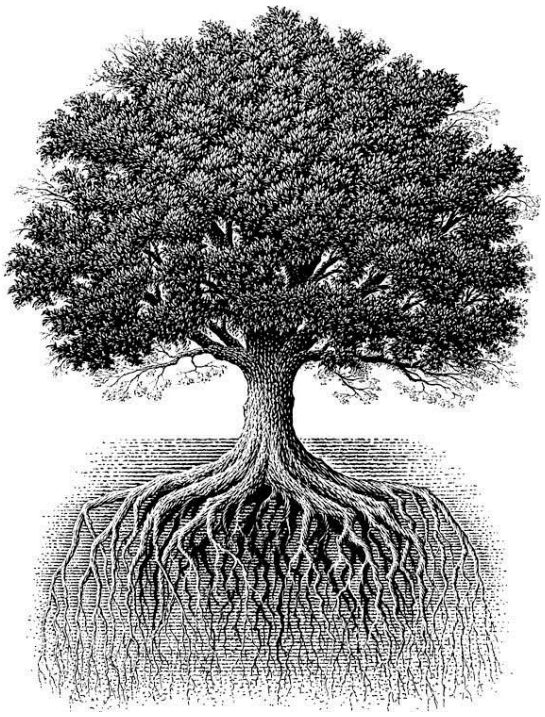


Şekil 3.7 : Bir ağaç geometrisin öklit fraktelleri ile gösterimi (Kurakin, 2011)

Doğada ki fraktaller, Ağaç iskeleti, düzensiz ve homojen olmayan (nonuniform fractals) fraktallerdir (Mandelbrot, 1977). D'arcy Thompson'a göre " Bir ağaç hacim ve alandaki izafi değişiklikleri belirleyen basit fizik kuralları tarafından yönetilir" (Mandelbrot, 1977, s. 160). Öklit çerçevesinde doğal geometriler, alanlar ve hacimler ölçülemez ve kıyaslanamaz. Göreceli değişikliklerin öklidin kesin ve tam sayı

boyutlarıyla örtüşmediği açıktır. Bu anlamda ağaç geometrisinin temsili olarak doğanın problemi bu anlamda fraktal bir sorundur. Bu anlamda doğadaki geometrilere genel bir bakış üretken sistemlerin ve sayısal tasarımın temellerini görmek için faydalı bir yaklaşım olabilir.

Bir ağaç yerüstünde ve yeraltında gelişir. Gövdeden başlayarak küçülen dallarla en uçta ise yapraklarla ağaç yerüstünde kendi şeklini alır. Yeraltında ise yerüstünde olduğu gibi ana kökler gittikçe küçülür, incelerek ve yayılarak suya ulaşır (Çakmak, 2011). Burada durum eksen olarak simetriktir. Oluşum ise fraktal yapıyı temsil eder (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Meşe ağacı, (Halbert, 2000).

Bu bölümde fraktallerin temel karakteristik özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Fraktaller diğer güç yasaları ile ilişkilidir. Fraktal geometri organize olma yolunda olanak dışı gibi görünen klasik geometrinin açıklayamadığı dinamikleri açıklamaya çalışır. Fraktal geometri ve onun izafi katkıları olarak yeni oluşumlar üretir (Mandelbrot, 1977). Bu durum doğada olan geometrilerin birbirlerine eklenerek kendi kurallarıyla dönüşerek karmaşık yapılar ortaya koyar. Bu dönüşüm sistem içinde basit kurallarla gerçekleşirken, sistem bütününde karmaşık formları beraberinde getirir.

3.2 D'Arcy Thompson Dönüşümler Teorisi

"Her şey dönüşür, sen de sürekli bir dönüşüm içindesin ve bir anlamda, sürekli bir çözülme içinde. Tüm evren de böyledir" (Aurelius, 2004, s. 126).

D'Arcy Thompson (1860, 1948) İskoçyalı biyolog ve matematik bilimcidir. "On Growth and Form (1945)" kitabı bilim ve disiplinler arası çalışma niteliğinde olup eşsiz bir literatür kaynağıdır. Thompson, Edinburgh Üniversitesinde tıp okumaya başlar, sonra Cambridge Üniversitesinde zooloji okumaya devam eder. Disiplinler arası çalışma yapmasının belki de temel sebebi farklı disiplinlerde eğitim görmüş olmasıdır.

Thompson zamanı içinde eşsiz bir kitap hazırlamıştır. Ondan önce kimse (araştırmalara göre) organizmaların evrimini ve gelişimini bu tip bir geometrik araçla açıklamamıştır (Arthur, 2006).

D'Arcy Thompson, On Growth and Form (1945) kitabında organizmaların çeşitli parçaları ile ilgilenir. Hücreler, dokular, spiküller (kemiklerde bulunan iğne benzeri bir doku), dişler, kemikler ve boynuzlar ile çalışmalarını yürütür. Bu değişimleri kısıtlı matematik kuralları ile açıklar (Arthur, 2006). Doğal olayları fizik ve matematik kanunlarıyla araştırır. Kendi döneminde onun matematiksel yaklaşımı biyologlara göre alışılmamış bir yöntemdir. Thompson Matematiğin katı ve sınırlayıcı kuralları olduğunu söyler, fakat tüm bu kurallar bir arada kullanıldığında sınırları aşan yaratımlar sunacağını kitabının girişinde belirtir (Thompson, 1945). Ona göre matematikçiler biyologların ortalama, kesin olmayan sonuçlar verdiğini düşünür (Thompson, 1945). Ancak doğa kesin midir sorusu sorulmalıdır.

Yağmur yer çekiminin kuvveti olmadan mükemmel bir küredir, ancak yerçekimi yani doğanın güç çizgileri altında yağmur damlası biçimini alır (Thompson, 1945). Bu organik formlar içinde geçerlidir. Doğal güçler olmasa her şey simetrik ve pürüzsüz olabilir.

D'Arcy Thompson'un kitabında hayvan tiplerinin ve bitkilerin genel bir taslak olarak bileşenlerini bulabilirisiniz. Kemik, yaprak ve hücresel ölçekte ki yapılanmalar dahil birçok konu üzerinde çalışmaları mevcuttur. On Growth and Form (1945) bitkilerin ve hayvanların biçimlerinin saf matematik yöntemleriyle anlaşılamayacağını savunur. Büyümenin dinamiklerini ve fiziksel süreçleri doğal geometrik formlarla açıklamada On Growth and Form (1945) tam bir klasiktir (Beesley & Bonnemaison,

2008). Basit organizmaların iskelet yapılarını, dokularını, hücre bölünmelerini simetri ve deforme etme üzerinden gelişimi ve evrimi açıklar. Thompson doğal akışlar ve enerjinin dinamik güçleri ile şekillenen büyümeyi çizerek anlaşılır hale getirir. Çalışmalarını değerli kılan bir diğer unsur ise ortaya koyduğu temsil etme biçimidir. Çizimlerle ve basit anlatımlarla ortaya koyduğu teoriyi açıklar.

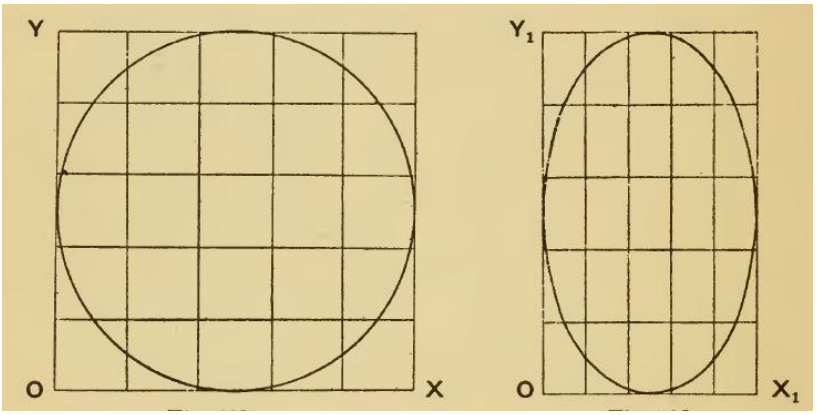
On Growth and Form (1945) 17. Bölümü olan " The Theory of Transformations" , " Dönüşümler Teorisi" başlığı altında ilişkili türler arasındaki form ve biçim farklılaşmasını geometrik olarak açıklar. Dönüşümler teorisi neredeyse yüzyıldır, morfolojik olarak evrim ve gelişimle ilgilenen biyologlara ilham kaynağı olmuştur (Arthur, 2006).

3.2.1 Teorinin tanımı

"Evreni ayakta tutan, yalnızca ögelerin dönüşümü değil, aynı zamanda onlardan oluşmuş varlıkların dönüşümüdür" (Aurelius, 2004, s. 41).

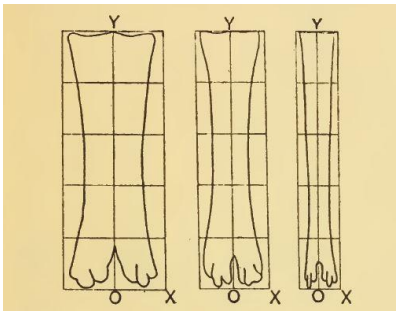
D'Arcy Thompson (1945), Dönüşümler teorisinde türlerin biçimsel özelliklerini bir Kartezyen koordinat sistemine oturtur. Koordinat sisteminde bir ızgara oluşturarak bu ızgara deforme edilerek türler arası mutasyonu gözler önüne serer. Tipin oturtulduğu ızgaradaki güç çizgilerini kaydırarak, döndürerek, küçülterek ve çekerek bir tip organizmadan diğer tip canlının geometrilerini bulur. Zamanla canlının evrilerek başka bir tip canlıyı oluşturma biçimini bu sistemle açıklar. Bu teoride form kavramının zaman içinde değişimi ve dönüşümü işlenir. Bir tipin ızgara sisteminde haritalanması ile diğer tipe geçiş sağlanır. Bu geçişte tipin ızgaradaki formundan birçok karakteristik özelliğinin okunabileceğini açıklar. Değişimler başta x,y koordinat sisteminde oluşur; sonra x,y,z düzlemine geçilir. Değişişimler x,y,z eksenlerinin hareketine bağlı iken bu "uniform" şekil değiştirme olarak adlandırmıştır. Bir de "non-uniform" yani organik olarak kutupsal hareketlere bağlı dönüşüm söz konusudur. Tüm bu dönüşümler gerçekleşirken form zamanda yürütülür (Dönmez, 2012). Thompson canlı organizmaların oluşma sürecinde Darvin'in adaptasyon kavramından farklı olarak canlılarda biçimin, fiziksel kuvvetlerin etkisinde değişimlerini gerçekleştirdiğini belirtir. Yaşayan şeylerin (canlıların) formları, parçaları fiziksel kanunlarla ve matematikle nasıl açıklanır sorusuyla kitabı ele alır. Hiçbir organik formun fiziksel ve matematiksel kanunlarla uyum içinde olmadan ayakta kalamayacağını savunur (Thompson, 1945).

D’Arcy Thompson başlangıçta belirlediği bir hayvanın kısmını, başka bir türün kısmındaki benzerliği ele alarak, bu iki tipin dönüşüm sürecini sayısız dönüşümlerle yapmaz. 2 yada biraz fazla tip model çıkararak bir tipten diğer tipe geçişi açıklar (Arthur, 2006). Karşılaştırdığı formlar, genellikle aynı doğal düzende gelişmiş türler arasındadır. Balıkla balığı, kafatası yapısıyla başka tip modelin kafatası arasındaki ilişkiye bakar. Daha sonra Kartezyen ızgaraya oturtulan bu tipler bazı sistematik matematiksel dönüşümler ile; ilk denemelerinde bir yönde uzatarak yada bozarak kareyi eşkenar dörtgene dönüştürür. Bu tip basit bir deformasyonla, diğer organizma ile ilişkili olduğunu düşündüğü ilk organizmanın şeklini yakalar. Bu basitlikte bir geometri hareketi altında yatan basit sistemiyle evrenin işleyişi hakkında bizlere bilgi verir. Çalışmasında birbirinden bağımsız çeşitlilikler azdır. Sınırlı bir çeşitlilik üzerinden teorisini anlatır. Thompson çalışmaya ilk olarak bir daireyle başlar. Daireyi x, y koordinat sistemine oturtur (Şekil 3.9). Sistemi x yönünde kaydırdığında tüm dairenin biçiminin değiştiğini görür. Formun tamamı sistem içinde bir bütün olarak değişmiştir.



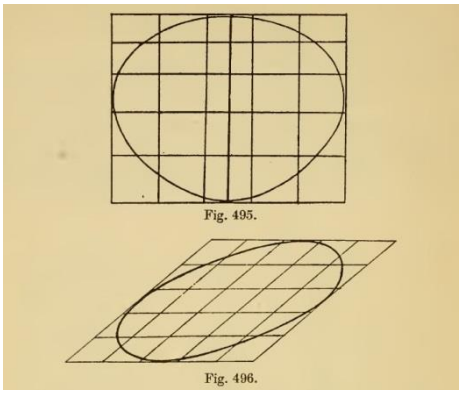
Şekil 3.9 : Dairenin tek yönlü deformasyonu, (Thompson, 1945).

Aynı işlemi kemik biçimi üzerinden uygular ve bu dönüşümde de formun ızgaradaki değişimle birlikte değişimini görür (Şekil 3.10).



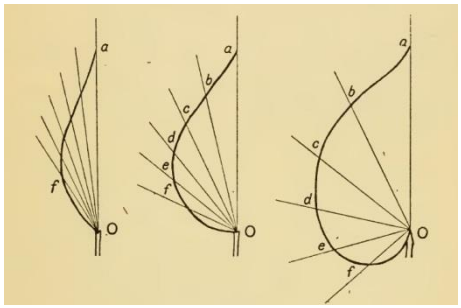
Şekil 3.10 : Kemik formunun tek yönlü deformasyonu, (Thompson, 1945).

Sonraki aşamada yine bir daireyi ızgara sistemine oturtur, bu sefer ızgaranın alt kısmını sabit tutarak koordinat sisteminde x yönünde üst taraftan kaydırır ve şeklin gelişim sürecini izler. Burada şeklin ekseninin bozulması ile simetrik olmayan bir değişim söz konusudur (Şekil 3.11).



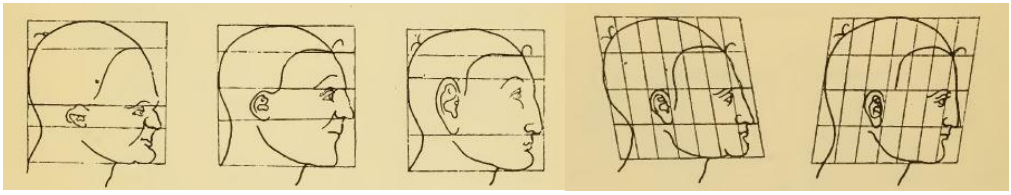
Şekil 3.11 : Dairenin eksen kayması, (Thompson, 1945).

Thompson deformasyonun ızgara sistemi üzerinden ilerlemesini gördükten sonra bu sefer merkezden açılan dairesel değişimle ilgilenir. Koordinat sistemi üzerinden merkezden açılarak dairesel eğriye güç uygular ve bazı parçaların daha az deforme olduğunu görür (Şekil 3.12).



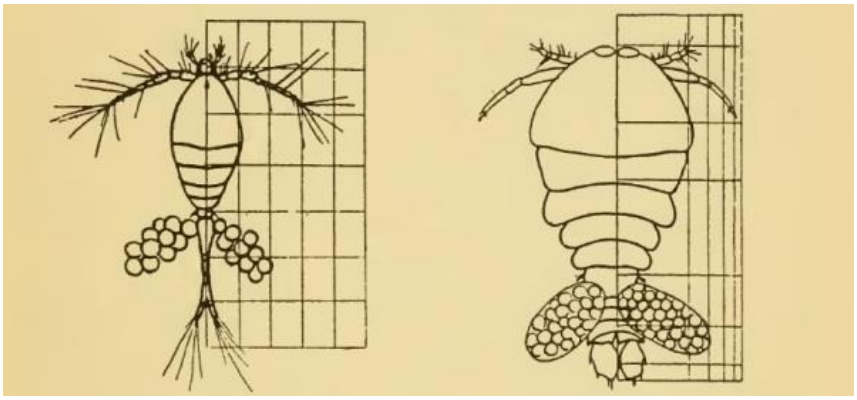
Şekil 3.12 : Eğriye merkezden açılarak güç uygulanması, (Thompson, 1945).

Temel matematik ve fizik kurallarını test ettikten sonra tiplerin morfolojik deformasyonunu gerçekleştirmeye başlar. Albert Dürer (1528)'in insan kafası üzerinde yaptığı çalışmaların (Şekil 3.13) üzerinden kendi sisteminde yenilikçi bir bakış açısı arar. Dürer'in çekme ve kaydırma ve küçültme işlemlerini kendi teorisinde kullandığı açıktır (Mitchell, 1990).



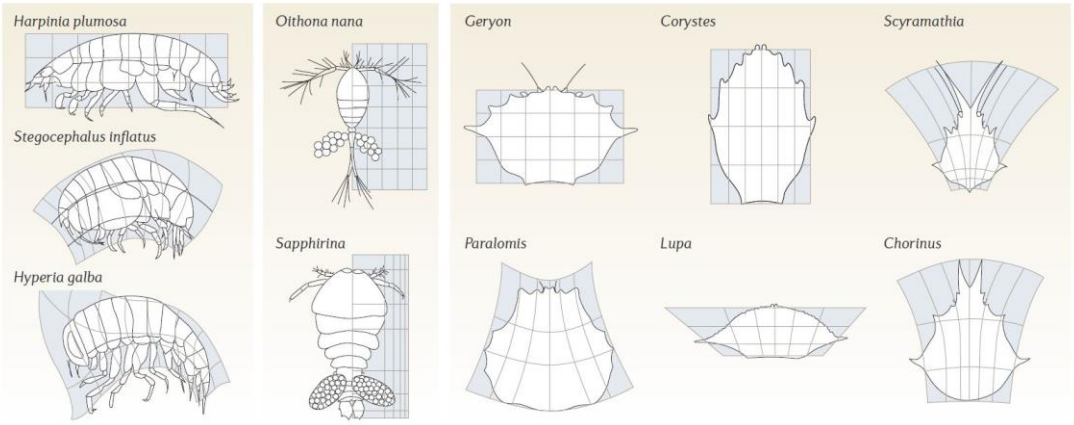
Şekil 3.13: Dürer'in dönüşüm çalışması, (Thompson, 1945, s. 1053-1054).

Thompson geometri üzerinde yaptığı denemelerden sonra Dürer'in dönüşüm ızgaralarını inceledikten sonra bir organizmayı ızgara sistemine oturtmuştur. Bir eklem bacaklı türü olan "*Copepod Oiihona nana"* ile diğer bir eklem bacaklı türü olan "*Copepod Sapphirina"* arasındaki dönüşümü ızgara sistemini merkezinden belli bir oranda x yönünde daraltarak birbirleri arasındaki benzerliği göstermiştir (Şekil 3.14) (Thompson, 1945). Şekilde solda bulunan organizma *Oiihona nana*, sağda yer alan eklem bacaklı ise *Sapphirina'*dır.



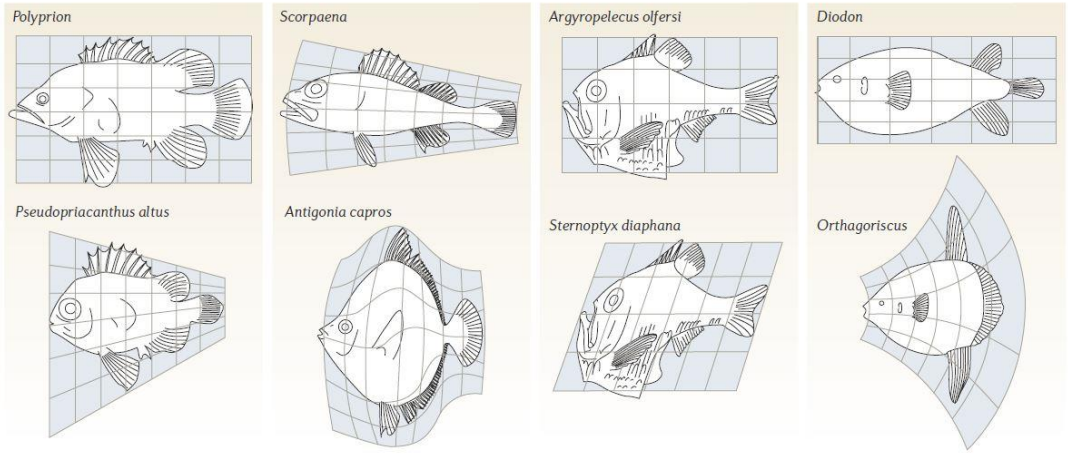
Şekil 3.14 : İki eklem bacaklı türü dönüşümü, (Thompson, 1945, s. 1055).

Tüm bu öklit temelli ızgara dönüşümlerinden sonra Thompson yine türleri ızgara sistemine yerleştirerek deformasyon işlemine devam eder. Bu sistemde bükme, bir kontrol noktasından esnetme ve küçültme hareketleri ile ızgarayı organik olarak kullanır ve farklı canlı türleri arasındaki dönüşümü anlatır (Şekil 3.15). Bu aşamada daha karmaşık türlerin deformasyon ile geçişlerini göstermiş olur. Bu dönüşüm sürecinde ızgaraların kontrol noktalarıyla detaylı olarak kaydırma ve çekme hareketleri yapar. Izgaranın bir noktasından çekerek oluşturduğu dönüşümlere ek olarak daha karmaşık ve detaylı bozma işlemleri uygular.



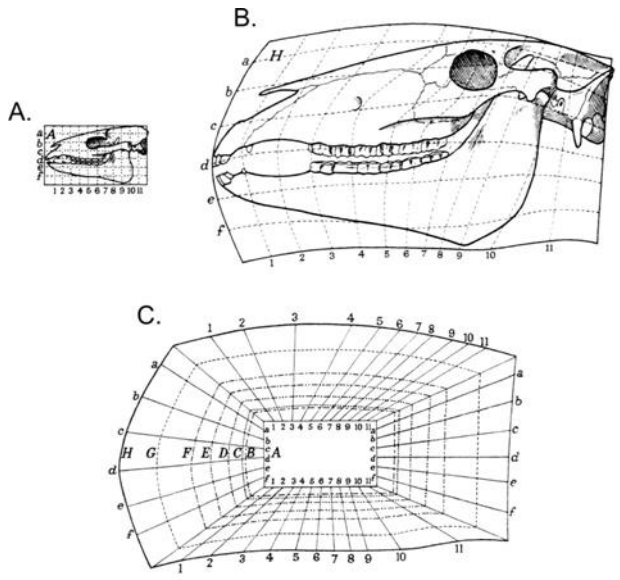
Şekil 3.15 : Daha karmaşık canlıların organik olarak deformasyona uğraması ile üretilen tip geçişleri, (Arthur, 2006).

Hayvan grubu üzerinden evrimi ve türler arası geçişi yaparken aynı uzayda büyüyen yani suda yaşamlarını sürdüren türlerden deformasyon işlemine devam eder. Balık türlerinin zaman içinde mutasyonlarını ve benzer morfolojik yapıya sahip cinsleri gruplayarak dönüşümlerini gerçekleştirir (Şekil 3.16). Bu dönüşüm sürecinde Thompson'un deneysel çalışmayı yapmadan önce kafasında benzetim yaptığı görülür. Deneyin sonuçları çizimleri gerçekleştirmeden önce tahmin edilmiş olabilir. Bu tahmin etme durumu niceliksel çalışmanın analitik olarak dönüşümleri gösterdiği çalışmasında kilit bir nokta olabilir.



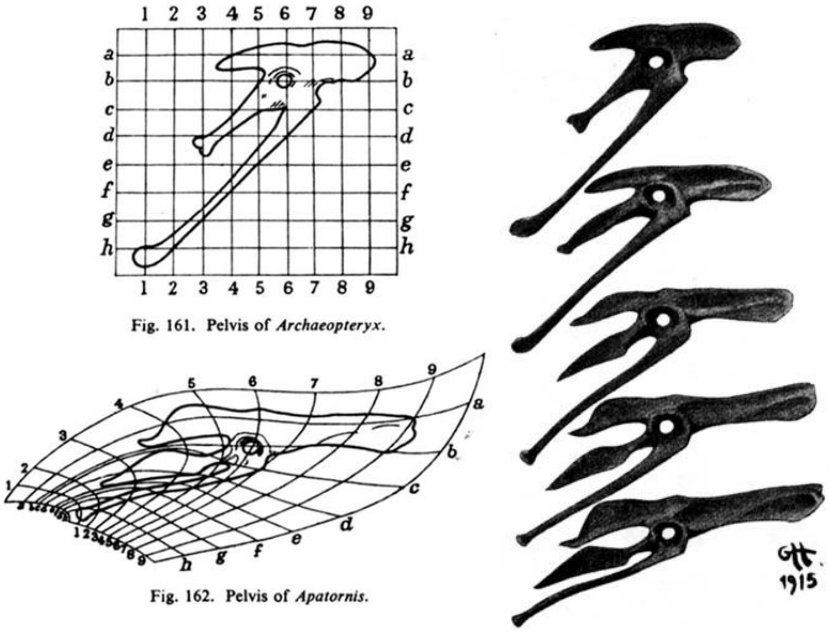
Şekil 3.16 : Aynı uzayda yaşayan canlıların dönüşümleri, (Arthur, 2006).

Mevcut A tipi Equus kafatasıdır. B ise varsayım bir tiptir. Bu tipe giden dönüşüm ise C de gösterilmiştir. Mevcut bir tipten, varsayım bir tipe geçen C gösterimi bu iki tip arasında bir durak belirlersek okuyucuya durduğu noktanın kesitini verir (Şekil 3.17). Bu gösterim bir zaman tüneli gibi düşünülebilir (Dönmez, 2012). Bu gösterim zamanda kayan formlar olarak ufuk açıcı olabilir.



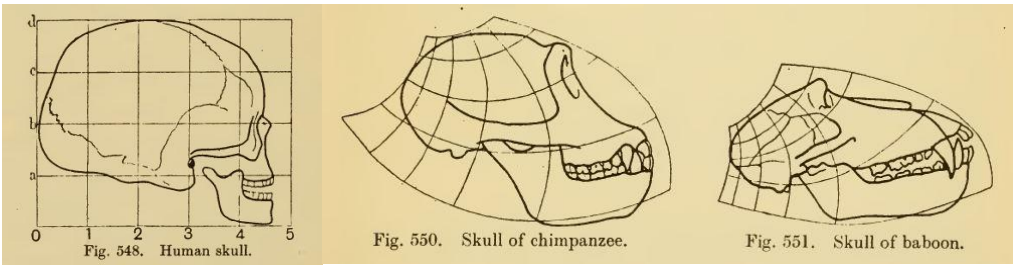
Şekil 3.17 : Formun zamanda kayması, (Thompson, 1945).

Thompson çalışmalarına antik kuş çeşitleri üzerinden devam eder. Burada görülür ki aynı uzayda yaşayan, bu demektir ki uçan hayvanlar uzayında, canlıların kafatası değişimlerini ele alır. Bu değişimde insan ölçeğine geçmeden önceki hazırlık olarak nitelendirilebilir. Antik kuş çeşidi olan *Pelvis* türleri arasındaki geçiş önce ızgaranın deformasyonu ile ifade edilir, daha sonra ilk tip *pelvis* ile son tip *pelvis* kafatasının kesitlerini gösterir (Şekil 3.18). Bu aşamaya kadar ki ifadelerinde türlerin evrimleri arasındaki morfolojik değişimleri bu kadar yakından görülmemiştir.



Şekil 3.18 : Pelvis tipinin ara kesitleri, (Thompson, 1945).

İnsan ırkının temelinin ne olduğu tartışmalı bir konudur. Ancak Thompson dönüşümler teorisi kapsamında baboon maymun tipinin kafatasının, şempanze kafatasına ve son olarak insan kafatasına evrildiği noktaya varır. Bu süreç dönüşümler teorisi kapsamında verilecek son örnektir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 : İnsan, şempanze ve baboon kafatasları dönüşümü, (Thompson, 1945).

Thomson Dönüşümler Teorisi bölümünde canlı gövdelerin oluşum ilkelerini, dönüşümlere bağlı olarak açıklamaya çalışmıştır. Burada form için sabit bir modül üretmek yerine, modülü esnek olarak kabul etme durumu söz konusudur. D'Arcy Thompson'ın On Growth and Form kitabı öklit geometrisi, doğanın geometrisi ve öz (insanoğlunun temelini arayışı) kavramlarının sorgulanması için temel bir kaynak niteliğindedir.

3.2.2 Teorinin kapsamı

D'Arcy Thompson, Goethe'nin morfoloji tanımından etkilenmiştir ve morfoloji üzerine yaptığı denemeleri açıklamıştır. Çalışma hem niceliksel hem de niteliksel yöntemleri içine alır. Çalışmanın niceliksel tarafı formlar arası geçişlerin hayal edilebilir olduğunu düşünmesidir. Betimleyici, tanımlayıcı bir çalışma olmasıyla birlikte bir taraftan analitik olarak görülür. Analitik yanı ise ızgara sisteminde kurduğu bir sistem olmasında yatar. Bu yaklaşımı niteliksel yaklaşımın içinde niceliksel yaklaşımı birleştirir. Tamamen matematiksel ve fiziksel bir açıklamayla yorumlanması olası değildir (Arthur, 2006). Türlerin gelişimini zamansal bir alt yapıda görme fırsatı verir.

Dönüşümler teorisi kapsamında Thompson, sınırlı bir çeşitlilik üzerinden teorisini anlatır. Izgaraları deforme ederek türler arası geçişi ortaya koyar, ancak her bir birimin boyutları, bir parçanın değişimi canlının içyapısını nasıl etkilemiştir sorusunu soramaz. Bu durum tez kapsamında çok değerlidir. Tamamen niteliksel bir çalışma gibi görünen morfoloji üzerinden ilerleyen çalışma aslında Thompson'un karar

verme mekanizmasını ortaya koyar. Çalışmak istediği türleri, organizmaları sınırlamıştır. Bu durum belki de ortaya koyduğu sistemin sınırları ile ilintilidir.

Bu durum embriyolojik dokuların, yani dokunun malzemesinin detayına inilmeden yapılmış bir çalışmadır (Arthur, 2006). O daha çok doğanın güç çizgileri, dış etkiler ve kuvvetlerle ilgilenir. Ancak genler malzeme içerir, bir dokusu yoğunluğu vardır. Harpenia plumosa'nın Hyperia galba'ya dönüşmesinde dinamik dönüşümler omurganın kırılmasına sebep olabilir. O zaman bu teoride biyokimyasal kısma dokunulmamıştır (Arthur, 2006).

Genellikle kabuklular üzerinden deformasyon işlemlerini gerçekleştirir, fakat kabuksuz yumuşakçalar yoktur. Birçok balık türü üzerinde çalışır, fakat hem karada hem denizde yaşayan türlere dokunmamıştır. Bu teorinin limitlerini belirtir. Bu durum sorun değildir elbette, teorinin sınırlarını görmemiz için bir yardımcıdır.

Şu açıktır ki günümüzde hiçbir evrimsel değişim sadece ızgara sistemi üzerinden açıklanamaz (Arthur, 2006). Kafatası dönüşümlerindeki örnekte Thompson bütün vücudun bir parçasının evrimini çalışır. Sadece kafatası değişiminden evrimi sürdürür, türün diğer uzuvları üzerinde bir açıklama yapmaz. Bu durum araştırma ve üretim sürecinin kısıtlamalarla ilerlediğini gösterir. Dönüşümler teorisi getirdiği yenikliklerle birlikte canlı türleri arasında geçişi çizimlerle ve bunu okuyucuya indirgeyerek basit anlatımlarıyla ciddi bir kaynaktır.

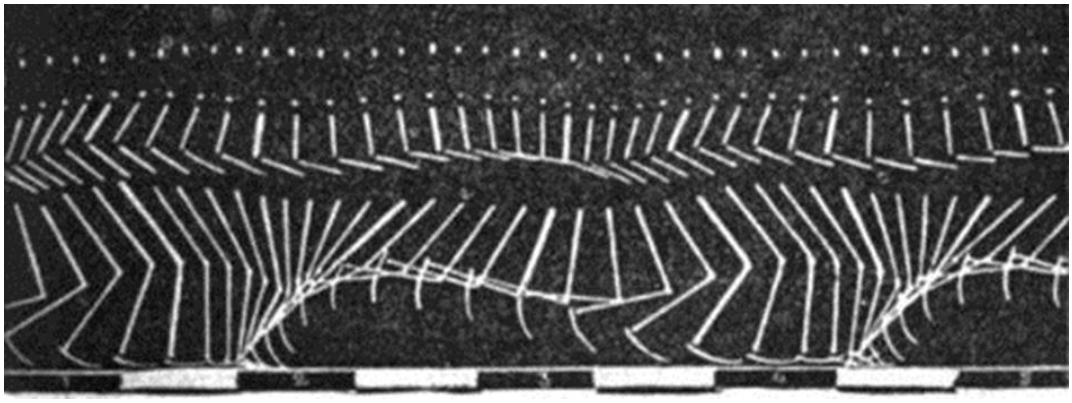
3.2.3 Teorinin kullanıldığı alanlar ve yorumlanan tasarımlar

Dönüşümler teorisi birçok alanda sanatçılara ve tasarımcılara ilham kaynağı olmuştur. Bu tip bir biyolojik ve geometrik çalışma doğanın yarattığı dinamiklerle doğada bulunan formları şekillendirir. Bu doğal geometri günlük yaşamımızda hemen hemen her yerde bizi karşılar. Bu karşılaşmalar tasarımcılara ve bir üretim içinde olan profesyonellere yön verir. D'Arcy Thomson'un çalışmalarından sonra yapılan tasarımcı ve sanatçı çalışmaları bu bölümde anlatılır. Thomson'dan önce yapılan geometrinin deformasyona uğrama sürecine de değinilir. Burada Fransız fizyolog ve bilim adamı Etienne Jules Marey (1882)'nin çalışmaları Dönüşümler Teorisinden önce yapılmış bir çalışmadır. Mayer (1882) kuşların uçuşunu incelemek amacıyla, saniyede 12 fotoğraf çeken ve zamanı yakalayan kamera geliştirmiştir. İnsan ve hayvan hareketlerini bir hangara kurduğu 10 metre derinlikte ve genişlikte siyah bir perdenin önünde çeker. Marey'e göre bir karede yakaladığı hareketlerin

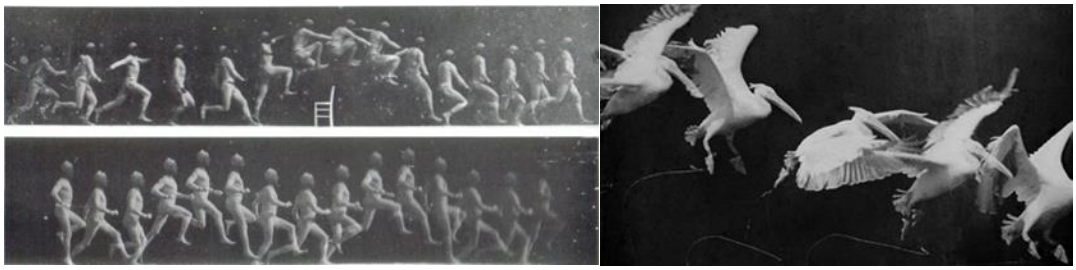
ardışık değişimi duyuların ötesinde ruhun değişim öyküsüdür (Ponjavic, 2015). Bir insanın çubuktan destek alarak atlama sahnesinde Thompson'un dairesel merkezden açma hareketini görebiliriz (Şekil 3.20). Pariste yürüyen bir insanın ardıl çekilmiş fotoğrafı (Şekil 3.21) ve bir insanın sandalyenin üzerinden atlarken geçirdiği fizyolojik dönüşümü ve kuşun uçma hareketinin süreci (Şekil 3.22) biçimler arası geçişin insan üzerinden okunmasında etkili bulunmuştur.



Şekil 3.20 : Marey'nin insan hareketi çekimi (URL-4) ve Dönüşümler Teorisi karşılaştırması, (Thompson, 1945).



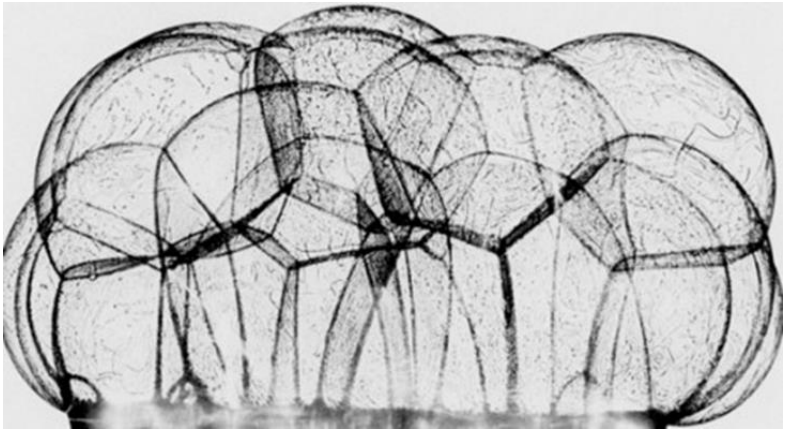
Şekil 3.21 : Pariste yürüyen bir insanın ardıl çekilmiş fotoğrafı, (URL-5).



Şekil 3.22 : İnsanın sandelye üzerinden atlaması ve kuş uçuşu, (Ponjavic, 2015).

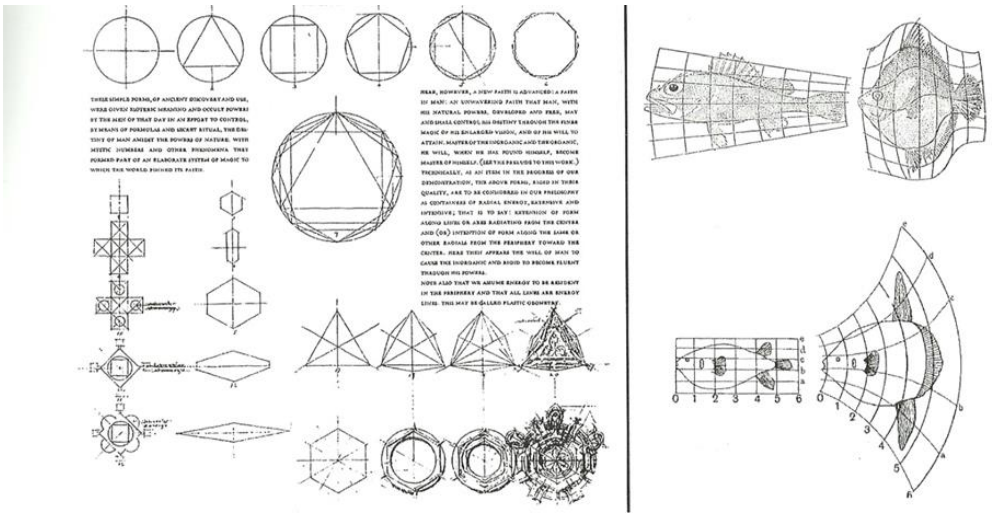
Frei Otto strüktür sistemlerini türler arası benzerlik ve farklılıklardan yola çıkarak kurmuştur. Otto malzemenin varlığından çıkan karışık ve eşsiz strüktürlerin geometrisinden esinlenmiştir. Otto'ya göre, " Sabun balonlarının parçacıl güzelliği,

tekil, kimsesiz birlikteliğindendir" (Beesley & Bonnemaison, 2008). Parçaları birlikte tutan yer çekimi gücüdür (uzaylı gücü olarak tanımlar). Günümüzde malzemenin hafifliği ve doğadan esinli strüktür tasarımları bu durumun somutlaşmış halidir. Tek parça olarak havada asılı duran sabun balonları dayanıksızdır, uçarlar ve zaman içinde doğa güçlerine maruz kalarak patlarlar. Doğanın gücü tanımını Thompson'dan ödünç alıyoruz. Ancak balonların bir arada durarak yarattığı strüktürler (Şekil 3.23) dayanıklı bir hal alır ve yine hafiftirler. Otto bu sistemi kendi çalışmalarında uygulamıştır.



Şekil 3.23 : Otto'nun balon strüktürü resmi, (URL-6).

Louis Sullivian (1924)'ın yaptığı öklit geometrileri arasındaki dönüşüm Thomspon'un dönüşüm ızgarası ile biçim olarak örtüşür. Temel bir geometrik şekli üçgeni dairenin içine yerleştirir. Bu yerleşimle dairenin sınırları içinde üçgen formu kareye ve sonunda sekizgen bir çokgene dönüşür. Bunları üst üste koyarak geometrik geçişleri izler. Aynı şekilde bir altıgeni x ve y eksenlerinde çekerek geometrilerin dönüşümüne bakar. Bu durumda Thomson'un Dönüşümler Teorisinden önce yapılan bir çalışma olarak değerlidir. (Şekil 3.24)'de Sullivian'ın öklit değişimleri ile Thompson'un balık türleri arasındaki deformasyon işlemi karşılaştırılmıştır. Sullivian'ın gerçekleştirdiği dönüşümleri ve çekme işlemlerini koordinat ızgara sisteminde görürüz.



Şekil 3.24 : Solda Sullivian (1924) öklit dönüşümü, sağda Thompson'un balık deformasyonu, (Beesley & Bonnemaison, 2008).

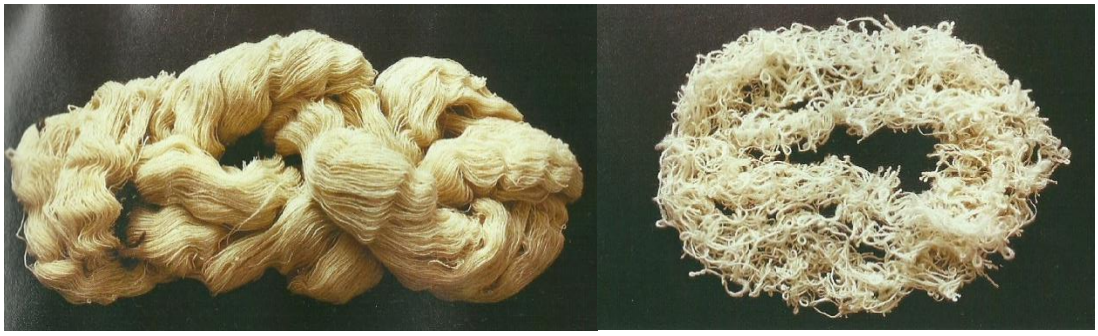
Institute for Contemporary Art (ICA) Londrada, Growth and Form (1951) adında sergi yapan Richard Hamilton, Darcy Thomson'un teorilerinden esinlenir (Beesley & Bonnemaison, 2008). Thompson'un kemiklerin büyüme, küçülme ve esneme gibi geçişleri gösteriminden etkilenir. Kemiklerin eklemlerde, ve farklı tepki bölgelerinde değişiklik gösterip sağlam bir iskelet oluşturması gibi. Hamilton da bu sistemleri temel alan üç boyutlu maket strüktür üretir. Kemiğin birbirini desteklediği incelik kalınlık varyasyonlarıyla ilişkili olan bu sanat çalışması Dönüşümler Teorisinin yorumlanma biçimi farklı bir üslupta gösterir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 : Growth an form sergisi(1951), kemik maket üretimi (URL-7).

Kumaş sanatçısı Ann Richard için doğal güçler kumaşlarını yaratmasında büyük bir rol oynar. Richard çalışmalarında Thompson'un kullandığı güç çizgilerinden

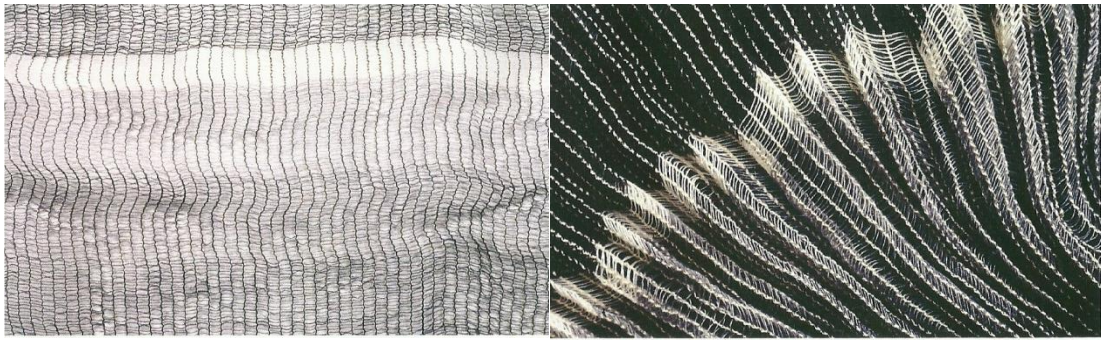
esinlenir. İşlerinde, kumaşın dokusunu ve biçimini doğal güçlerin etkisi yaratır. Bu durum iplik bükme yöntemiyle malzemelerin karakteristik özellikleri ile ortaya çıkar (Şekil 3.26). Tasarımcının ürettiği formlar (Şekil 3.27) Thompson'un bahsettiği formu oluşturan enerjiden ortaya çıkar (Beesley & Bonnemaison, 2008). Richard'ın da bahsettiği gibi kumaşı oluşturan enerjidir (Beesley & Bonnemaison, 2008). Tekstilini yaratan doğal süreçlerdir. Bu çalışma hem dönüşümler teorisinin bir eklentisi olarak ipliğin mutasyonunu hem de 4. Bölümde bahsedilecek olan malzemenin anizotropik özelliğinden kaynaklı bir üretim olduğu açıktır. Malzemenin ve örüntülerin biçimi etkilemesi, doğal dinamiklerin ise malzeme, örüntü ve biçim için tutkal görevi görmesi değerli bulunmuştur (Şekil 3.28). Bu durumda görülür ki bir kavramın başka bir disiplinde biçim oluşturma durumu ve disiplinler arası kavram geçişleri tasarımcıya kendi disiplininde yeni üretimleri gerçekleştirmesi için yaratıcı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar.



Şekil 3.26 : İplik bükme yöntemiyle oluşan form, (Beesley & Bonnemaison, 2008).

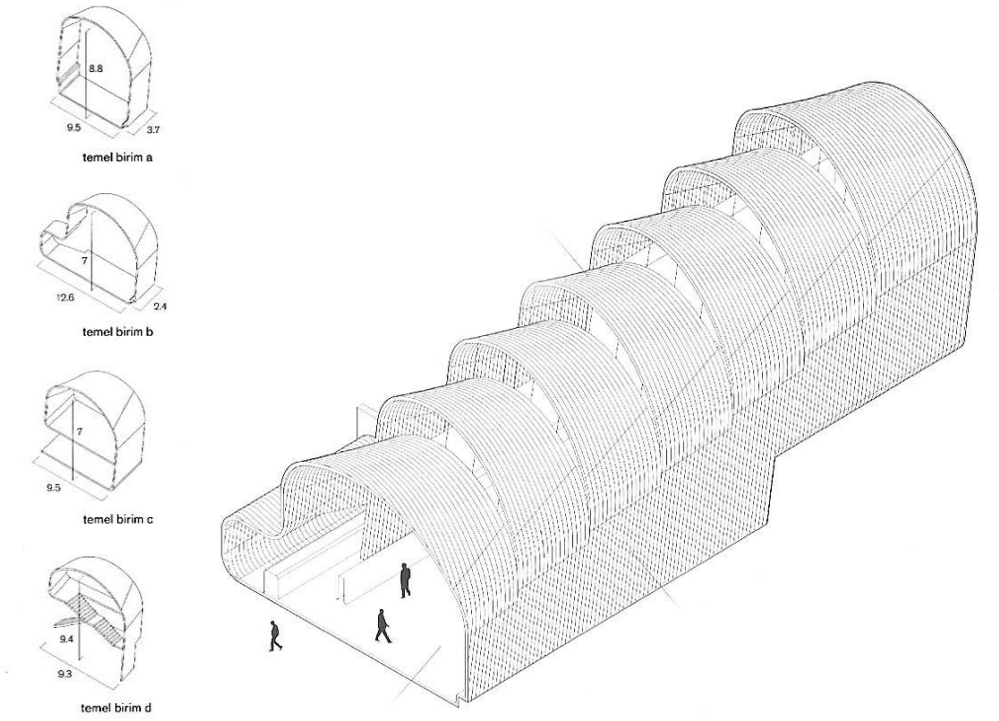


Şekil 3.27 : Kumaş formları, (Beesley & Bonnemaison, 2008).



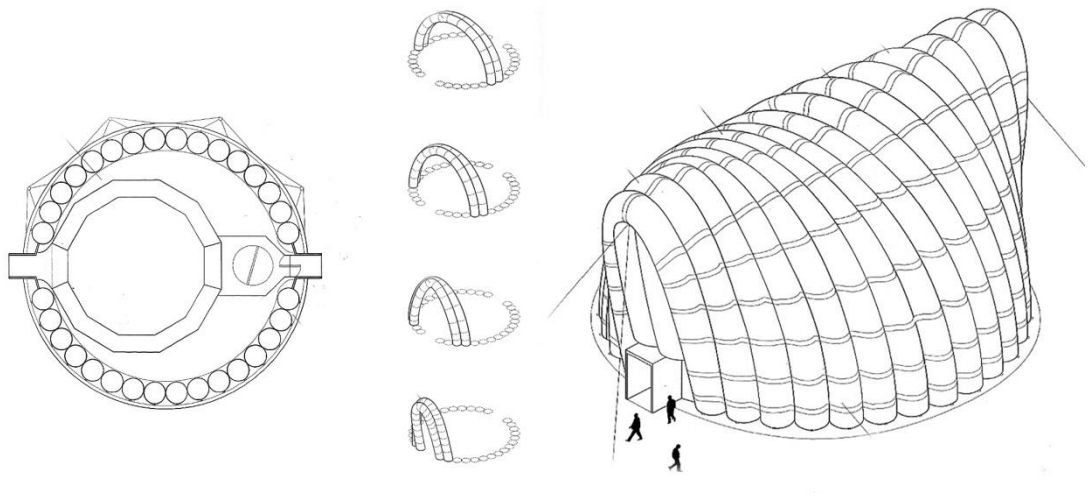
Şekil 3.28 : Örüntü ve biçim oluşumu, (Beesley & Bonnemaison, 2008).

Foreign Office Architects tarafından 1999 yılında tasarlanmış Belgo Zuid restoranı bir beşik tonozun yatay düzlemde kurgulanmasıyla meydana gelmiştir. Beşik tonozlar farklı ara kesitler oluşturarak tasarımın gövdesini oluşturur (Moussavi, 2006). Burada mekan birimin tekrarıyla oluşmuştur. Bu temel birimler kesit yüksekliğinde farklılaşarak tepe pencereleri oluşturur. Belgo restoranında bir tipin dönüşerek, ki bu dönüşüm kısıtlı bir dönüşümdür (Thompson'un ızgara kısıtlaması gibi), topoğrafya düzlemine göre yerleşmesi ile oluşur. Temel birim a, b, c ve d kesitleri (Şekil 3.29) Dönüşümler Teorisinin kısıtlı ara kesitleri vermesi ile ilişkilendirilir. Dönüşümler Teorisinde bu süreç zamanda kayan tipleri tanımlarken, burada binanın gövdesini tanımlar.



Şekil 3.29 : Belgo restoranı arakesitleri, (Moussavi, 2006).

Bir diğer örnek olarak Fuji Pavyonu (1970) Japonya'da şişme bir strüktür sistemiyle ayakta durur (Moussavi, 2006). Silindir geometrisinin yatayda daire planına oturtulmasıyla oluşur. Temel silindir birim 16 kez tekrarlanır. Tasarımda silindirlerin boyu sabit tutulur, bu sabit tutulma durumu tasarımın ana eksenini oluşturur. Tek tip bir silindirin bir daire çevresine yerleştirilmesi ile organik bir yapı yaratılır (Şekil 3.30). Burada kısıtlayıcı olarak görünen tek tip silindir, seçilen malzeme ile birlikte esneklik kazanır. Dairenin öklit katılığını ve silindirin tek tip boyut kısıtlamasını kullanılan membranın esnek yapısı ve havanın taşıyıcı olarak görev alması organik form yaratımına izin verir.

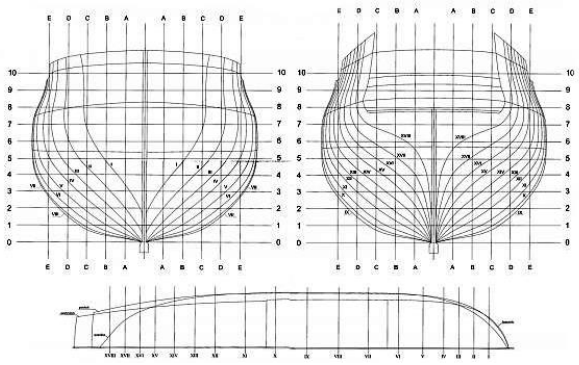


Şekil 3.30 : Fuji Pavyonu (1970) Japonya'da şişme bir strüktür, (Moussavi, 2006).

Mimarlık, sanat ve tekstilin farklı dallarında yapılan çalışmaların Dönüşümler Teorisi temelli olduğu görülmektedir. Tasarımın başka bir disiplini olan gemi inşa sektörünün temeli olan gemi strüktürü tasarımında ise Dönüşümler teorisinin kurallarını en somut haliyle görürüz. Mühendislik disiplinleri ile ortak tasarlanan gemi inşası disiplinler arası bir çalışma olarak yerini alır. Gemi inşada postalar, geminin strüktürünü oluşturan kısım, önemli bir rol alır. Dönüşümler teorisi bu kısmın tasarlanmasında önemli bir yer edinir. Postalar geminin gövdesini oluşturur. Bu bakımdan gövde tanımına bakmak gerekir. Gövde planı kavramı temel olarak "body plan" şeklindedir (Dönmez, 2011). Buradaki "body" kavramı beden kelimesiyle ilişkilidir. Gövde planı grafik gösterim tekniği olup biyolojide anatomik çalışmalarda kullanılır ve aynı eksende gemi inşada kullanılır (Dönmez, 2012). Bu kavram bu iki disiplinde temel doku ve strüktür geçişleri için aynı amaçla kullanılır. Gemi gövdesini oluşturan endazeler temel strüktür olarak görev alır. Strüktür

başlangıç formdan bitiş formu arasında değişerek ardıl bir biçimde ilerler. Endazelerin kesit görünüşlerine baktığımızda bütün bir akış süreci aynı planda görülmektedir (Şekil 3.31).

Tekne formunun oluşma süreci baş "pik" noktasından başlar. Bu noktadan devam eden dönüşümün son bulduğu nokta "kıç" olarak adlandırılır. Ara bölgede ise postalar hareketin görünür olduğu kesitleri verir. Plan ve profildeki kesit değişimini verir. Bu değişimler, başlangıç ve sonlanan geometri statik kurallar çerçevesinde tasarımı oluşturur. Strüktürü oluşturan endazelerin, amorf formlardan oluşmasını sağlayan ahşap ve çelik malzemelerin esnekliğidir (Şekil 3.32).



Şekil 3.31 : Endaze kesitleri (URL-8).



Şekil 3.32 : Ahşap malzemeden oluşan strüktür, (URL-9),(URL-10).

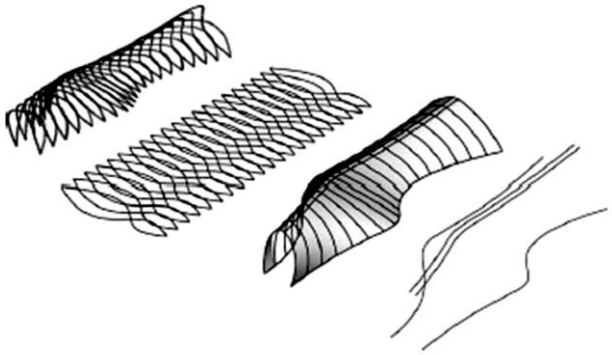
Gemi gövde kesitine bakıldığında Thompson'un dönüşümler teorisine ulaşmak mümkündür. Asıl sonuca ulaşmak için ara kesitlerin belirlenmesi ve üretimde bu kesitler üzerinden gövdenin oluşması yaratım sürecinin temellerini belirler. İncelenen disiplinlerde Dönüşümler teorisinin bir kavram olarak ele alınıp bunun üzerinden yapılan ve yorumlanan tasarımlar gösterilmiştir. Bu incelemelerde görüldüğü gibi, başka disiplinden alınan bir kavramı kendi disiplininde yorumlayan tasarımcının teknik ve kavramsal anlamda yaratıcı tasarımlar yaptığı ortadadır.

3.2.4 Teorinin bilgisayar destekli tasarımda yeri

Dijital tasarım araçları Thomson'un (1945) ifade ettiği karmaşık güçlerin oluşturulmasında tasarımcıya yardımcı olur. Bir tip modelin dinamik yapılarının parametrelere bağlanarak yeni tip modeller üretme dijital tasarım araçlarında mevcuttur. Kartezyen koordinat sisteminde kurulan çekme, deforme etme yöntemleri dijital tasarım tekniklerinin temel araçlarıdır. Tez kapsamında mimari geometrileri üretme süreci, Thompson'un dönüşümleri üzerinden dijital tasarım yöntemlerini temsil aracı olarak kullanır. Tasarımın parametrelere bağlı değişimi Thompson'un ızgara sistemini deforme etmesi Kartezyen düzlemin içine oturtulan organizma için bir "attractor" görevi görmektedir. "Attractor" kelimesi İngilizcede "çekmek", "cezbetmek" anlamında kullanılır. Ancak tasarım yöntemlerinde bu terim dıştan sisteme yapılan etki olarak ele alınır.

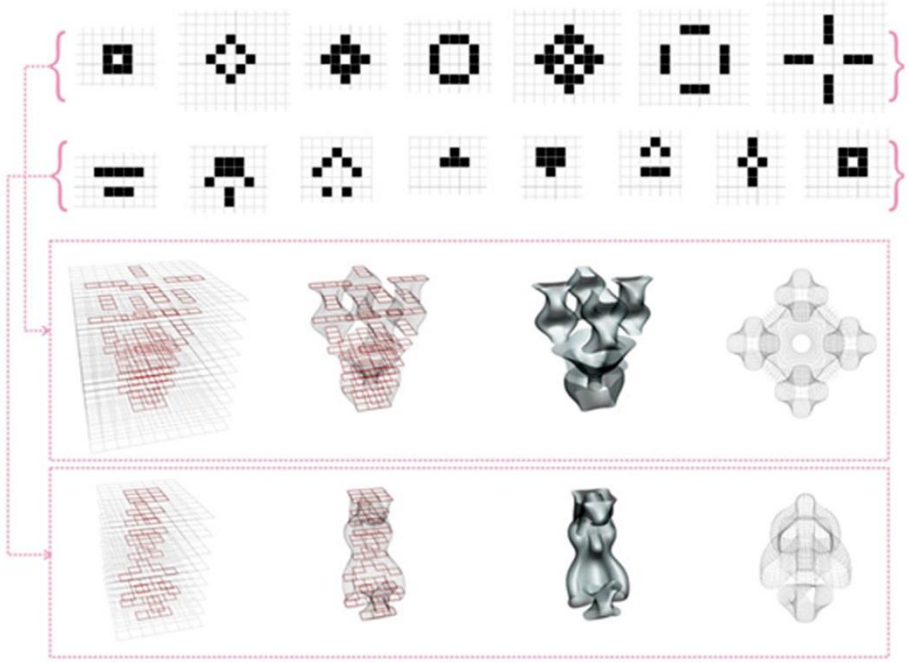
Doğanın formu, doğanın içindeki süreçlerle kendini yaratır. Bu yaratım üretkendir, kendini yönetir ve sistematiktir. Bu da doğal gelişimin zenginliğini gösterir (Arthur, 2006). Doğal süreçler, form, güç çizgileri ve sistemleriyle mimari tasarımda üretken sistemlere kaynak olmuştur. Zaman içinde doğal süreçlerin dijital ortamda bir araç olarak kullanılmaya başlaması ile organik ve dış etkilere "attractor" bağlı form dönüşümleri daha sistematik ve ulaşılabilir bir hal almıştır. Bu anlamda Dönüşümler Teorisi dijital tasarım araçları ile ilişkilendirilerek örneklere bakılmıştır.

Tasarımcı Rhinoceros programının araçlarıyla bir başlangıç eğrisi, ara kesitlerde değişmenin istendiği noktaları ve bitiş eğrisi çizer (Şekil 3.33). Ara eğri "Tween curves" komutuyla başlangıç ve bitiş eğrileri arasında kalan bölgedeki eğrileri çoğaltır. Bu durumda bir tipten diğer tipe geçişi görürüz. Sistem çizilecek eğrilerin sayısını tasarımcıya bırakır, bu durumda program matematiksel hesaplamalarıyla eğri geçişlerinden sorumludur. Ancak başlangıç, bitiş noktasını ve aradaki eğri değişiminin geçişini tasarımcıya bırakır. Bu sütrüktürü oluşturduktan sonra yüzey örme "loft" komutuyla yüzeyi yaratır.



Şekil 3.33 : Ara eğri "tween curve" aracı ile model oluşumu, (Panchuk, 2006).

Dijital tasarım araçları ile Dönüşümler Teorisi kapsamında geliştirilen kurallar çok çeşitli alternatif üretimler yaratır. Kesitleri tasarımcı belirler bu kesitler organik formda da olabilir. Öklit geometrisinin getirdiği kesin ve simetrik biçimlerde olabilir. Burada tercih tasarımcıya bırakılır. (Şekil 3.34)'te karelerin eklenip çıkarılmasıyla oluşan kesitlerle organik bir form üretilir. Kare biçimi öklit geometrisine aittir ancak kare kesitlerin birleştirilmesiyle üretilen ürün ise organiktir. Bu durumda öklit geometrisi üzerinden yapılan birleşimler ve deformasyon işlemleri ortaya organik biçimler çıkarabilir. Thompson'un Dönüşümler teorisinde ızgara sistemine, burada ızgara sistemi öklit olarak yorumlanabilir, organik formu oturtarak değişimleri öklit üzerinden oluşturması ile benzerdir.



Şekil 3.34 : Öklit kesitten organik yüzeye, (URL-11)

Dijital tasarım yöntemleri ile bir başlangıç biçiminden tasarımcının belirlediği son biçim arasındaki dönüşümlerin uygulanma durumuna Zaha Hadid, Mad Architects ve Frank Ghery gibi bu alanda önemli mimarlar örnekler verilebilir. Daniel Widrig (2013)'in bu alandaki üretimleri dönüşen geometrinin bir modele dönüşmesi açısından değerli örneklerdir. Widrig Nike markasının "Art + Science of Super Natural Motion" sergisi (2013) kapsamında 3D baskı teknikleriyle bir heykel üretir (Şekil 3.35). Üretim Maya programında modellenip, 3D baskı yöntemleriyle üretilmiştir.

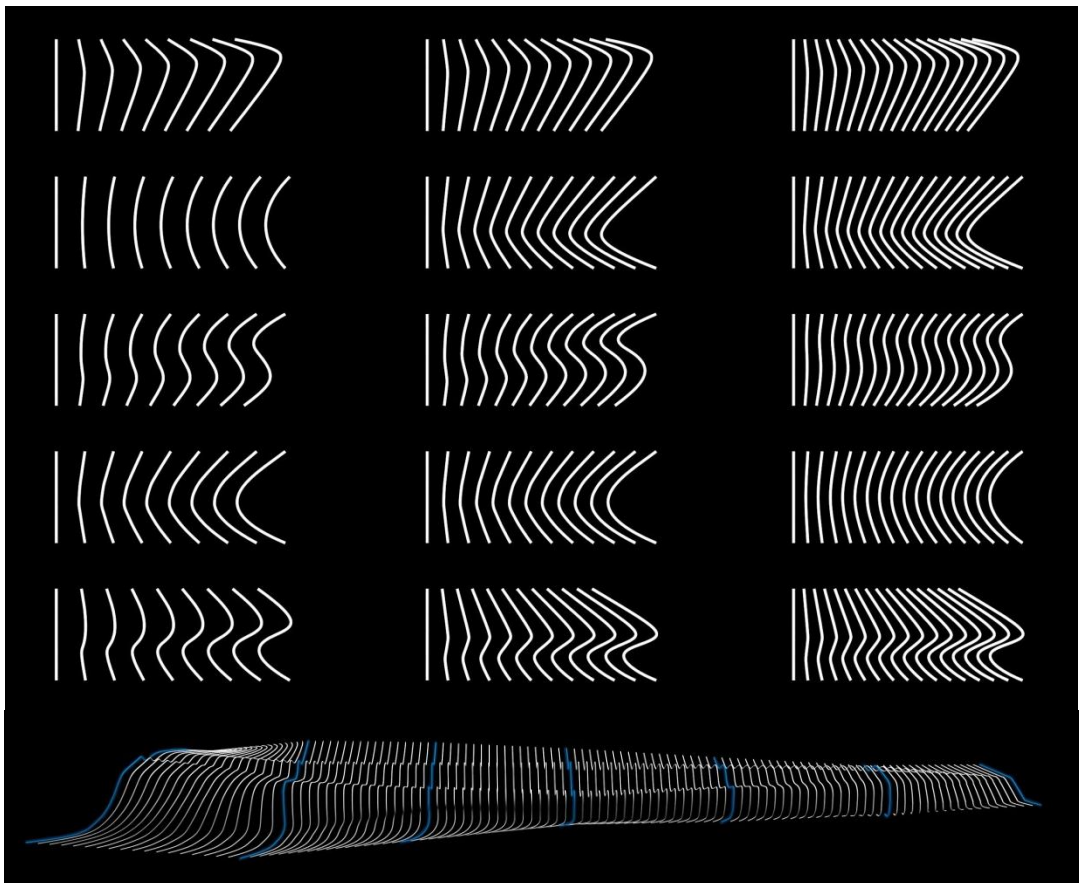


Şekil 3.35 : Widrig (2013) "Art + Science of Super Natural Motion" üretimi, (Widrig, 2013).

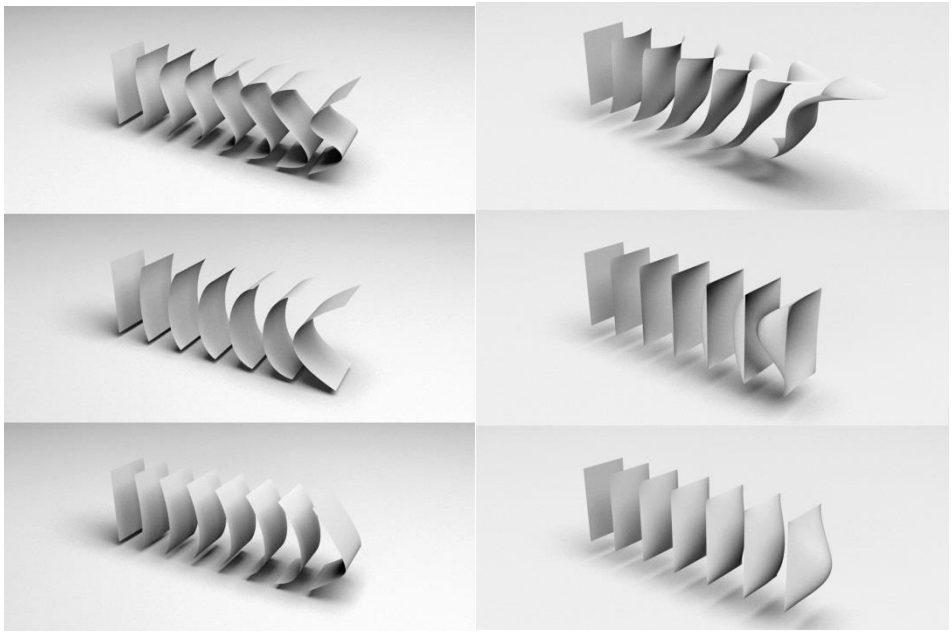
Dijital tasarım teknikleriyle form bulma çalışmaları ve bunların malzemenin izin verdiği ölçüde üretilmesi, yeni malzeme ve üretken sistem araçları geliştirmede, sınırları zorlayan, yenilikçi yaklaşımlarla tasarımcıyı farklılaşmaya itmektedir.

Rhinoceros 5 programında bulunan "Tween curves", "Ara eğriler" komutu Dönüşümler teorisinde iki tip arasındaki ara kesitleri zaman uzayında verdiği gibi, eğriler arası geçişi veren bir komuttur. "Ara eğriler" komutu iki eğri arasındaki geometri geçişlerini kullanıcının istediği sayıda üretir (Şekil 3.36) şekilde mavi renkle ifade edilen eğriler tasarımcının çizdiği sinüs eğrileridir, aralarındaki beyaz eğrileri komut kendi yaratır. İki yüzey arası geçişi sağlayan diğer komut ise "Tween surface"dir (Şekil 3.37). Bu komutlar başlangıç ve bitiş formları belirlemek koşulu ile sonsuz olasılıklar üretir. Bu olasılıklar belirlenen iki form arasında gerçekleşir. Bu

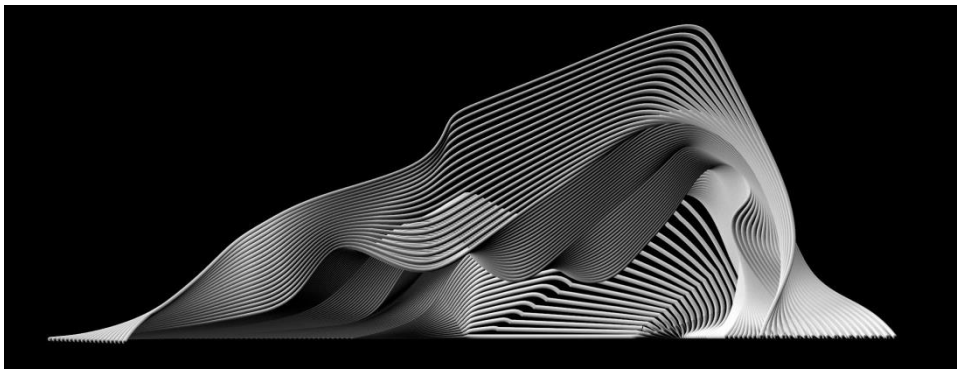
araçların kullanımı ile dönüşümler teorisi kapsamında yaratıcı modeller (Şekil 3.38) geliştirmek mümkündür.



Şekil 3.36 : "Ara eğriler" komutu üretimleri.



Şekil 3.37 : "Tween surface" komutu üretimleri.



Şekil 3.38 : Yaratıcı model üretimi.

3.3 İlişkilendirilebilir Geometri

Herakleitos: Sokrates öncesi Yunan filozof. " Toprağın ölümü suyun doğuşu; suyun ölümü havanın doğuşu; havanın ölümü ateşin doğuşudur ve bunun tersi" (Aurelius, 2004, s. 66).

Parametrik modelleme tanımsal geometri (descriptive geometry) yerine, ilişkilendirilebilir geometri (associative geometry) prensibine dayalıdır. Bu prensiple şekillerin metrik değerleri yoktur, birbirleriyle ilişkileri önemlidir böylelikle herhangi bir metrik değer alabilir ve kendilerine ilişkilendirilmiş tüm geometrik bilgiyi yeniden tanımlayabilirler. Parametrik tasarımda, parçacıl tasarımın parametreleri kesindir, değişmezdir ancak bütünde oluşturduğu şekli belirsizdir (Kolarevic, 2000).

Farklı değerlerde parametreler atanarak, farklı kombinasyonlarda formlar oluşturulabilir. Denklemler objelerle ilişkilidir. Bu durum da ilişkilendirilebilir geometriyi tanımlar. Objeler arası karşılıklı bağımlılık üzerine kuruludur. Bu bağımlılık dönüştürülerek farklılaşan ama bağımlı bir sistem sergiler.

İlişkilendirilebilir geometride toplama ve çarpma işleminde grup kümeleri önemini yitirir. Rakamların öncelik toplanma ve çarpma sırası denklemin sonucunu değiştirmez. Bu durum sabit yönlü bir hareketi temsil edebilir. Bu hareket her yönde aynı ilerler. Anizotropi kavramının farklı yönlerde farklı özellikler sergileme tanımına ters düşer niteliktedir ancak Dönüşümler teorisinin nereden başlanıp nerede biteceği belli olan form, ara kesitleriyle örtüşür. Bu gerilimli durum çalışmanın ilerlemesinde tetikleyici bir rol oynamıştır.

Form ve madde arasında sürekli bir dönüşüm söz konusudur. Mimarın aklındaki formun geometrik olanakları ile bunun maddedeki karşılığı ile şekillenir. Madde ile

geometri ilişkilidir. İnşa etme eyleminin gerçekleşmesi için madde, malzeme, geometri ile dönüşen, evrilen ve ilişkili olmalıdır. Geometrinin dönüştüğü ölçüde madde de dönüşmelidir.

3.4 Malzemenin Dönüşümü

"İnsanların döküntülerini atacakları bir yerleri vardır, oysa evrensel doğanın kendi dışında hiçbir şeyi yoktur, ama doğanın ustalığının olağanüstü yanı; dışarıdan başka hiçbir malzemeye ya da artıkları atmak için bir yere gereksinim duymaksızın, içindeki ona eskimiş, yıpranmış, yararsız görünen her şeyi dönüştürerek yepyeni şeyler yaratmasıdır" (Aurelius, 2004, s. 117).

Thompson kitabın giriş bölümünde gücün tanımını yaparken beton örneğini verir. Yani malzemeye etkiyen güç üzerinden Newton prensiplerini açıklar (Arthur, 2006). Bu anlamda teorinin sınırlarını oluşturan dokunun biyokimyasal yapısı incelenmeden yapılan değişimler, malzemeden bağımsız düşünülemeyen geometriyi akla getirir. Bu anlamda malzemenin dönüşümü geometrinin şekillenmesi için bir güçtür. Thompson dönüşümler teorisi kapsamında malzemeye ve dokuya çok dokunmasa dahi. Kitabın "The Rate of Growth" bölümünde ısının dokuya ve malzemeye etkisinden bahseder. Malzemeyi, maddeyi düşünmek yaşayan ya da ölü olsun bize doğanın gücünü gösterir (Thompson, 1945). Burada malzemenin Thompson için yerini anlarız. Malzeme önemlidir.

Thompson (1945)'e göre basit fizikte güç, eylemin hareketi oluşturması ya da değiştirmesi ile tanınır. Ya da geri kalan hareketin önlenmesi ve korunması ile tanınır. Biz betonun içindeki malzeme ile anlaşma yaparken güç ortada yoktur. Güç bizimle konuşmaz. Güç maddenin tersine bağımsız bir varlığa sahiptir. Bu birçok formun içinde bulunan enerjidir. Biz düşüncelerimizi malzemeden soyutlarsak ve onun formundan, formun ve hareketin öznel yapısıyla ilgilenirsek asıl gücü görürüz (Thompson, 1945).

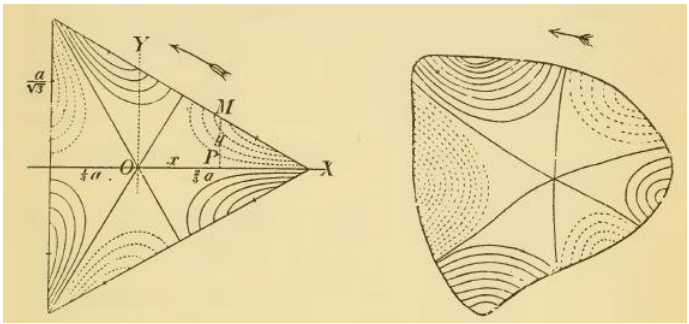
Thompson " On Growth and Form" kitabında anizotropi ve izotropi kavramlarından sıkça bahseder. Thompson'un "Of Asymmetry an Anizotropy" bölümünde madde ve onun anizotropik yapısından bahseder. Organizmalardaki Protoplazma bileşeni üzerinden bu durumu açıklar. Protoplazma mükemmel bir akışkanlık sergilemez. İçinde çeşitli güçler vardır, bazen bu güçler kutupsaldır ve simetrik olmayan baskıları

içinde barındırır. Bu yüzden protoplazmanın yüzey filmi, membranı, izotropik olmayan bir akışkan yapıya sahiptir. Bu akışkan membran yarı geçirgen bir yapı oluşturur. Çekirdekteki salgılanma ve emme bu membrana bağlıdır. Membranın geçirgenliği koruduğu hücre çekirdeğinin ihtiyacına göre şekillenir. Bu durumda protoplazma membranı anizotropik bir yapı sergiler. Anizotropi kelimesi ilk olarak Thompson'un bu açıklamalarıyla yerini alır.

Thompson silindirik hücrelerin dış baskılara göre büyüdüğünü ve büyüme özelliklerinin baskıların yönüne göre değiştiğini savunur (Thompson, 1945). Hücre duvarlarındaki homojenliğin ve izotropinin eksikliği gözle görülebilir. Bu durumda anizotropik yapılanma homojen bir yapı sergilemez. Sürdürülebilirliğin devam etmesi için mükemmel olmayan izotropi gereklidir. Burada Thompson anizotropi demek istemiştir. İzotrop yapılanma düzenli ve sıralı değişimleri içerir, anizotrop yapılanma ise daha düzensiz güçlerin dönüşümü ve etkileşimi ile oluşur. Kutupsal akslardaki değişim, etkileşim ve parçalanma, (burada silindirik hüclerelerin değişiminden bahseder) asimetrik olmalıdır ki yeni anizotropik büyüme gerçekleşebilsin. Bu durumda anizotropi kavramının simetrik olmadığını açıklar.

"Anizotropik ya da kutupsal etkiler simetrik değildir" (Thompson, 1945, s. 577).

Thompson (1945) izotrop bir prizmanın çevresine membran sarılırsa şeklini koruyacağını ancak anizotropik dokuya sahip bir prizma membranla prizma şekline sokulduğunda şeklin bozulacağını ifade eder. Prizmanın öklit eğrileri içindeki anizotropik durumdan kaynaklı (farklı yoğunluk ve geçirgenlik fazları) sinüs eğrilerine dönüştüğünü ifade eder (Şekil 3.39). Bir malzemeyi, maddeyi ya da dokuyu çevreleyen membranın kalınlıkları yer yer farklı ise anizotropik olması kaçınılmazdır.



Şekil 3.39 : Üçgenler prizmasının anizotrop durumu, (Thompson, 1945, s. 885).

Thompson malzemenin ve doğal güçlerin biçimi etkilediğini vurgular (Thompson, 1945). Günümüz teknolojileriyle malzeme etkileşimi ve malzemenin dönüşümlerinin günümüzde ne durumda olduğuna bakmak gerekir. Malzemenin Bilgisayar Destekli tasarımdaki yeri nedir ve bu alanda nasıl evrilmiştir konularına değinilmiştir. Bu duruma ek olarak malzemenin anizotrop ve izotrop etkileri açıklanmıştır. Ve günümüzde kompozit malzemelerin gelişimi ile ilerleyen tasarımlar örneklenmiştir.

Malzeme konusu çok kapsamlı temel bir araştırma konusudur. Bu bölümde malzemenin yaratacağı olasılıklar tartışılır. Bu anlamda malzeme, geometri kurma ve bu iki kavram arasındaki dönüşüme bakılmıştır.

Bilgisayar Destekli Tasarım araçları formu esnekleştirmiş ve tasarımcı zihnindeki formları temsil etme gücü kazandırmıştır. Bu form oluşumları malzemeden bağımsız olarak gerçekleşir ancak mimar malzemelerin kısıtlarını bilerek tasarımını gerçekleştirir ve kısıtlar. Burada kısıtlama olumsuz anlamda dile getirilmemiştir, mimara bir sınır çizer. Malzeme durağan ve tasarıma dahil olmayan bir eleman değildir. Tasarıma yön veren malzeme, üretken ve akışkan etki alanları yaratır (Hensel & Menges, 2008). Akışkanlık ve üretkenlik doğanın temelini oluşturur. Malzeme doğadan gelmektedir. Doğal güçlerin elementi sıkıştırması, ısıtması ve kırması vb. doğal etkileri sonucu farklı tip maddeler oluşur. Bu oluşumda insan doğadan aldığı maddeyi kendi yaşamını sürdürmek için kullanır. Bu anlamda malzeme biliminde biyoloji ile mühendislik disiplinlerinin ortak çalışması yeni malzeme yaratımlarını ortaya koyar. Yeni üretimlerde disiplinler arası etkileşim kaçınılmazdır.

Malzemenin moleküler yapılarına baktığımızda, malzeme moleküllerin farklı yerleşme biçimlerine göre tanımlanır. Ahşap, taş, plastik ve fiber malzemeler moleküllü yapılarıyla özellik kazanırlar (Yazıcı, 2013). Metallerde ise tek tip atomun düzenli bağlanmaları ile oluşan izotrop bir yapı vardır. Ahşap ise moleküllü, heterojen ve anizotrop bir malzemedir. Farklı yönde farklı davranış biçimleri sergiler. Malzemenin anizotrop yapısı, dönüşüm sürecinde çok önemli bir yapıya sahiptir. Doğa maksimum performansı, minimum kaynaklarla yapar. Bu durum malzeme yaratımlarında biyoloji disipliniyle etkileşimli çalışmanın en temel sebebidir. Doğal malzemelere baktığımızda ahşaptan söz etmek gerekir.

Ahşap inşasının çeşitliliği, malzemenin deneysel form üretme çalışmalarında kullanımında önemli bir rol oynamıştır. Malzemenin esnekliği, işlenilebilirliğinin

kolay olması kullanımında temel malzemelerden biri olmasında etkilidir. Yeni üretim ve malzemenin birleşmesi tekniklerini geliştirmek, ahşabın anizotropik yapısı sayesinde gerçekleşmeye başlamıştır. Geleneksel ahşap üretim tekniklerini bir adım öteye götürmek yeni yaratımları tetikler (Tamke, Thomsen, & Riiber, 2008). Geometri üretiminde bu süreç çok değerlidir.

Doğadan kaynak bulduğumuz malzemelerin yanında doğadan alınan malzemelerin insanoğlunun elinde yeniden şekillenen kompozit malzemeler vardır. Son 20 yıldır mimarlar kompozit fiber malzemeler kullanmaya başlamışlardır. Bu kompozit malzemeler, camdan, karbonfiberden vb. yapılan yapıların yoğunluğu artmaktadır (Beesley & Bonnemaison, 2008). Kompozit malzemeler, iki ya da daha fazla sayıda malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşur. Farklı özelliklere sahip birçok malzemenin oluşturduğu bütünleşik bir sistemdir. Mikroskobik açıdan heterojen bir malzeme yani anizotrop özellik gösterir, büyük ölçekte homojen malzemelerin özelliklerini gösterir. Anizotrop ve izotrop özelliklerin birleşimidir. Kompozit malzemelere baktığımızda, fiber plastikler dayanıklılık, hafiflik ve aşınmalara karşı dayanım güçleriyle, çelikten daha güçlü performans gösterirler (Beesley & Bonnemaison, 2008). Bu tip fiber kompozitler, çeliğin yada ahşabın yerini alabilir ve form üretiminde yeni olasılıklara kapı açabilir.

Çelik izotropik malzeme özelliklerine sahiptir. Kompozit fiberler anizotropiktir. Bunun anlamı ahşap gibi farklı yönde farklı dayanımlılık gücü göstermeleridir. Kompozit fiber malzemelerin gelişmesiyle birlikte üç boyutlu, dalgalı amorf formlar yaratımı hızlanmıştır. Bu hızlanımla birlikte hem kompozit hem de ahşap malzeme üzerinden "programlanabilir malzeme" kavramını görürüz. Bu konu kapsamlı araştırılması gereken bir konudur, ancak genel özelliklerinden bahsedilecektir. Ahşap ve fiber kompozit malzemeler anizotropik özellikleri sebebiyle bu alanda çok kullanılır (Ou, 2014). Bu kavramın ahşap malzeme üzerinden anlatılması doğa ve Bilgisayar Destekli Tasarımın etkileşimi için yararlı bulunmuştur.

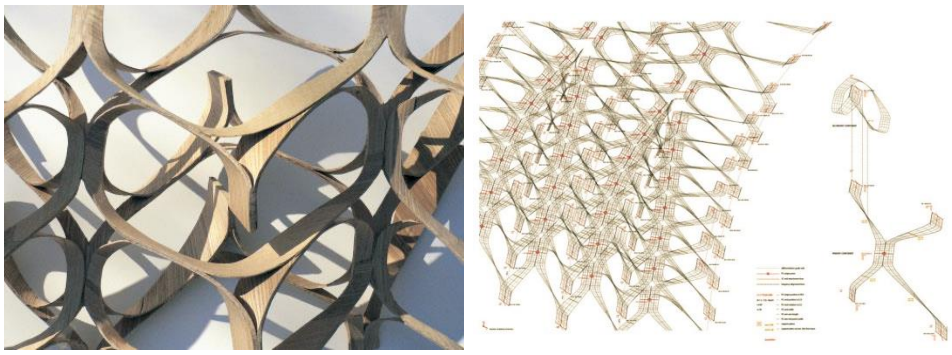
Malzeme ve biçim üretimi üzerine yaratıcı ve yenilikçi çalışmaları olan Neri Oxman, minimum kaynakla maksimum form çeşitliliğini yaratmak için malzemenin anizotropik yapısını değerlendirmek gerektiğini savunur (Ou, 2014). Ahşap anizotropik malzemeyi anlamak için mükemmel bir örnektir. Özellikleri çok geniştir. Ağacın büyüklüğüne, yetiştiği yere, damarlı yapısına göre değişiklik gösterir. Ağaç kuruduğunda farklı deformasyon özellikleri ortaya çıkar, nemliyken daha esnektir.

Programlanabilir malzeme ahşap üzerinden örneklendirerek anlatılabilir. İlk olarak malzeme anizotropik olmalıdır. Bunun sebebi farklı yönlerdeki davranış biçimlerinden yararlanıp yeni oluşum alternatiflerini artırmaktır. İlk olarak malzeme nereden deforme edilmelidir sorusuna cevap aranır. İkinci olarak malzemenin yoğunluğu yani anizotropisi deformasyona ne kadar izin verir sorusu araştırılır. Üçüncüsü, malzemenin yönelimlerinin, kontrol noktalarının, esnek olmasıdır. Bu üç temel üzerinden malzeme programlanabilir olur. Bu durumu temel olarak el becerisi ile yaratabiliriz. Kağıdın anizotropik özelliğinden yola çıkılırsa, kağıt tek başına büküldüğünden dayanıksızdır ancak kağıdı uzun şeritler halinde kesip bir örgü oluşturduğumuzda dayanım gücü artar ve daha tutarlı bir deformasyondan bahsedebiliriz (Ou, 2014). Frei Otto, Felix Candela ve birçok mimar daha malzemenin kısıtlarını en aza indiren yenilikçi yaklaşımlarla tasarımlarını gerçekleştirmişlerdir. Bu alanda günümüz mimarlığı ve malzeme ilişkisi çerçevesinde yaratıcı yaklaşımlardan bahsetmek yararlı olabilir.

Aleksandra Jaeschke, Michael Hensel ve Achim Menges yürütücülüğünde yaptığı bir çalışma olarak "Contınuous Lamınae" ahşabın anizotropik özelliğinden yola çıkılarak başlatılmıştır (Menges, Hensel , & Jaeschke, 2008). Ahşabın bükülme eğrilerine göre paneller bükülüp yerleştirilmiştir. Büküm sırasında dayanıklılığı artırmak için sistem ahşabın birbirinden destek alması üzerinde tasarlanmıştır. Ahşabın tek başına eğriselliği esnek ve narindir, ancak paneller bir araya getirildiğinde tüm formda dayanıklı bir yapı sergilemiştir. Form rüzgar güçlerine dayanıklı olması için tasarlanmıştır. Rüzgarın getirdiği kum birikintileri yüzeylerden akar ve kum birikimi en aza indirilmiş olur. İlk olarak 3D yazıcı ile üretilmiş olan model (Şekil 3.40), büyük ölçekte üretiminde ahşabın esnek yapısından faydalanır (Şekil 3.41).



Şekil 3.40 : Modelin 3D printer üretimi, (Menges, Hensel , & Jaeschke, 2008).

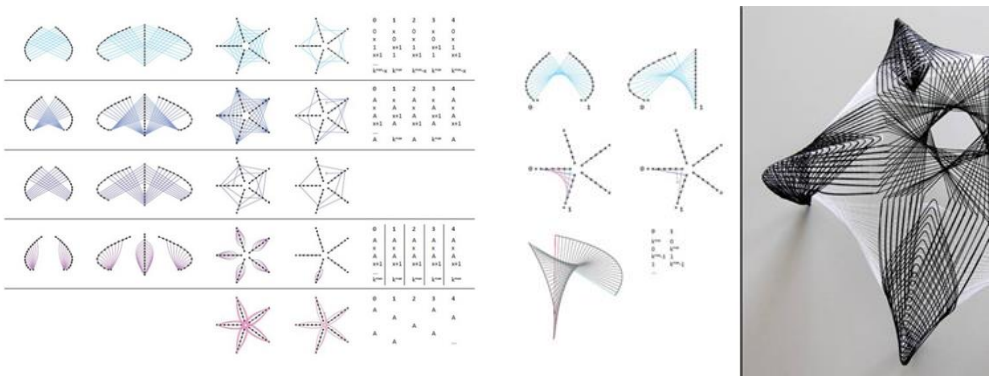


Şekil 3.41 : Modelin Ahşap üretimi, (Menges, Hensel , & Jaeschke, 2008).

Disiplinler arası bir proje olan pavyon tasarımı, Sayısal Tasarım (ICD) Enstitüsü araştırmacıları ve Stuttgart Üniversitesi'nde Bina Yapıları ve Yapısal Tasarım (ITKE) Enstitüsü işbirliği ile gerçekleşmiştir. Menges ve Knippers tarafından yürütülen projede omurgasız alt türleri, malzemenin anizotropik durumu ve eklembacaklıların fonksiyonel morfolojileri sistemin tasarımında araştırılan başlıca konuları oluşturmuştur. Projede eklem bacaklıların dış iskelet sisteminin morfolojisi ve onu oluşturan doku yapılanması kullanılmıştır. Tasarımda ıstakozun dış iskelet yapısı, lif yoğunluğu, örüntüsü ve sertliği analiz edilmiştir. Yapı beşgen bir öklit geometrisine oturur. %70 cam lifi, %30 karbon malzemeden oluşan kompozit bir malzeme üretilmiştir. Pavyonun üretimi programlanan robotik kollarla gerçekleşmiştir (Şekil 3.42). Bu pavyon denemesinde anizotropi kavramı direk sistemin içinde yer almaktadır. Okuyucunun (yapı okuması) anizotropi yorumuna gerek duymadan direk sistemle etkileşimli olarak anizotropi kavramı, malzeme üretme boyutunda sisteme dahil olmuştur. Istakoz iskeleti homojenliği ve heterojenliği sistemde bir arada kullanır. Bu anlamda Pavyonun beyaz kompozit malzemeyle örülen kısmı izotrop bir yapı sergiler, siyah örüntülü kısım ise anizotropiktir (Şekil 3.43). Geometrik morfoloji alt yapılı çalışma canlının parça sistemlerinin bir sisteme uyarlanıp üretimi için yaratıcı bir örnektir.



Şekil 3.42 : Robotik kollarla üretim, (URL-13).

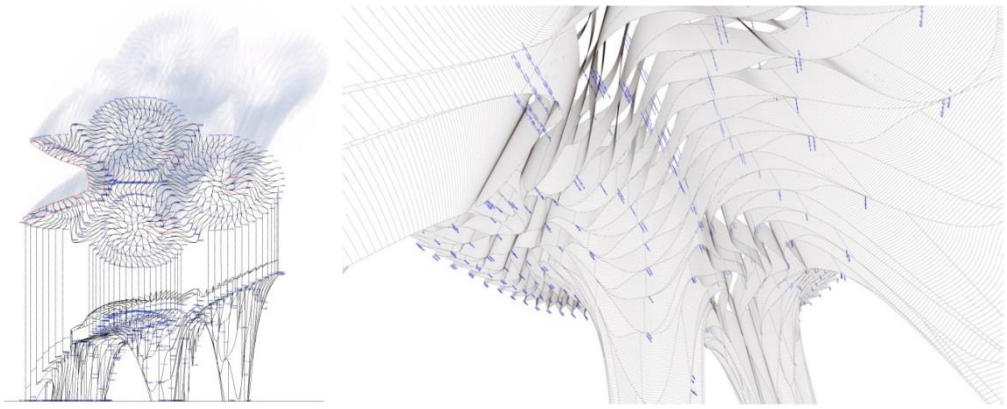


Şekil 3.43 : Örgü oluşum diagramı, (URL-14).

"Pavilion Ban" Ban pavyonu projesi Orproject tarafından Pekin Tasarım Haftası (2012) için tasarlanmıştır. "Ban" kelime anlamı olarak Çince de çiçek yaprakları anlamında kullanılır. Bu tasarımın altında yatan motivasyon, çiçek yaraklarının bükülerek oluşturduğu yapı kendi sisteminde stabil bir taşıyıcı eleman olarak çalışır. Form oluşturulurken geçirgen polimer yaprakların birbiri üzerine katlanarak, daha dayanıklı ve birbirini destekleyici bir yapı oluşturulur. Bu katlanma durumu yapıyı oluşturan modüllerin birbirlerini desteklemesi ile ayakta durmaktadır (Şekil 3.44). Sistemi oluşturan levhalar ince ve yumuşak dokudan oluşurlar ve kolayca deforme edilebilirler. Polimer levhalar dikey yönde konumlandırıldığında daha dayanıklı bir yapı sergilerler ve birbirleriyle etkileşimli olarak çalıştıklarında güçlü bir taşıyıcı olarak, sistemi ayakta tutarlar (Şekil 3.45). Burada polimer levhaların yatay ve dikey doğrultularda farklı yapı özellikleri sergilediği görülmüştür. Birçok çiçekte bükülmüş yaprak şekli görülür. Ban'ın prensibinde bükülen yaprak modeli yapımı temel alınmıştır. Orproject kolon, kemer ve tonoz sistemleri (anizotropik geometriler) kullanarak taşıyıcılığı sağlamıştır. Ban pavilion'u dört merkezli bir sisteme dayanır. Bu merkez çevresinde dönen taç yaprak sistemine dayanan form akışı, tasarımın hatlarını oluşturur. Her bir plaka CNC ile kesilmiştir. Kesilen parçaların birbirleriyle olan bağlantısı ve komşuluk ilişkisi, somun ve cıvata ile sağlanmıştır.



Şekil 3.44 : Deneysel pavilyonun polimer yaprakları, (URL-15).



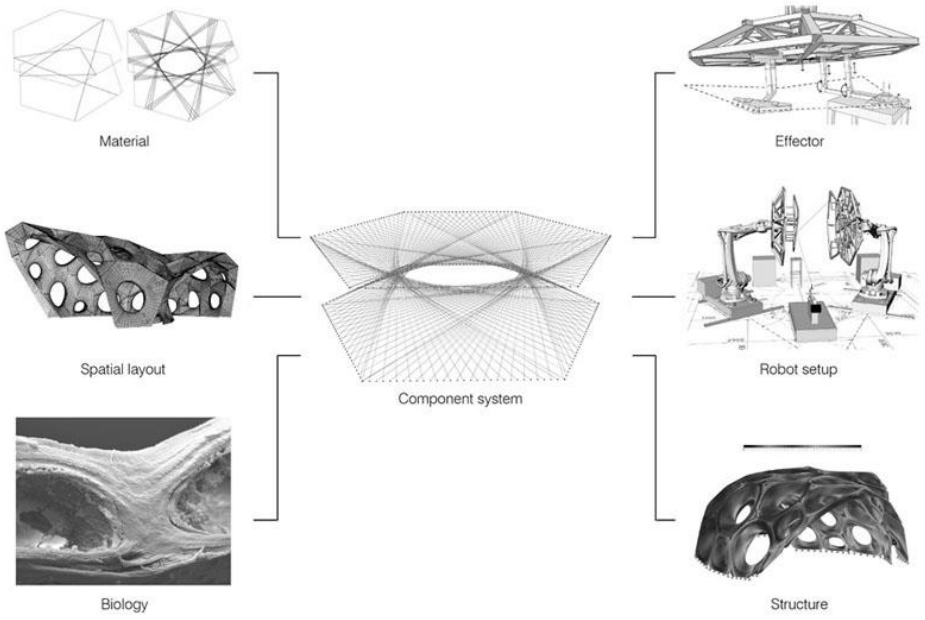
Şekil 3.45 : Plakaların yerleşimi, (URL-15).

Polimer plakalar eğrisel çizgiler üzerinden şekillendirilir. Bu çizgiler birbirlerini takip ederek akar bir ağ sistemi oluşturur. Yaprak plakaların formları bir önceki yaprağın şekline uyum sağlayarak şekillenirler. Saydam polimer plakaların birleşmesi (Şekil 3.46) gözlemcinin gözü tarafından takip edilerek kendi kurgusunu oluşturur. Bu kurguda malzeme boyutunda anizotropik olma eğiliminin dışında asıl anizotropi, yapıyı gören kişinin kendi durumuna göre yorumlayabilir oluşudur.



Şekil 3.46 : Plakaların birleşim detayları, (URL-15).

Bir diğer ICD/ITKE Araştırma projesi kapsamında yapılan Pavyon (2013-2014), benzer bir performans temelli bir yaklaşım ile organizma inceleme, sistem oluşturma ve morfolojik geometriler üretme ilkelerine bağlı kalınarak üretilmiştir. Böceklerin bedenlerini koruyan kabuğun incelenmesi ve kanatlarının taşıyıcılık ve dayanıklılık ilkesine dayanan pavyon, "programlanabilir malzeme" ve dijital üretim teknikleri için yaratıcı bir çalışmadır. Disiplinler arası etkileşimin (Şekil 3.47) yoğun birliktelikte çalışıldığı üretim, malzemenin ve ona bağlı geometrinin oluşumda araştırmacıya yeni kapılar açar. Proje kapsamında kompozit fiber malzemelerin dayanımlılık ve esneklik özellikleri ile robotik kollar tarafından örülen sistemler birleştirilerek tasarım gerçekleştirilir (Şekil 3.48).



Şekil 3.47 : Pavyonun üretim süreci, (URL-16)



Şekil 3.48 : Pavyonun örgü yapılanması, (URL-16)

Bölümde Thompson'un malzeme dönüşümü üzerine çalışmaları, Bilgisayar destekli tasarım teknikleri ile doğa güçlerinin etkileşimi ve malzemenin genel yapısı ve dönüşümü incelenmiştir. Anizotropi ve izotropi kavramlarının şekillenme süreçleri genel hatlarıyla incelenmiştir. Malzemenin geometriden bağımsız, geometrinin malzemeden bağımsız düşünülemediği gerçektir. Disiplinler arası çalışmaları yaratım sürecinde yenilikçi ve yaratıcı oluşumlarıyla araştırmacıyı yönlendirmektedir. Çalışmanın 4. Bölümü olan Anizotropi Kavramı başlığında kavramın malzeme bilimindeki detaylı incelemesi yapılmıştır.

3.5 Kavramın Formla Somutlaştırılması

Yaprak varlıklarının sahip oldukları form (morphe) yani biçim, meyveyi koruma amacı doğrultusunda o şekle gelmiştir. Yani yaprak varlıklarının, formu-şekli-biçimi yapraktır. Yaprak olmak onun formel nedenidir ve formun oluşmasının nedeni meyveyi korumak amacıyla yaprak olmaktır. (Yılmaz, 2013). Burada kavram korumaktır, kavramın biçimlenmiş hali ise yapraktır. Doğada kavram biçimle şekillenir. Bu anlamda Thomson'un Çalışmalarını değerli kılan bir diğer unsur, ortaya koyduğu sistemi temsil etme biçimidir. Çizimlerle ve basit anlatımlarla ifade yeteneğini artırır. Kavram olan dönüşümü biçime sokar. Tezin model bölümünde her kavramın farklı bakış açılarıyla geometrik, biçimsel ve temsil olarak üretilmesi bu amaçta değerli bulunmuştur. Tezin 3.2.3. bölümünde incelenen sanatçılar kavramın biçime ulaşma sürecine örnektir.

3.6 Çıkarımlar

Bu bölümde geometri kurma, fraktal geometri ve dönüşümler teorisi ana başlıkları altında genel olarak geometrinin doğanın oluşumunu çözme çabası incelenmiştir. Mimari Tasarımda parametrik yaklaşımlar ve üretken sistemler konularına girmeden önceki temel kavramsal çalışma niteliğindeki bu yazının bu bölümü öncelikli olarak geometrik süreci farklı teorilerle anlamada yardımcı olmuştur. Kaos, fraktaller ve Dönüşümler Teorisi (The Theory of Transformations) kavramlarının birbirleriyle olan ilişkisi gözlenmiştir. Dönüşümler Teorisi üzerinden parametrik ve üretken sistemler tasarım tekniklerinin özüne inerken morfolojik ve yaratılış meselesi bağlantısı kurulmuştur. Bu çalışmanın devamında Thompson'ın Dönüşümler Teorisi merkezinden hareket ederek tasarım süreci üzerinden; geometri oluşumu,

malzemenin geometri kurmaya etkisi ve bu sürecin dönüşümü konuları ele alınmıştır. Mimari geometrilerin malzemeden bağımsız düşünülemeyeceği açıktır. Dönüşümler teorisinde form için sabit bir model üretmek yerine, modeli esnek olarak kabul etme durumu söz konusudur. Dönüşümler teorisi ile anizotropi kavramı eşzamanlı olarak birbirini destekler, her bir kesitte farklı formlar elde edilir. Elde edilen bu formlar bir önceki ve bir sonraki kesite benzer ancak aynı değildir. Form iki kesit arasında bağlantı kurar. İki formu bağlayıcıdır. Dönüşüm meselesi içerdiği gövde planı, parametre, güç çizgileri ve dönüşüm ızgarası gibi birçok kavramla mimarlık geometrisine yeni bir bakış açısı kazandırabilecek niteliktedir. Tasarımcının donmuş üretimine bağlı olmaktan kurtulup, doğrudan zihinde gerçekleşen tasarıma ulaşmak mümkün olmaktadır. Doğanın tasarımı, içerdiği gövde planı, parametre, güç çizgileri, dönüşüm ızgarası gibi birçok kavramla mimari tasarıma yeni bir bakış açısı kazandırabilecek niteliktedir.

4. ANİZOTROPİ KAVRAMI

Anizotropi kavramı 3.4 Malzemenin Dönüşümü bölümünde malzeme ve mimarlık okumaları üzerinden işlenmiştir. Thompson'un anizotropi kavramı üzerinden yaptığı tanımlamalar ve mimarlık disiplininde anizotropi kavramının ele alınışı işlenmiştir. Bu bölümde, anizotropi kavramının kendi disiplini içinde moleküler ve fiziksel tanımlamaları yapılmıştır.

4.1 Anizotropi Tanımı

İzotrop ve anizotrop kavramlarının mineraloji ve metalurji disiplinlerindeki genel tanımlarını açıklamak gerekir. İzotrop maddelerde gaz ve sıvılarda olduğu gibi, kimyasal yapıtaşlarının (atom, iyon ve molekül) dizilişinde bir düzensizlik bulunmaktadır. Bu maddeler fizik biliminde her yönde maddenin özelliğinin aynı olması olarak tanımlanır. Anizotrop maddeler ise, izotrop maddelerden farklı olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından yönlere göre bağımlılık gösterirler (Yalçın, 2001). Bu genel tanımlar yapıldıktan sonra anizotropi kavramının yönlere göre bağımlılık göstererek, farklı özelliklere sahip olmaları çalışmanın ana ekseninde, esnek ve farklılık yaratabilen modeller üretmede güçlü bir potansiyel barındırdığı düşünülmektedir. Bu potansiyel birçok açıdan ele alındığı zaman çeşitli sistemlerin oluşmasına ve bir geometrinin ortaya çıkma aşamasında güçlü bir çıkış noktası yakalama fırsatı vermiştir.

4.2 Kavramın Ele Alınışı

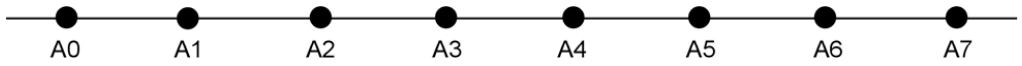
Anizotropi kavramı bölüm kapsamında birçok başlık altında ele alınmıştır. Bu başlıklar; Kristal yapılarda anizotropi kavramı, kristallerde hacim kafes sistemleri, kristallerde kimyasal örgü hataları, kristallerde elastik ve plastik deformasyon ve son olarak zeminler üzerinden anizotropi kavramları olmak üzere sıralanır. Kavramlar mineraloji ve metalurji disiplinlerindeki direk anlamlarıyla ele alınmıştır. Bu süreçte farklı tip modeller geliştirilmiştir. Bu modeller proje tasarım süreci boyunca

kavramın kendi disiplininden form bulma sürecine eklentili çalışması değerli bulunmuştur. Asıl amaç biçimi, form bulma çabasını, tasarımcının kavramsal tasarım süreci ile sayısal tasarım araçlarını kullanarak anizotropi kavramı üzerinden tartışmaktır.

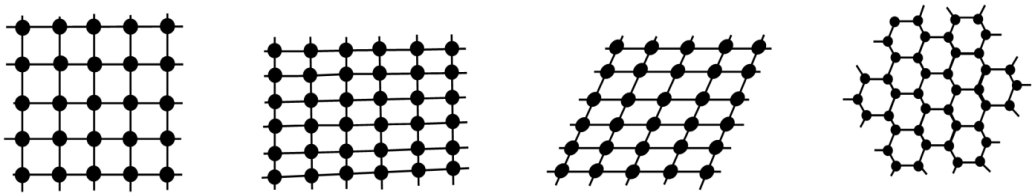
4.2.1 Kristallerde kafes yapısı

Doğal güçlerle oluşan, katı ve homojen olan, genellikle inorganik ve düzenli atom dizilimine sahip, belirli bir kimyasal bileşime sahip olan maddelere **mineral** denir (Yalçın, 2001). Homojen olan katı maddeler amorf ve kristalin olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Gaz ve sıvı olarak bulunan izotrop maddelerin moleküler dizilişinde bir düzensizlik bulunmaktadır. Diğer grubu oluşturan kristalin veya anizotrop maddeler, izotrop maddelerden farklı olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilintili olarak yönlere göre farklılık gösterirler. Kristallerin yapıtaşları düzenli bir geometrik dizilim gösterir (Yalçın, 2001). Homojen ve katı fazdadır.

Kristallerin kimyasal yapısı yapıtaşlarının ve noktalarının eşit uzaklıklarda iki boyutta bir yönde düzenli olarak dizilimleriyle meydana gelir (Şekil 4.1). Bu düzenli noktaların x ve y (iki boyutlu düzlem) düzenli ve periyodik olarak tekrarlanması ile "yüzeysel ağ" sistemi oluşur (Şekil 4.2) (Yalçın, 2001).

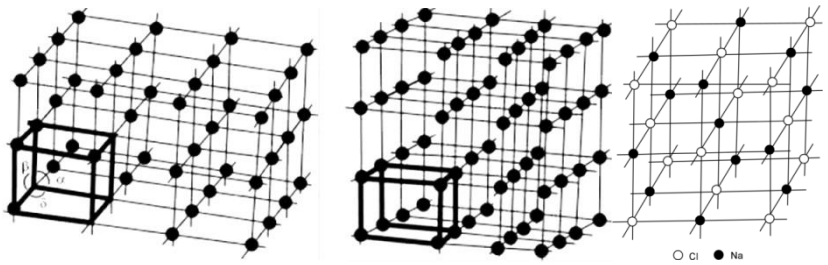


Şekil 4.1 : Kristal noktaların eşit uzaklıkta bağlanması, (Yalçın, 2001).



Şekil 4.2 : Kristal noktaların iki boyutta dizilimleri, (Yalçın, 2001).

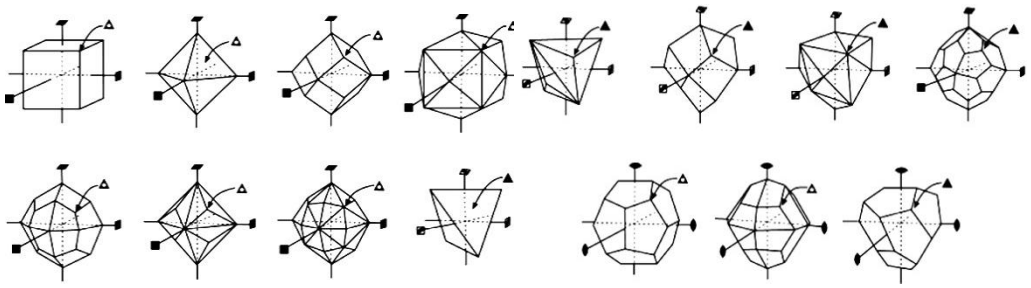
Bu yüzeysel ağların üçüncü boyutta paralel olarak çoğalması ile üç boyutlu bir kafes yapısına ulaşılır. Boyutlar arası paralel düzlemlerin birbirine bağlanması ile "hacimsel kafes" sistemi kurulur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Kristallerde kafes yapısı, (Yalçın, 2001).

4.2.2 Kristallerde morfolojik anizotropi

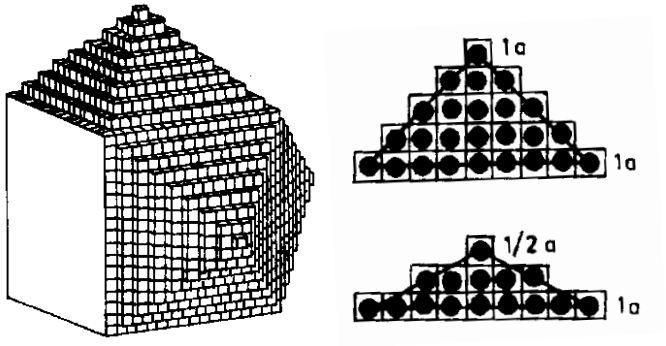
Kristaller bulundukları ortamda bir dış etki ya da engel olmadığı sürece yeterli hacim bularak düzgün yüzeyler oluştururlar. Büyümeleri sırasında yeterli hacim bulamadıklarında veya ortamda büyümelerini sınırlayan bir dış etki varsa yine öklit geometrik yapıdan çıkmazlar ancak organik büyümeye başlarlar. Bu düzensiz büyümeye karşın kristallerin içyapıları ve hacim kafes karakteri anizotropi özelliğini kaybetmezler. Düzensiz büyüyen dış geometri veya kristallerin morfolojik yapısı moleküler düzeyde anizotropiyi etkilemez. Kristaller dış baskı altında organik büyüdükleri düşünülse de bu organik büyüme kısıtlıdır. Büyüme yine doğrusal yüzeylerden ve kenarlardan oluşur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Organik büyüme, (Yalçın, 2001).

4.2.3 Kristallerde hacim kafes sistemi

Kristaller boşluksuz, yan yana ve süreklilikle dizilirler. Ancak moleküler ölçekte belirli mesafelerle birbirinden ayrılırlar ve aralarında bulunan itme ve çekme kuvveti ile dengede dururlar. Bu duruma "serbest hareketli molekül" denmektedir (Yalçın, 2001). İçinde barındırdığı itme ve çekme kuvvetleri ile kusursuz bir dizilim gerçekleştirirler. Bu dizilimler her birimde eşit kare kafeslerden oluşur, ancak bütün formda küçük kare hacim kafeslerden oluşmuş düzensiz şekilli yapı sergileyebilirler (Şekil 4.5). Birimde düzenli ancak bütünde karmaşık görünebilen kristal hacim kafes yapıları fraktal yapı oluşumuna benzerdir.



Şekil 4.5 : Birimde düzenli kafes hacim yapısı, (Yalçın, 2001).

4.2.4 Kristallerde kimyasal örgü hataları

Kristallerin kimyasal yapısına bakıldığında geometrik ve düzenli dizilimleriyle homojen madde görünümündedirler. Ancak kristallerde mutlak kimyasal özellik genel anlamda nadirdir. Minerallerde ise bu durum hiç görülmez. Mineraller doğa güçlerinin etkisiyle oluşmaktadırlar. Doğal etkileşimlerde her elementten az da olsa vardır. Bu anlamda etkileşim sırasında kristal kafes yapısının içine yabancı bir element yerleşebilir. Bu yerleşim kristali oluşturan kimyasal yapıtaşlarının kendilerine ait olmayan kafes noktalarında da gerçekleşebilir ve örgü hataları oluşur (Yalçın, 2001). Bu oluşan örgü hataları kimyasal uzayda gerçekleşir. Örgü hatalarına bir örnek olarak Si ve Ge(germanyum) yarı metallerini örnek verebiliriz. Si (silisyum), Ge (germanyum) gibi yarı metallerin kafesleri Al (alüminyum) ve As (arsenik) gibi atomların bünyelerine yerleşmesiyle iletkenlik kazanırlar (Şekil 4.6). Bu sistemde hatalı bir girdi farklı bir özellik kazandırır.

-Si-Si-Si-Si-Si-Al-Si-	-Si-Si-Si-Si-Si-Si-Si-
-Si-Si-Si-Si-Si-Si-Si-	-Si-Si-Si-Si-Si-Si-Si-
-Si-Si-Al-Si-Si-Si-Si-	-Si-Si-Si-As-Si-Si-Si-

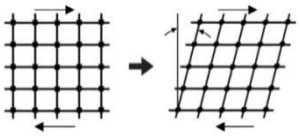
Şekil 4.6 : Si ve Ge yarı metallerine Al eklenmesi, (Yalçın, 2001).

Örgü hatalarındaki hatalı bir girdi anizotropik bir sistemde “attractor”, “dış etki” olarak çalışıp eklendiği sisteme farklı bir özellik kazandırabilir. Anizotropi kavramının temeli olan farklı yönlerde farklı davranış biçimleri temelli olan bir “attactor” eklendiği sisteme etki ettiği noktada farklı bir özellik kazandırır ve sistemi

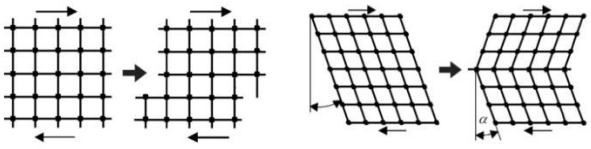
anizotropik bir duruma dönüştürür. Bu durumda hatalı bir girdinin "attractor" olarak çalışması kavramı biçimle somutlaştırmada bir teknik olabilir.

4.2.5 Kristallerde elastik ve plastik deformasyon

Mekanik özellikler malzemenin dış ortama ve doğa güçlerine karşı verdiği tepkidir (Yazıcı, 2013). Maddeler artan dış etkiler ile şekil değiştirirler ancak her maddenin dayanma noktası vardır. Dayanım noktasını yitirdiklerinde kırılırlar. Kırılma gerçekleşmeden önceki aşamalarda plastik ve elastik deformasyon olmak üzere iki tip değişim söz konusudur. Bu durum kristallerin moleküler yapısı üzerinden incelenmiştir. Darbe, basınç gibi mekanik bir etki altında kalan kristalde şekil değişikliği veya deformasyon oluşur. Bu şekil değişiklikleri geri dönüşümlüdür, mekanik etki ortadan kalktığında kristal tekrar eski durumunu kazanıyorsa elastik deformasyondan söz edilir (Şekil 4.7) (Erişir, 2012). Mekanik etkinin son bulmasına rağmen eski şekline dönmüyorsa plastik deformasyon adı verilir (Şekil 4.8). Elastik deformasyonda şekillenme geri dönüşümlüdür. Kristal bir kuvvetin etkisiyle şekil ve hacim değişmesine, yani bir deformasyona uğramıştır. Elastik deformasyon belirli bir sınıra kadar olabilir. Bu sınır aşıldığında şekil değişikliği artık geri dönüşümlü olamaz ve plastik deformasyon veya kırılma meydana gelir.



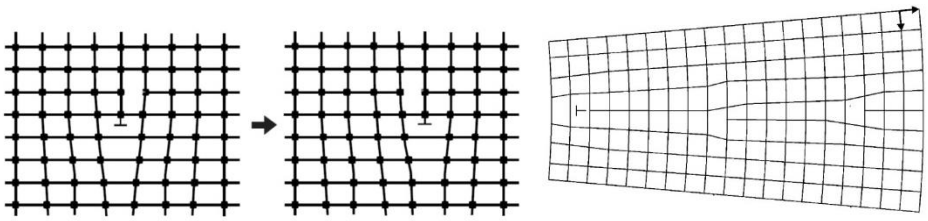
Şekil 4.7 : Tek kristalin elastik şekil değiştirmesi, (Erişir, 2012).



Şekil 4.8 : Tek kristalin plastik şekil değiştirmesi, (Erişir, 2012).

4.2.6 Dislokayson: plastik şekil değişimi

Bir kristal yapıya, yarım bir atom düzleminin girmesi sonucu uygulanan basınçla birlikte, düzlemin ucundaki atomlar basıncın etkisiyle sıkışırken, düzlemin yan kısımlarındaki atomlar ise açılmaya zorlanırlar (Şekil 4.9). Bu açılma kristalin yapısını kalıtsal olarak değiştirmektedir. Kalıtsal olarak değişen şekil plastik deformasyon geçirmiş demektir.



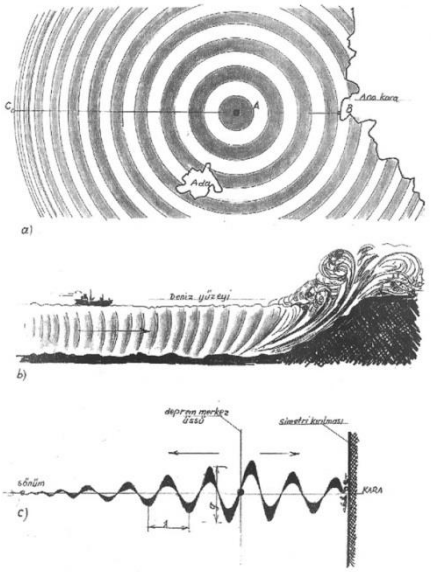
Şekil 4.9 : Dislokasyon, (Erişir, 2012).

4.2.7 Zeminler üzerinden anizotropi kavramı

Zeminler geniş bir yayılıma sahiptirler. Yatay alanlar üzerinde birikmiş kütlelerdir. Birikim sürecinde yatayda ve düşeyde deformasyona uğrarlar. Bu birikmeler, yatay ve düşey yönlerde değişken mekanik özellik kazanırlar. Zeminlerin doğal güçlerin etkisinde gerilme ve deformasyon ilişkileri anizotropik bir yapı sergilediklerini gösterir (Taşkıran, 2006). Zeminlerdeki anizotropik özellik doğada deprem, tsunami ve toprak kayması gibi tepkileriyle kendini göstermektedir. Doğadaki bu afetlerin temel sebeplerinden biri denge simetrisinin bozulmasıdır.

4.2.8 Simetri kırılması – denge simetrinin bozulması

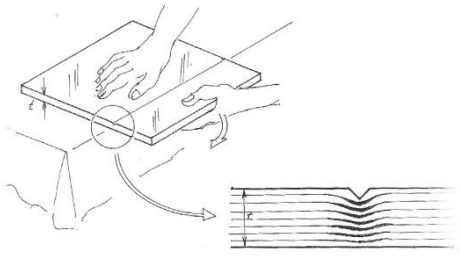
Düzgün giden bir basınç ve hareketin engellenmesi simetrinin bozulması ve simetri kırılması demektir (Çakmak, 2011). Yer düzleminin dengesinin bozulmasına deprem denilebilir. Yer tabakasının simetrisini kaybetmesi ve yüzeye binen yüklerin dengesizleştiği noktada kırılmalar olur; bu kırılmalar kristallerde plastik deformasyon eşiğini aşan durumdaki kırılmayı akla getirir. Zeminler yatay düzlemde, dikey bir etkiye maruz kaldıklarında daha çabuk tepki verirler ancak dikey düzlemde yine aynı düzlemde bir etkiye maruz kaldıklarında daha dayanıklıdırlar (Çakmak, 2011). Bu durumda farklı yönlerde farklı tepkiler verirler. Depremin olması denge simetirinin bozulması ile eş zamanlıdır. Simetri bozulduğunda eşzamanlı olarak anizotropi başlar (Şekil 4.10). Kırılma, yüzeyin kırılmadan önceki son basınç durumu, anizotropi tabanlı model üretiminde etkin bir rol oynamıştır. Mandelbort (1977) ise simetri kavramını "değişmezlik" olarak tanımlar. Bu durumda simetri kırılması değişmezin kırılması olarak düşünülebilir. Değişmezin kırılması meselesi değişenle eş değer bir sözcük olabilir elbette, değişmeyenin esnemesi, deforme olması ve kırılmasıdır. Değişmeyen kırıldığında homojenlik kırılabilir. Yeni yaratımlar için bir çatlak vermiş olur.



Şekil 4.10 : Okyanus ve deprem ilişkisi (simetri bozulması), (Çakmak, 2011).

4.2.9 Anizotropik deprem

Katı cisimlerde ve akışkanlarda doğa gereği etkilendikleri güçler doğrultusunda daima bir denge vardır. Denge halinde olan aynı fazda yaşayan her şeyin matematiksel toplamı sıfırdır. Bu durumda denge bozulursa değişim başlayabilir. Herhangi bir maddede meydana gelecek morfolojik değişiklikte kuvvet çizgilerindeki simetri bozulur ise, bozulan yerde kuvvet çizgileri yoğunlaşır (Şekil 4.11). Kuvvet çizgilerinin yoğunlaşması o bölgede kırılmanın yakın olduğunu gösterir. Eğer dışardan etki eden güç devam ederse kopma kaçınılmazdır ve simetri kırılmış olur (Çakmak, 2011). Simetri çizgileri kırılma anına yaklaştığında gözlenen eğri değişimi Dönüşümler Teorisi kapsamında ele alınan "ara eğriler" komutu ile ilişkilidir. Bu ilişki kavramın dijital tasarım araçlarıyla bağlantı kurulabileceğini gösterir. Kavramın biçimleşme süreci simetri eğrileri ile kendiliğinden form yaratıma aracına dönüşmüştür.

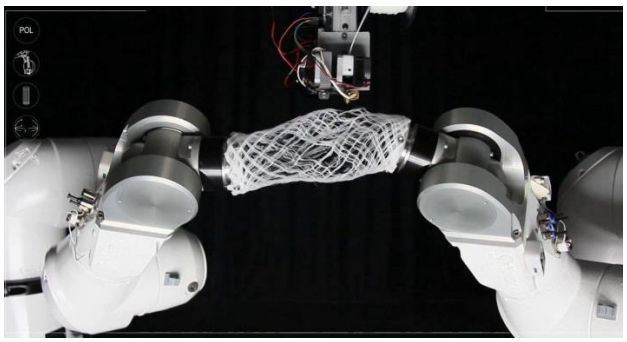


Şekil 4.11 : Camın çizilerek koparılma işlemi (kuvvet çizgilerinin yoğunlaşması), (Çakmak, 2011).

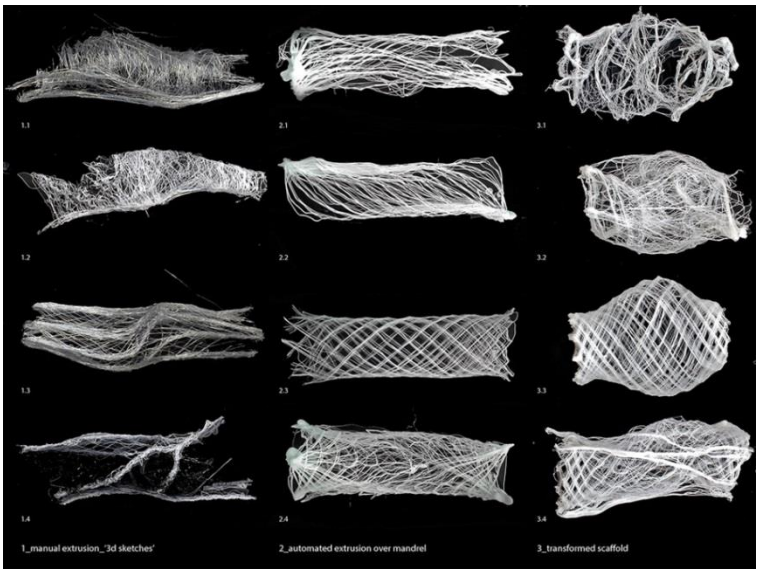
4.3 Anizotropi Kavramı Üzerinden Mimari Okumalar

3.4 Malzemenin Dönüşümü bölümünde anizotropi ve malzeme üzerinden yürütülen tasarımların alt yapısı incelenmiştir. Bu bölümde anizotropi kavramının projelerde direk kullanımı ve elastik, plastik deformasyon başlıklarında işlenen "attractor" kavramı ile ilintili projeler incelenmiştir.

SCI-Arc 'ta gerçekleşen çalışma Peter Testa koordinatörlüğünde gerçekleştirilmiş bir projedir. Anizotropik Oluşum projesi vektör tabanlı 3 -D baskı tekniği ile robotik tasarımın aracı olduğu bir projedir (Şekil 4.12). Proje estetik ve üretim mantığı olarak 3D üretim teknolojileri, yelken imalat teknikleri ve endüstriyel robotlara deneysel uygulamalardan ilham alınarak geliştirilmiştir. Üretim hem estetik açıdan hem de üretim açısından anizotoropik bir durum sergilemektedir. Malzeme davranışlarının belirsiz durumu ve malzeme arayışları proje sürecini heyecanlı hale getiren unsurlardır. Proje ilk olarak robot kolların manuel olarak yönlendirilmesi ile bir form arayışına girer. Daha sonra robot kolu yöneten bir kod yazılımıyla form kendi oluşur ve son olarak liflerin üzerine konumlandığı robotik kollar arası kabloların uzayıp kısalması ile bir yaratım gerçekleşir (Şekil 4.13). Malzemenin üretim sürecinde tasarımdan bağımsız bir yapı sergilenir. Bu yapı malzeme izin verdiği ölçüde oluşur. Malzeme ile robotik üretim arasındaki gel gitli süreç çalışmanın motivasyonunu oluşturan temel unsur olmuştur. Buradaki üretimin amacı geleneksel anlamdaki dijital modeli oluşturup üretmek değil; makine prosedürleri ve malzeme özelliklerinin birleşimi sonucu örüntüden oluşan formun ortaya çıkmasıdır (Şekil 4.14). Burada temeli oluşturan plastik lifli malzemeden oluşan form ve bu formun geometrisini araştırmada beklenmedik sonuçları görme açısından etkili bir çalışma olmuştur.



Şekil 4.12 : Robotik kolların örgüyü oluşturması, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013).



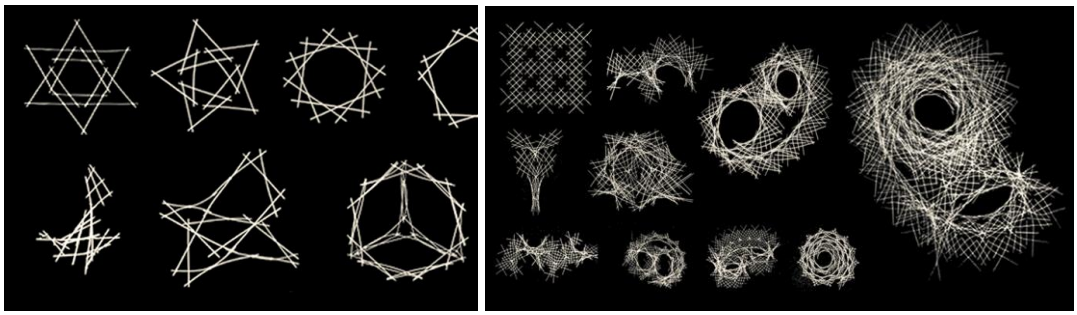
Şekil 4.13 : Örgü alternatifleri, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013).



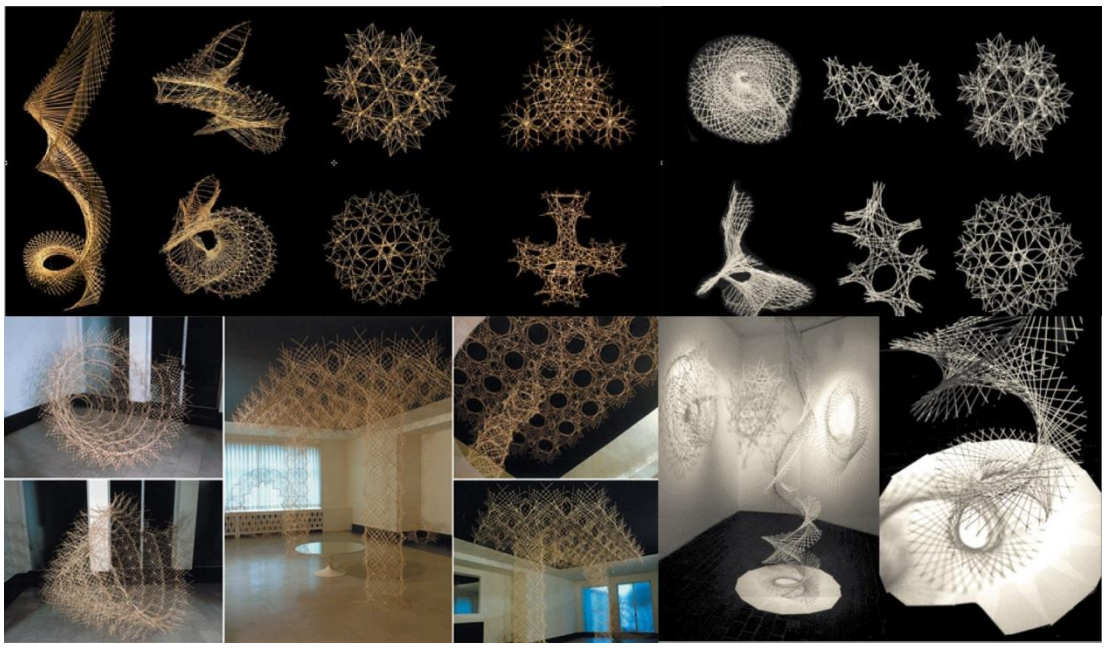
Şekil 4.14 : Örgü biçimleri, (Cortez, Lu, Tomara, & Traufanov, 2013).

Manuel Baiez'in (1998) "Fenomenolojik Bahçe", "Phenomenological Garden" isimli çalışması "Metaphoric Interweavings" disiplinler arası sempozyumunda sergilenmiş bir projedir. Tasarladığı heykeller bambu dübellerinin esnek gerilim altında anizotropik yapılarından faydalanır, eklemler lastik bantlar ile manuel olarak üretilmiştir (Baez, 2013). Lastik bantlarla bambu eklemlerinin bağlanması yapıya esneklik vermiştir ve üretim sürecinde istenilen şekle bürünmesini kolay hale getirmiştir. Yerçekimi ve yerel güçlerin izin verdiği karmaşıklıkta örüntüler oluşturur. Bu çalışmada amaç karmaşık strüktürler oluşturmaktır. Doğadaki karmaşık düzenin basit elementlerden oluşması gibi burada da bambu parçasından üretken, karmaşık ve akışkan strüktürler üretilir (Beesley & Bonnemaison, 2008).

Temel şekiller üçgen, daireler ve çokgenler gibi dinamik diyagramlar değillerdir; ancak dinamik ilişkilendirilirse temelin basit ama şeklin karmaşık olması durumu elde edilebilir (Şekil 4.15). Strüktürler örüntülerin etrafında döndürülmesi, burkulması ve çeşitli çekme kuvvetlerinin etkisiyle oluşur. Bir kare bambu modülünün eklenmesi ve bu eklemlenmenin dönüştürülmesi ile oluşur (Şekil 4.16).



Şekil 4.15 : Temel şekillerin karmaşıklaşma süreci ve bambu ızgaranın dönüşüm süreci, (Baez, 2013).



Şekil 4.16 : Bambu çubuklarının eklemlenmesi ile örgünün dönüşümleri, (Baez, 2013)

Bus: Stop (Otobüs: Dur), proje kapsamında oluşturulan yapılar; Sou Fujimoto, Rintala Eggertsson Architects, Architecten de Vylder Vinck Taillieu, Ensemble Studio / Antón Garcia-Abril ve Débora Mesa, Smiljan Radic, Amateur Architecture Studio / Wang Shu ve Lu Wenyu, Alexander Brodsky tarafından Krumbach kasabası sakinleri için otobüs durakları tasarlanmıştır (Şekil 4.17), (URL-17).

İnsanlarla, peyzajla, yerel kültür ve ticari geleneklerle diyalog halinde gelişen proje mimarın kafasında çizdiği forma göre şekillenir. Burada "attractor", mimarın kafasında oluşan tasarım sürecine insan, doğa ve yerel kültür olgusunun nasıl etki ettiği olarak düşünülebilir. Tasarım sürecinde yer alan çoğu mimarın yapılarına bakıldığında bu proje kapsamında da daha önce yaptıkları üretimlerine benzer tasarımlar yaptıkları görülmüştür. Tasarım sürecinin tasarımcının tarzı, deneyimleri

ve imzası kendi içinde anizotropik bir durum sergilerken, otobüs: dur projesi kapsamında "attractor" olarak çevre koşullarının, yerel kültürün ve insanlarla etkileşimin sistemde nasıl çalıştığı sorgulanabilir. Proje kapsamında mimarların çevreye duyarlı davrandıkları ve o bölgede yaşayan insanlarla diyalog halinde oldukları yazmaktadır. Bu durumda anizotropik tavır söylem ile sonuç ürünün tutarlılığında gizli olabilir.



Şekil 4.17 : Mimarların otobüs durak tasarımları, (URL-17).

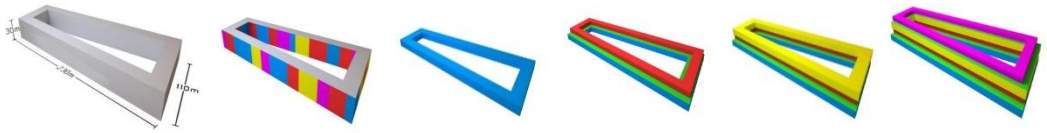
Bjarke Ingels (2009) tarafından tasarlanan 8 House (Şekil 4.18), Kopenhag da bulunur. İnsanın doğadan ve şehir hayatından ayrılamayacağını savunarak tasarımın ilk aşamasını gerçekleştiren Ingels, yapıyı doğu ve batı olmak üzere iki parçaya ayırır. Bu parçaları düğümleyerek iki kamusal mekan yaratır. Bu amaca çalışırken sekiz formu ortaya çıkar. Yakalamış oldukları formla konut alanlarını gün ışığından yararlanacak şekilde yönlendirerek, ofis alanlarını da konut alanlarının altına yerleştirirler. Bu durumda sokak yaşantısının projeye eklemlenmesi tasarımın temel araçlarından birini oluşturur. Ortak kullanım alanları ve servis alanlarının kişisel mekanla bütünleştiği bir proje olarak değerlendirilebilir.

Proje her bir fonksiyonu yatayda konumlandırır (Şekil 4.19). Bu konumlandırma fonksiyonları kendi içinde daha steril bir yapıya sokar. Proje metrekare hesaplanarak basit bir kütle oluşumuyla başlar ve çevre etkileri, fonksiyon yerleşimleri formu belirler. Bu durumda mimar yapıyı oluşturan ana "attractor"ları belirler ve tasarım bu yönde gelişir. Birinci "attractor" iki alan arasında bağ kurmaktır. Form iki kamusal alan arasında bağ kurmak için ortasından birbirine yaklaşır. İkinci "attractor", güneşi yapıya dahil etmek için formun ışık alan bölgeye doğru eğilmesidir (Şekil 4.20). Son

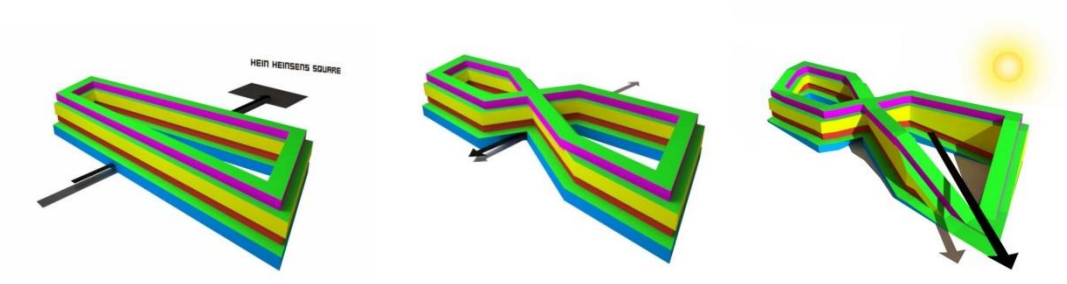
“attractor” ise fonksiyonlar arası geçişi belli bir düzene sokmaktır. Ancak burada düzen net değildir. Farklı yüksekliklerde konumlanır fakat birbirleriyle bağlantılı çalışırlar.



Şekil 4.18 : BIG 8 HOUSE projesi, (Ingels, 2009).



Şekil 4.19 : Fonksiyonların yatayda konumlandırılması, (Ingels, 2009).



Şekil 4.20 : “attractor” meydan bağlanımı ve güneşe yönelim, (Ingels, 2009).

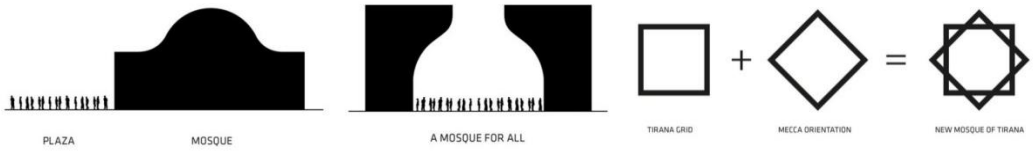
TIR (the mosque and museum of religious harmony) projesi (Şekil 4.21) yeni camii ve müzesi yarışma projesi: Eski arnavut kimliğini yeniden keşfetmek: tiran ve dinsel uyum temalı bir yaklaşımla tasarlanmıştır. Bjarke Ingels (2010) tarafından tasarlanan cami “Herkes için bir Camii” sloganıyla hareket eder (Şekil 4.22), (URL-18). Cami, İskender meydanı ve Mekke’ye dönük olarak çift aksta tasarlanır (Şekil 4.23). Yapı kabuğunun üst kısımları sokağa hizalanırken, zemin seviyesinde yönlendirme Mekke’ye dönüktür. Yapının ön kısmında meydanlar oluşturulur. Bu meydanlar günlük rekreasyon ve buluşma alanı olarak tasarlanır (Şekil 4.24). Bu meydanlar ibadet için yer gereksinimleri arttıkça da alternatif alanlara dönüşebilirler. Binanın

cephelerinde İslam mimarisinin bazı bölgelerdeki uygulamalarından esinlenerek delikli yüzeyler oluşturulmuştur. Genel olarak projenin kapsamı bu amaçlarla şekillenir. Bu şekillenmede "attractor"lar iki yönlü çalışır. İlk aşamada mimar yapıyı bir söylem üzerine oturtur. Bu söylem üzerinden ikinci bir "attractor" (fonksiyon, kent ölçeği, birleşme mekanı ve Mekke yönelimi) eklenerek yapının formunu belirler. İki katmanlı hareket eden tasarım süreci ve bu süreçteki "attractor"lar tasarımın temellerini oluşturmaktadır.

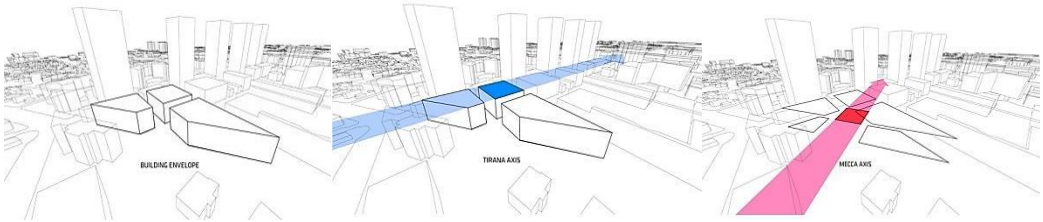
Burada alınan tavır ve formun iki katmanlı gelişimi, tamamen anizotropik bir yapı sergiler. Anizotropi kavramının farklı yönlerde farklı özellikler söylemi üzerinden kent ile dini bir yapıyı içe içe sokan farklı seviyelerde farklı fonksiyonlara sahip olma eğiliminde olup bir noktada aynı zemine oturan bir yapı olarak yorumlanması heyecan verici bir durumdur.



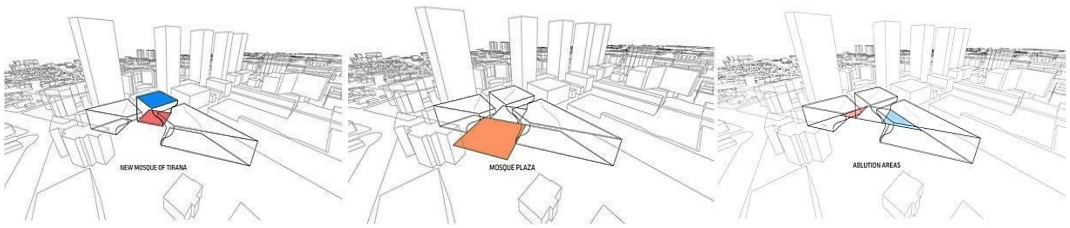
Şekil 4.21 : TIR projesi, (Ingels, 2010)



Şekil 4.22 : "Herkes için bir Camii", (Ingels, 2010).



Şekil 4.23 : Caminin çift aksta tasarlanması, (Ingels, 2010).



Şekil 4.24 : Rekreasyon ve buluşma alanı, (Ingels, 2010).

5. MODELLER

Tezin bu bölümünde disiplinler arası kavram geçişleri olarak alınan Dönüşümler Teorisi ve Anizotropi kavramlarının, kavramsal tasarım ve Bilgisayar Destekli Tasarım araçlarıyla ve bu iki bakış açısının çekişmeleri üzerinden güç alınarak yaratıcı modeller üretilmiştir. Bu modeller kavramın kendi disiplininde anlaşılıp analiz edilmesinden sonra tasarım disiplinindeki yeri üzerine form bulma denemeleridir. Kavramın biçimleşme durumu burada önemlidir. Kavramın form bulması geometri oluşturması, kavramı anlamada ve yeni geometri üretimleri yaratmada tasarımcının zihinde yarattığı form olasılıklarını genişletmiştir. Bu modeller bir soyut geometrik formun dönüşümlere uğrayarak üretimi (Şekil 5.1), bir mevcut formun çözümlenerek dönüştürülmesi (Şekil 5.2) ve bir kavram üzerinden üretimler (Şekil 5.3) olarak sıralanır.

Öklit Form	Klonlama Dönüştürme Çekme kuvveti Döndürme	Dönüşümler Teorisi	Fraktal Geometri	Karmaşık Organik form	
Öklit Form	Amorf form	Izgara sistemine öklit ve organik formların haritalanması.	Izgara Güç Çizgileri	Dönüşümler Teorisi	Karmaşık Örüntü
Eğri	Dönüşümler Teorisi	Ara Eğri	Burkma Döndürme Ölçekleme Deforme etme	Thompson'un grid değişimleri.	3D Form üretimi.

Şekil 5.1 : Bir soyut geometrik (öklit) formdan dönüşümler üretim süreci.

Candela Geometrisi	Form Çözümleme Kuralları Dönüşümleri	Dönüşümler Teorisi	Algoritma	Sayısal Tasarım Kavramsal Tasarım çatışması.	Dönüşüme uğramış alternatif form üretimi.

Şekil 5.2 : Bir mevcut formun çözümlenerek dönüştürülme süreci.

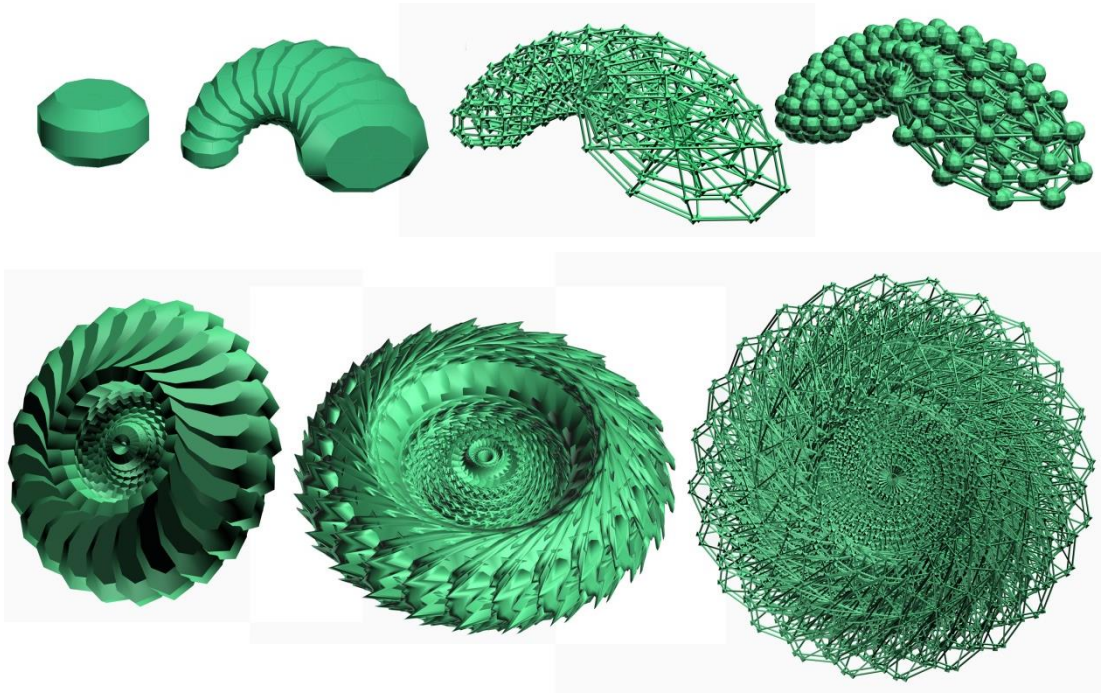
Grid	Anizotropi Kimyasal örgü hataları	Dış etki (Attractor) Yabancı maddenin sisteme eklenmesi.	Algoritma	Büyüme oranı Komşuluk ilişkisi Uzaklık-Yakınlık	3D Form üretimi.
Algoritma	Anizotropi Elastik deformasyon	Dış etki (Attractor)	Dönüşümler Teorisi Sıvı faz değişikliği	Büyüme oranı Komşuluk ilişkisi Uzaklık-Yakınlık	3D Form üretimi.
Yüzey	Zeminler üzerinden Anizotropi	Yüzey analizi	Algoritma	Yüzey Tepkisi	3D Form üretimi.
Anizotropi	Dönüşümler Teorisi	Dış etki (Attractor) Ara eğri	Algoritma	Örgü ve strüktür üretimi	Maket

Şekil 5.3 : Bir kavram üzerinden üretim süreci.

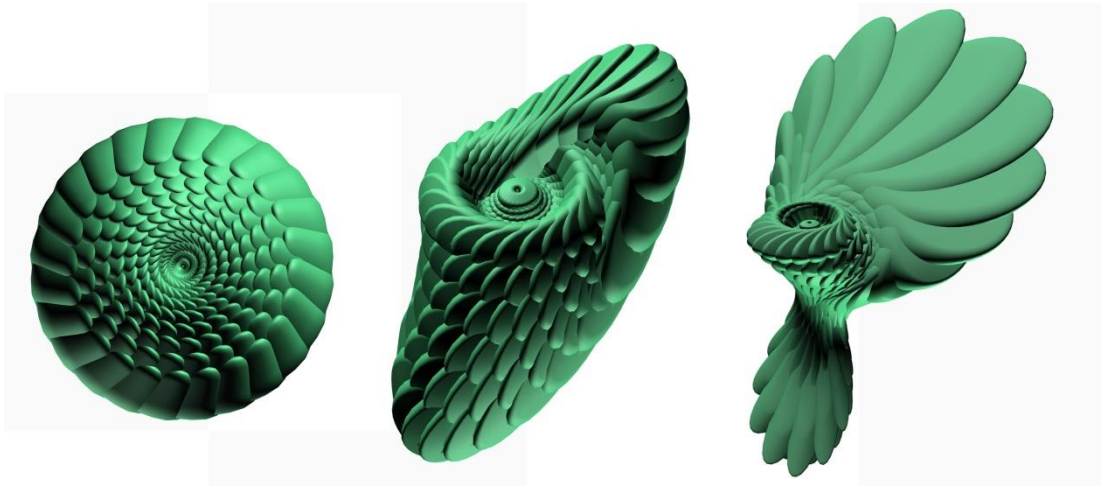
5.1 Bir Soyut Geometrik (öklit) Formdan Dönüşümler Üretimi

Bu bölümde temel bir öklit formun klonlanarak, döndürülerek, çekme kuvvetleri ve birçok dönüştürme işlemi uygulanarak karmaşık ve organik forma dönüşümü ele alınmıştır. Bu durum fraktal geometrinin basitlikten karmaşıklığa evrimini, Dönüşümler teorisi kapsamında ele alınan mutasyon sürecini kavramın form bulması ile nesne üzerinden yorumlanmıştır. Soyut bir kavramın yada sistemin görsel olarak somut geometriler üzerinden okunuşu söz konusudur.

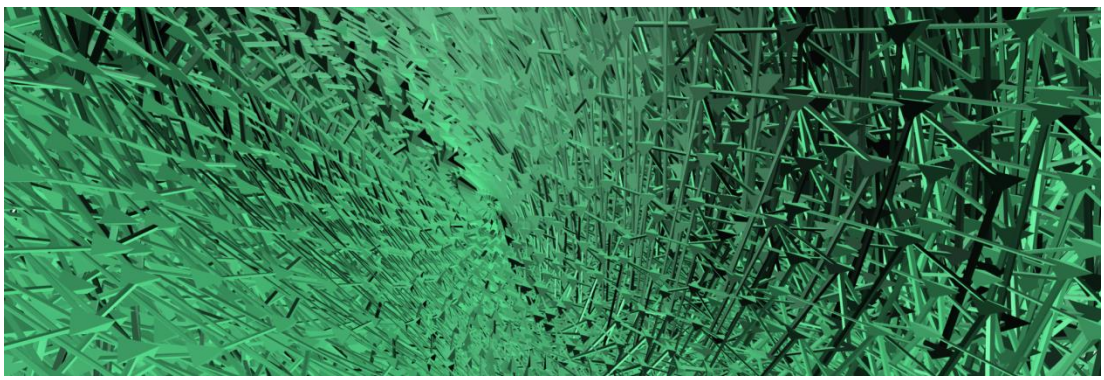
İlk olarak eğik kesimli kenar “champercyl” üzerinden dönüşüme bakılır. Eğik kesimli kenar ilk olarak kopyalanır ve belirlenen eksen etrafında döndürülür. Bu döndürme sırasında büyüme oranı verilerek formun büyümesi sağlanır. Bu kopyalama ve döndürme işlemleri sonucu kafes “lattice” oluşturma komutu ile geometriyi oluşturan yardımcı çizgilerin üzerinden kafes yapısı oluşur (Şekil 5.4). Bu yardımcı çizgiler formun strüktürünü oluşturur. Daha sonra oluşan kafesin parametreleri oynanarak tasarımcının gözü dahilinde estetik duruşuna karar verilir (Şekil 5.5). Oluşan kafes yapısı (Şekil 5.6) burkma “twist”, çekme “stretch”, döndürme ve “taper” yapının konikleşerek formun deforme edilmesi yöntemleriyle çoğaltılır. Son aşamaya gelindiğinde tasarımcının sistemin dışına çıkarak kendi dilediği çekme ve bükme hareketleriyle form oluşur (Şekil 5.7).



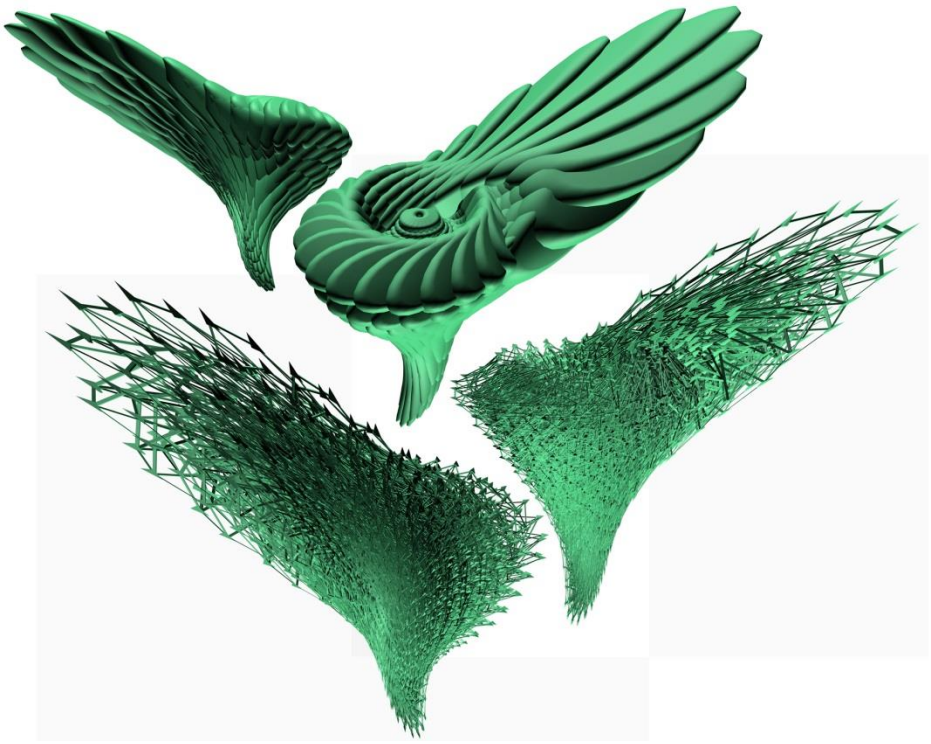
Şekil 5.4 : Öklit formun kopyalanıp, dönüştürme işlemleri uygulanarak, karmaşık geometri üretimi, (Hamarat, 2014a).



Şekil 5.5 : Parametrelerin değişmesi ile oluşan formlar, (Hamarat, 2014a).

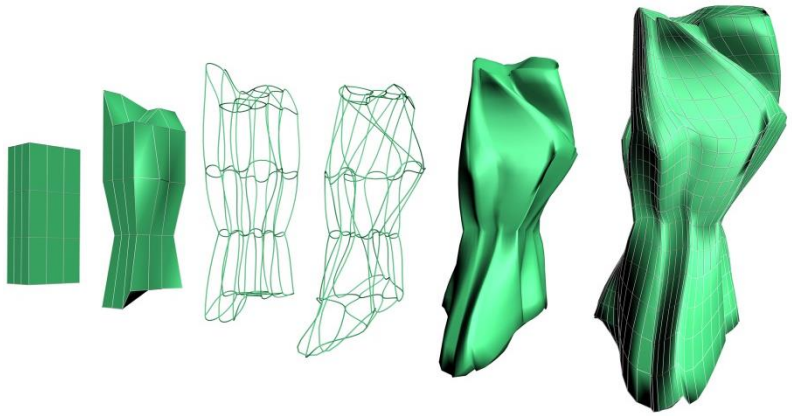


Şekil 5.6 : Örüntü detayı, (Hamarat, 2014a).



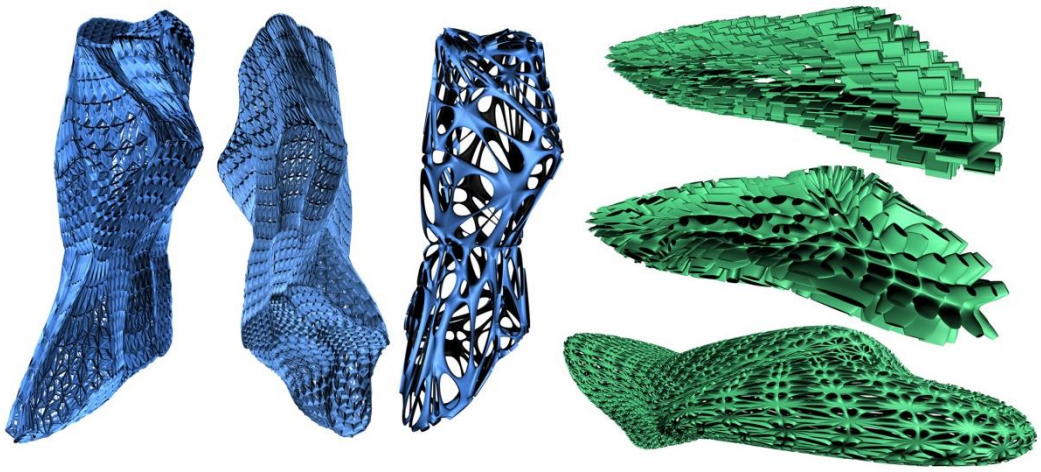
Şekil 5.7 : Sistemin dışına çıkarak tasarımcının kendi karar verme aşaması ile oluşan biçim üretimleri, (Hamarat, 2014a).

Bölüm dahilinde 3DS Max programı kullanılmıştır. Bu programın "clone" ve "parametric array" eklentileri ile form bulma süreci gerçekleştirilmiştir. Bu eklentilerden yararlanarak bir dörtgen öklit formunun akışkan ve organik bir biçime dönüşme süreci ve bu formun üzerinden 3DS Max programı dahilinde bulunan komutlar ile düzen içinde farklılaşan ancak karmaşık bir forma evrilen ikinci bir model geliştirilmiştir. İlk aşamada 70, 70, 210 birim dörtgen oluşturulmuştur. Bu dörtgen, üzerinde barındırdığı segmentlerinden çekiştirilerek deforme edilmiştir. Sonraki aşamada deforme edilen yüzeyler organik bir yapıya evrilmiştir (Şekil 5.8).



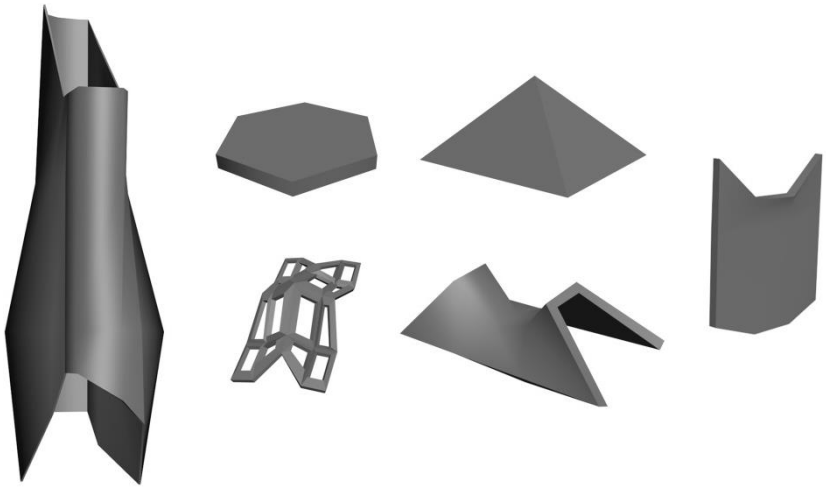
Şekil 5.8 : Dörtgen formun deforme edilmesi ile elde edilen akışkan yüzey, (Hamarat, 2014a).

Daha sonra “tesselate” mozaik oluşturma komutu, “bevel” pahlanma ve “optimize” rafine hale getirme komutları ile deforme edilen formun güç çizgileri dahilinde değişimi ve karmaşık bir form yaratımı gerçekleşmiştir (Şekil 5.9).

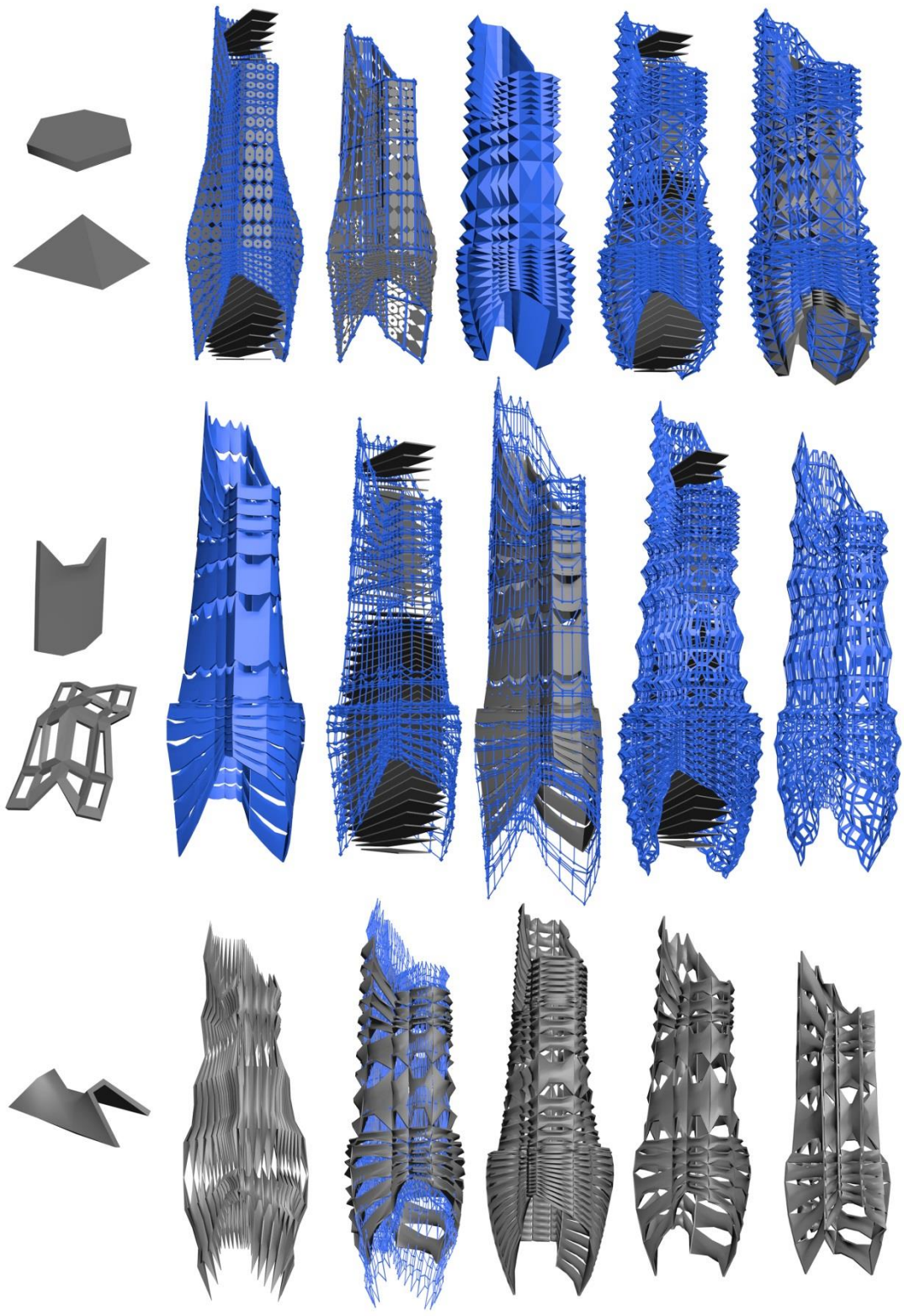


Şekil 5.9 : Oluşan formun yüzeylerinin evrilmesi, (Hamarat, 2014a).

3DS Max programında yapılan son üretimde ise “parametrik array” eklentisi ile form bulma süreci gerçekleştirilmiştir. Burada amorf bir formun üzerine altıgen, üçgen prizma, 2,5 boyutlu bir yüzey, 3 boyutlu kafes ve bir başka formun daha uygulanması ile bir yapılar ağı elde edilmiştir (Şekil 5.10). Bu süreçte yönlendirici etki üretilen amorf formun üzerindeki güç çizgilerinin yani “Dönüşümler teorisi kapsamında ızgaraların” içine oturtulan geometrileri şekillendirmesi ele alınır. Bu durum yaratıcı sürecin kısıtlamaları dahilinde olan form üzerindeki segmentlerin yaratıcı geometriyi yaratması değerlidir (Şekil 5.11).

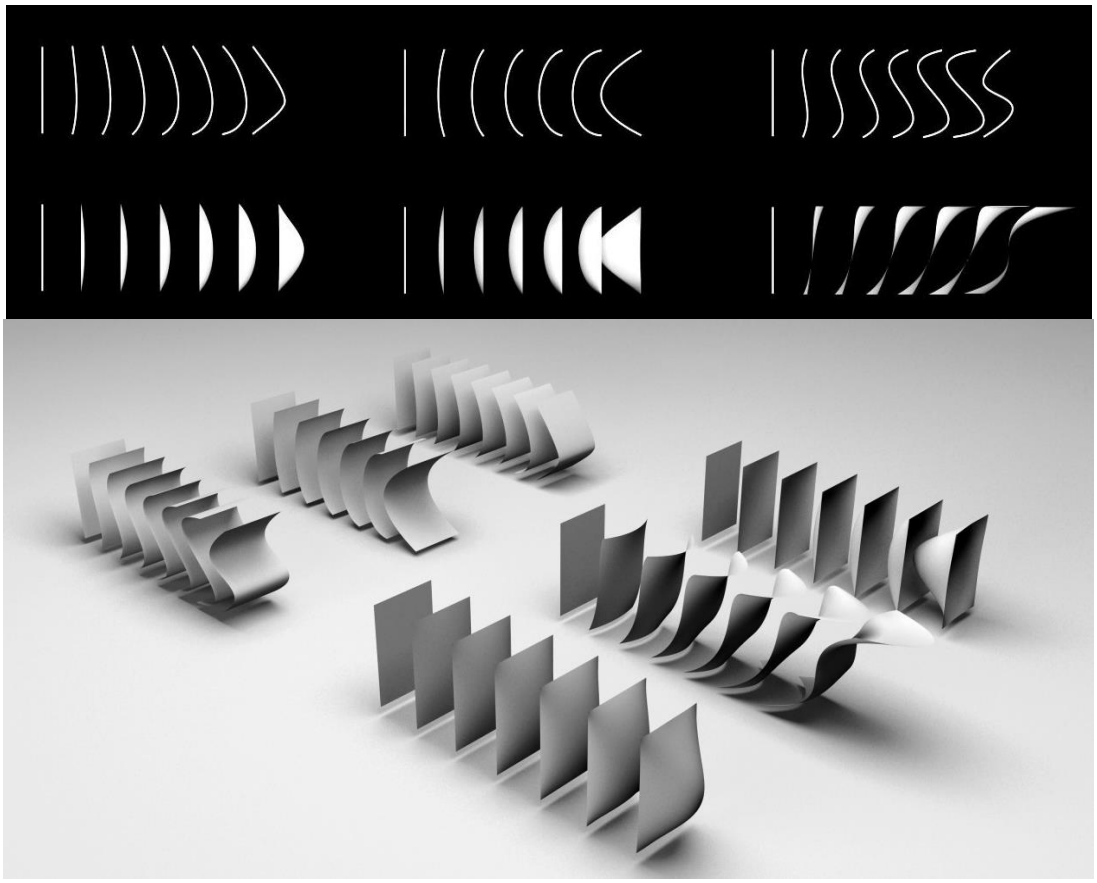


Şekil 5.10 : Amorf bir formun üzerine altıgen, üçgen prizma, 2,5 boyutlu bir yüzey, 3 boyutlu kafes sistemlerinin temel geometrileri, (Hamarat, 2014a).



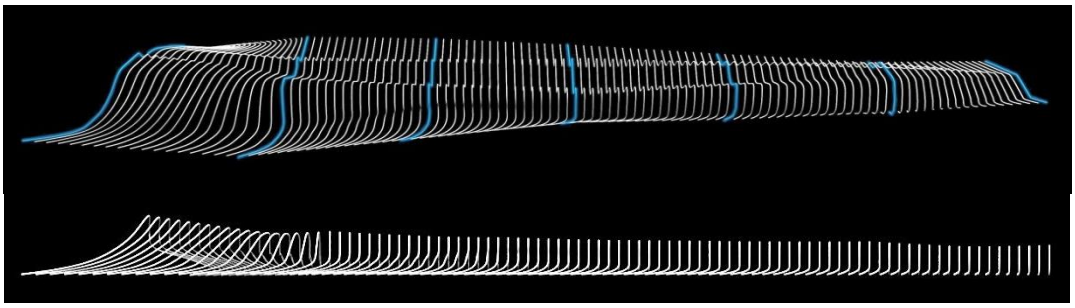
Şekil 5.11 : Izgaraların içine oturtulan geometrik formları şekillendirerek örüntü oluşturması, (Hamarat, 2014a).

3. Bölümde Dönüşümler Teorisinin Bilgisayar Destekli Tasarımdaki yerine değinilmişti. Bu bölümde Rhinoceros 5 programında Dönüşümler teorisi kapsamında yorumlanan "Tween curve", ara eğri ve "Tween surface" ara yüzeyler komutları (Şekil 5.12) ile oluşturulan formlar üretilmiştir. Bu üretimler ara eğri komutunu devam eden, burkma (twist), döndürme ve ölçekleme gibi komutlarla deforme edilen formlar bütününü gösterir. Bu çalışmada önemli bulunan bir nokta teorisinin ve kavramın dijital tasarım araçları ile forma dönüşmesi ve diğer bir nokta ise her bir birimin bir önceki ve bir sonraki birimle olan komşuluk ilişkisidir. Formlar deforme edilir ancak formu oluşturan birimler kendi ilişkisi ile basit yapıda kalır.



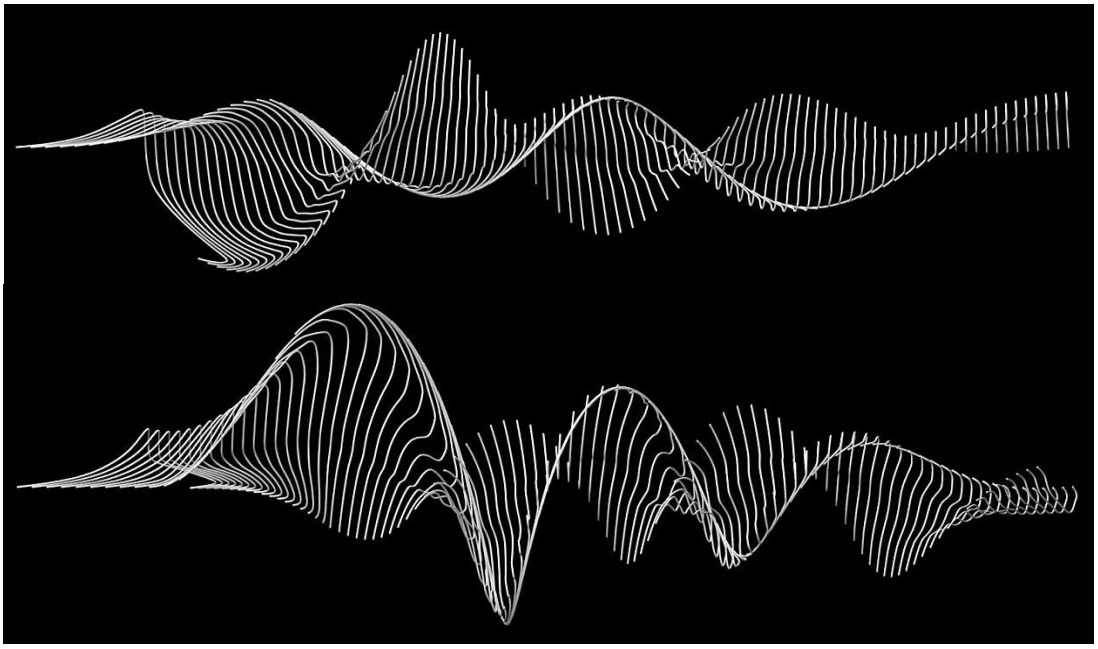
Şekil 5.12 : "Tween curve", ara eğri ve "Tween surface" ara yüzeyler.

Çalışma ilk olarak eğri çizimi ile başlar. Bu eğri tasarımcının zihnindeki eğri oluşturma durumuna bağlıdır. Yedi eğri çizilir, (Şekil 5.13) da bulunan mavi eğrilerdir. Bu eğriler belirli aralıklarla dizilirler ve "ara eğri" komutu ile eğri geçişleri sağlanır. Burada bir tip eğriden diğer tip eğriye geçiş söz konusudur.



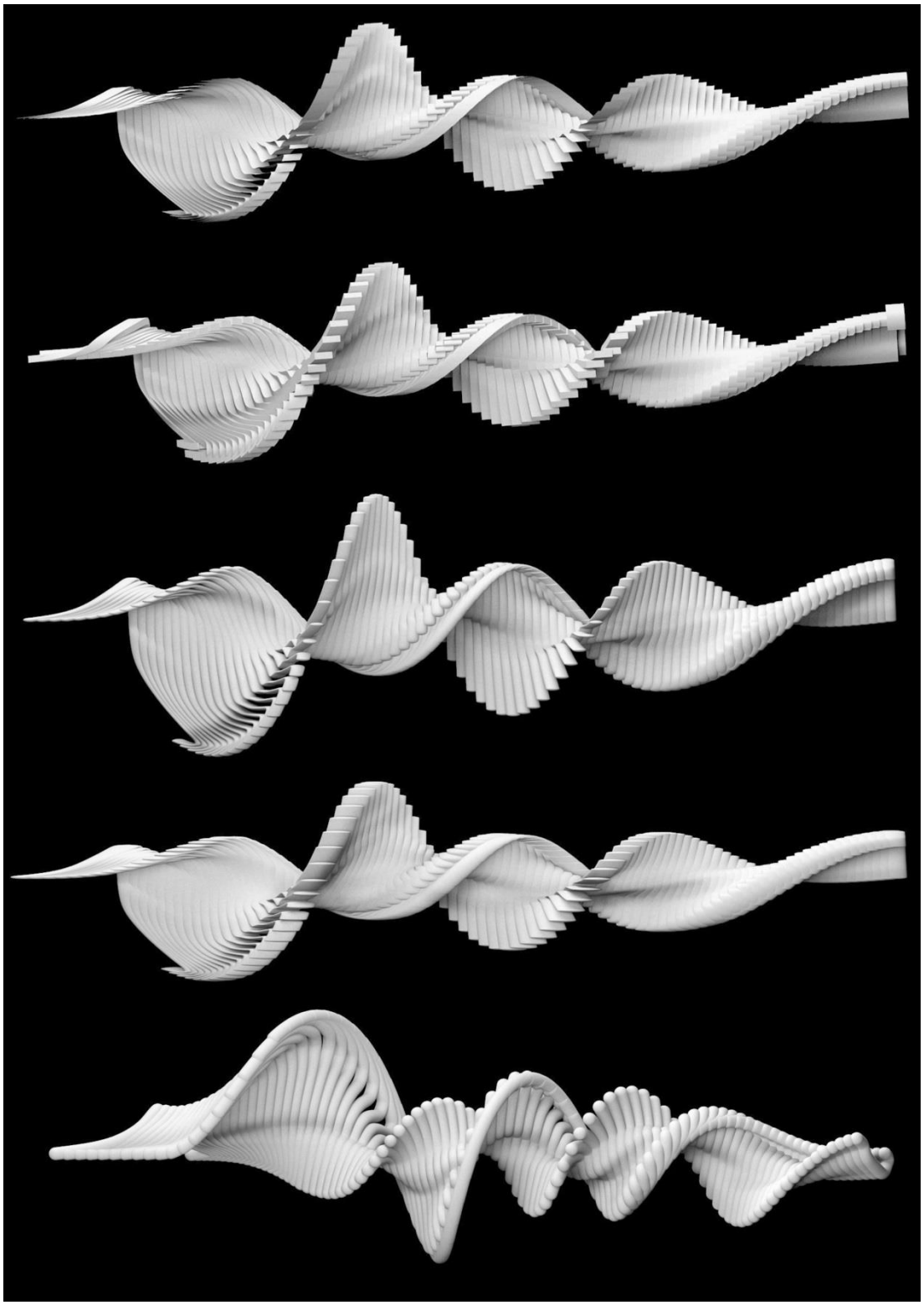
Şekil 5.13 : Çizilen yedi eğrinin “ara eğri” komutu ile dönüşmesi.

Eğriler çizilip formun strüktürü elde edildikten sonra “twist”, burkma işlemleri ile form dönüşüme ve karmaşaya evrilir (Şekil 5.14). Bu dönüşüm sırasında burkma tamamen tasarımcının isteği doğrultusunda gerçekleşir. Bu durumda Terzidis (2006)’nın “Sistematik tasarım” ile kavramsal “ill-defind”,”black-box” tasarım algısı arasında bağlantı kurulur. Bu bağlantıda, program forma şekil veren bir araç olarak çalışır ve tasarımcı göz algısı dahilin de forma karar verir.



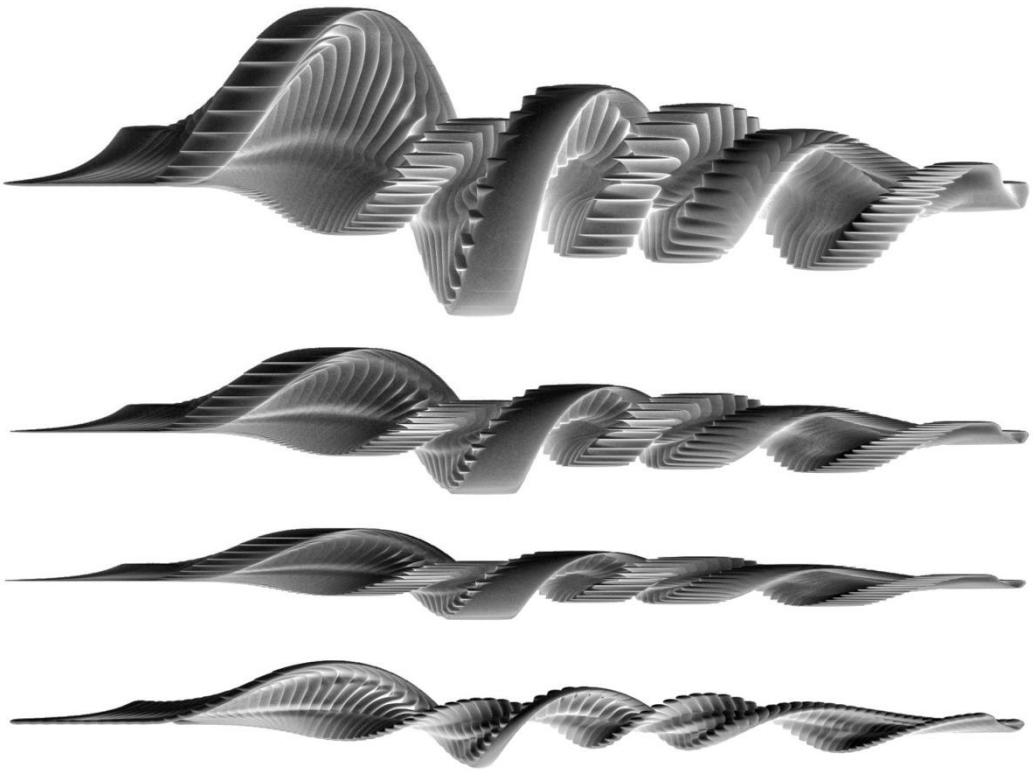
Şekil 5.14 : “Twist”, burkma işlemleri ile form dönüşüme ve karmaşaya evrilir.

Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra evrilen eğrilere kalınlık atanır. Bu kalınlıklar dönüştürme işlemlerinden önce ve sonra atanır, bu önce ve sonra atama durumu farklı geometriler üretir. Kalınlıklar atandıktan sonra tasarımcı estetik algısı dahilinde formları biçimlendirir (Şekil 5.15). Yani bu süreçte sezgisel bir yaklaşımla (kara kutu) üretim gerçekleştirilmiş olur.



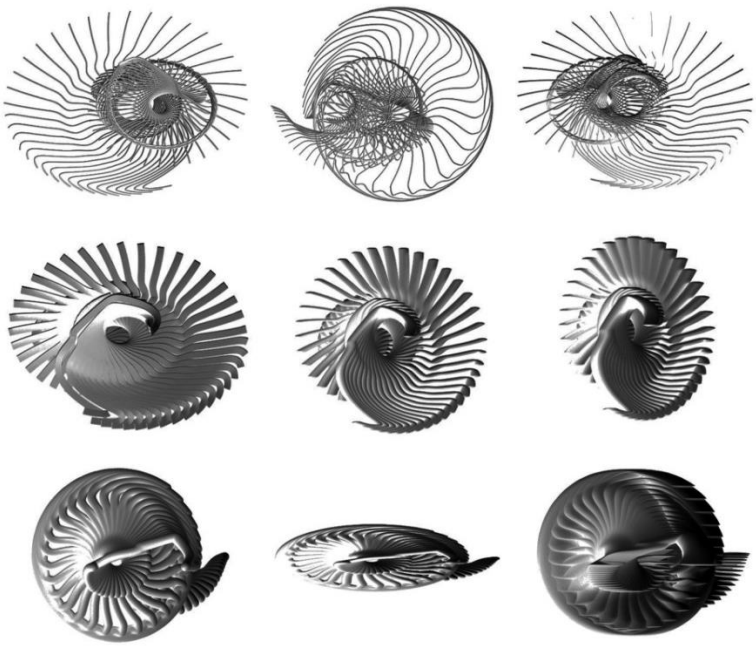
Şekil 5.15 : Tasarımcı estetik algısı dahilinde formları biçimlendirir.

Formlar biçimlendikten sonra ölçek komutu ile x, y, z, eksenlerinde oran denemeleri yapılır. Burada tasarımcının neyi görmek istediği ile ilgili tasarım dinamikleri vardır. Tasarımcı dönüştürülen ve daha sonra kalınlaştırılan eğriler üzerinden, göz algısı dahilinde deformasyonlara devam eder (Şekil 5.16).



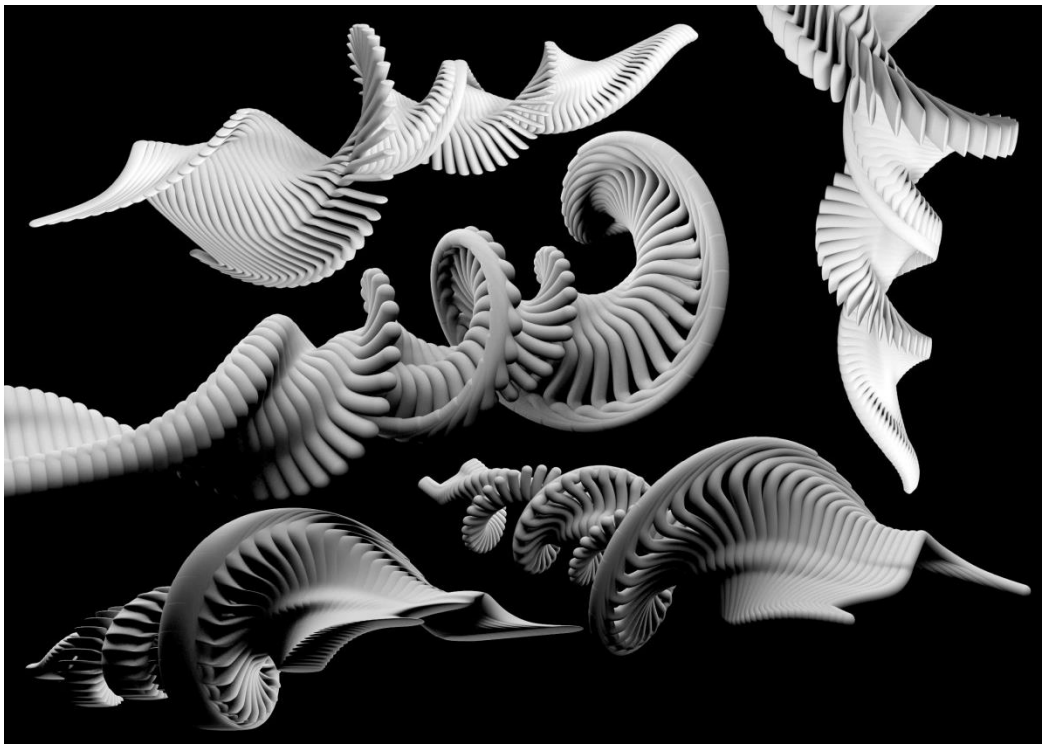
Şekil 5.16 : Deformasyonların devamında oluşan formlar.

Dönüşen sarmal formların yan görünüşlerindeki değişim ifade edilmiştir. Ancak dönüşüm üç boyutlu gerçekleşmiştir. Bu anlamda formların farklı bir açıdan görünüşleri Thompson'un iki tip arasındaki geçişi anlatan çizimleri ile ilişkilendirilebilir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 : Formların farklı açılardan görünüşü.

Elde edilen formun yanal görünüşleri ifade edildikten sonra bu formların üçüncü boyutta neler sunduğuna bakılmıştır (Şekil 5.18). Bu anlamda üretilen formların perspektifleri önemlidir. Burada formu oluşturan eğriler, silindirik ya da etli bir yapıya bürünmüştür. Her bir eğri kendi içinde temel bir yapı sergiler. Yanındaki eğri ile kurduğu bağlantı ile karmaşayı yaratır. Form dönüşen ve karmaşık bir formdur ancak eğrilerin ilişkisi basit bir birlikteliktir (Şekil 5.19). Bu anlamda formun tamamı deforme edildiğinde eğrilerin basitliği bozulmaz ancak uyum sağlar.

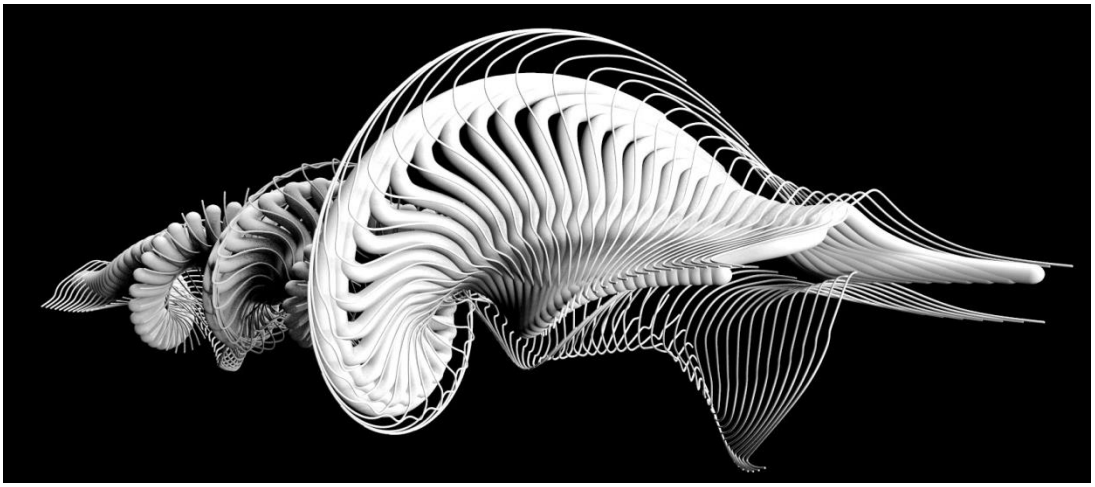


Şekil 5.18 : Dönüşen formların üçüncü boyuttaki görseli.



Şekil 5.19 : Yüzeylerin komşuluk ilişkisi.

Formların dönüşümü tamamlanır ve bir tanesi seçilir. Formun son hali ile ilk oluşum sürecindeki hali birleşime uğrar. Bu birleşim canlının iskeleti ve eti gibidir (Şekil 5.20). Birleşim geometrik bir organizma yaratır.

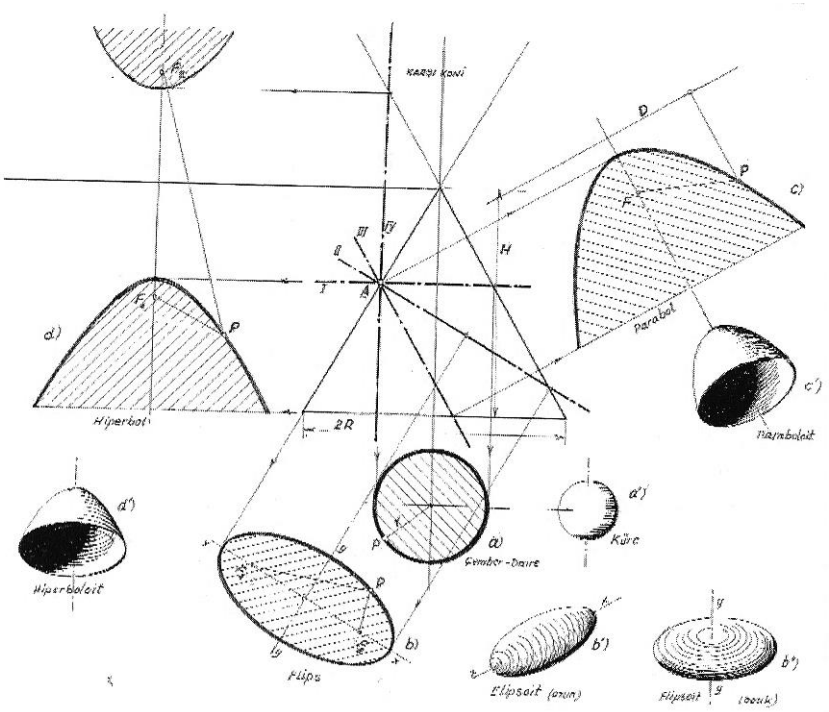


Şekil 5.20 : İskelet ve et birleşimi benzeri geometrik bir organizma.

5.2 Bir Mevcut Formun Çözümlenerek Dönüştürülmesi (Candela)

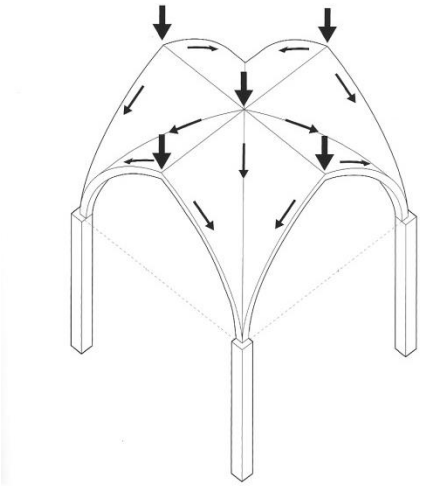
Bu bölüm mevcut bir formun çözümlenerek dönüştürülmesi işlemlerini kapsar. Burada var olan bir tipin dönüştürülerek mutasyona uğramış diğer tipleri yakalama çabası vardır. Felix Candela'nın dili üzerinden alınan form, kontrollü dönüşümlerle yapı alternatifleri sunar. Burada önemli bir nokta olarak dönüşüm kontrollü ve parametrelere bağlıdır. Tasarımcı ara kesitlerde oluşan dönüşümlere karar verir ancak kurulan sistemin son ürünü bellidir. Bu anlamda iki tip arası Dönüşümler Teorisi alt yapısıyla alternatif oluşumlar sergilenir.

Felix Candela 1950 yıllarında betonarme sistemlere yeni bir yorum getirmiştir. Betonarme kabuk sistemleri tasarlayarak betonu estetik bir obje olarak göstermeyi başarmıştır. Candela hiperbol yüzeyleri düzenli bir deformasyonla üretim aracı olarak kullanır. Hiperbol geometriyi kullanarak kabuk sistemler ile üst örtüler tasarlar. Hiperbol yüzeyleri bu anlamda açmak gerekir. Hiperboller çift eğrili yüzeylerdir. Bu anlamda hiperbolik paraboller olarak tanımlanabilir. Hiperbol, koninin eksenine paralel bir düzlemde kesilmesiyle elde edilebilir (Şekil 5.21). Parabol ise koninin yan ayrıtlarından birine paralel bir düzlemde kesilmesi ile elde edilir (Çakmak, 2011).



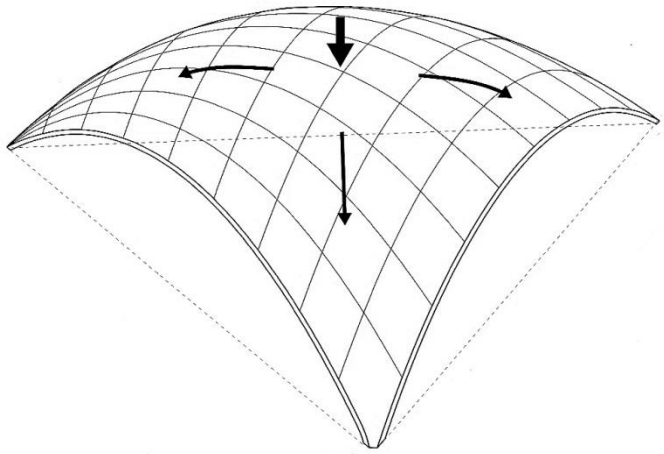
Şekil 5.21 : Konik yüzeyden hiperbol kesiti, (Çakmak, 2011).

Ancak Candela'nın genel bir hiperbol yüzeyleri tanımına baktıktan sonra çapraz tonoz sisteminin geometrisine bakmak gerekir. Çapraz tonozun bir birimi, kesişen iki sivri tonozdan oluşmaktadır (Şekil 5.22). Çapraz tonozlar ana kuvveti kavisli yüzeylerin ana eksenleri doğrultusunda yönlendirir (Moussavi, 2006). Kuvvetin akışı söz konuşur. Çapraz tonozlar düz yada eğrisel çizgi boyunca yatayda kurgulanabilirler. Çapraz tonoz sistemi Candela'nın eğrisel kabuk tasarımına altlık oluşturmuş olabilir.



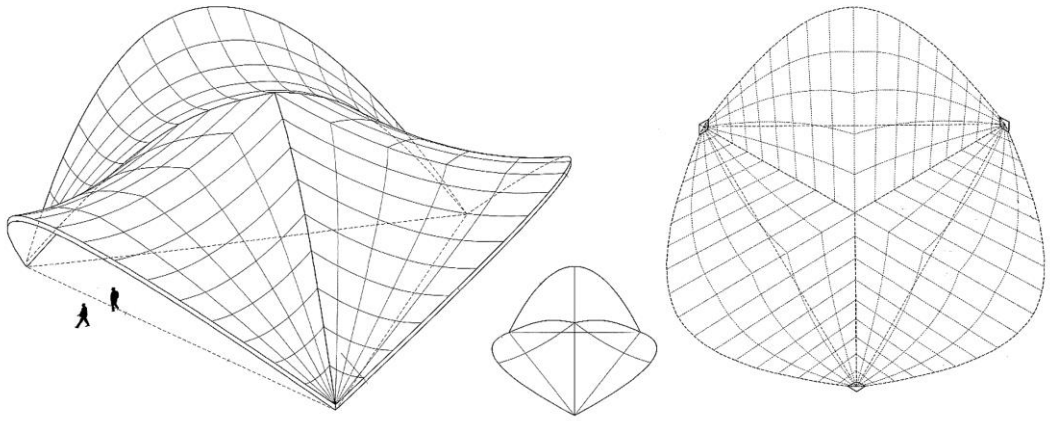
Şekil 5.22 : Çapraz tonoz geometrisi, (Moussavi, 2006).

Candela geometrisine bakıldığında ilk aşamada "üç noktalı eğrisel kabuk" tanımına bakılmalıdır. Üç köşe noktası üzerine oturan ve iki yönde uzayan bir yüzeyden oluşmaktadır (Şekil 5.23). Üç noktalı eğrisel kabuklar taşıma yükünü kabuğun kesitinden dağıtır. bu yük doğrultusunda kabuğun geometrisi belirlenir (Moussavi, 2006). Bu bölümde yüklerin dağılımı ile oluşan bir yüzey oluşturulmaz, bölümün konusu geometrinin alternatif biçimler üretmesidir. Bu anlamda Candela'nın kabuğunun biçimsel oluşumu incelenir.



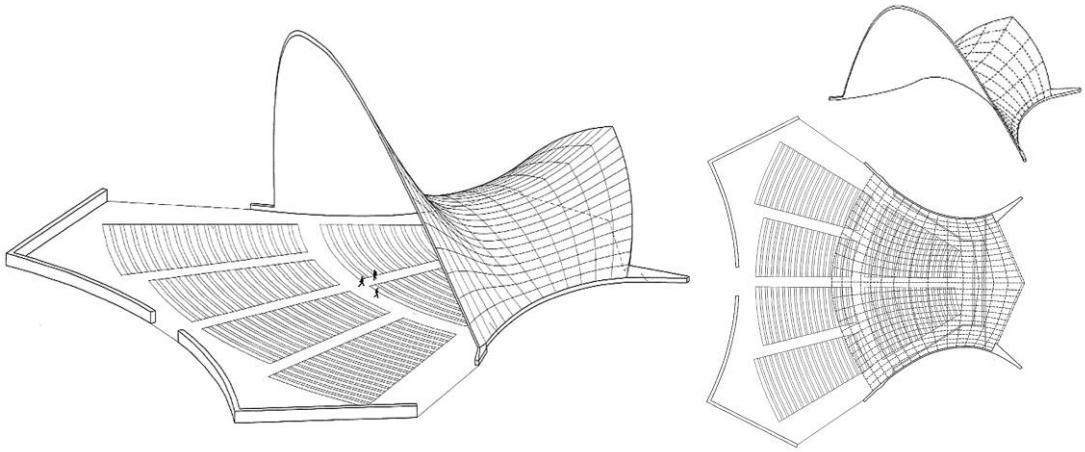
Şekil 5.23 : Üç noktalı eğrisel kabuk, (Moussavi, 2006).

Candela (1957)'nın La Jacaranda gece kulübü geometrisine bakıldığında, açıklığı rahat geçen bir mekan oluşturma gereği ile, temel bir birimin merkez etrafında döndürülerek biçimlenmesi görülür. Kabuğun eğriselliği, iç bükey ve dış bükey sırt çizgileri arasında değişim geçirerek ana form oluşur (Şekil 5.24). Konik yüzeyler girişi ve açıklıkları tanımlar.



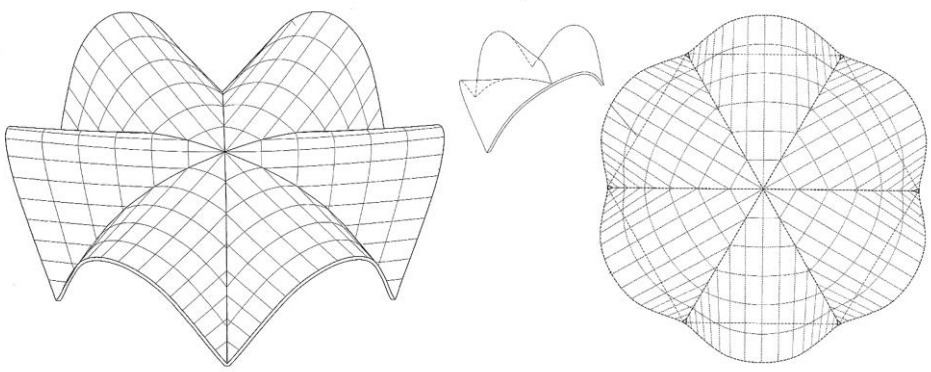
Şekil 5.24 : La Jacaranda gece kulübü form oluşumu, (Moussavi, 2006).

Lomas De Cuernavaca Şapeli'ni (1958), Candela kendi kendini taşıyan parabol eğrisel bir kabuktan oluşturur. Kabuğun eğriselliği, planı tanımlayan eğriselliğin çapıyla oynanarak değiştirilebilir (Şekil 5.25). İç mekana doğal ışık almak gibi çevresel faktörlere göre esneklik sağlayan bir kabuk tasarımıdır. Kabuk betonarmedir. Bu örnekte başlangıç eğrisi, ortada belirlenen yapının belini oluşturan eğri ve son bitiş eğrisi arasındaki ara kesitleri ile yapı oluşur. Burada "ara eğri" komutunun yüzey oluşturması ile elde edilen biçim oluşturulmuştur.



Şekil 5.25 : Lomas De Cuernavaca Şapeli (1958), (Moussavi, 2006).

Candela'nın en çok kullandığı form biçimi birbiriyle kesişen, altı adet kabukla oluşan temel bir geometrinin merkezinden döndürülmesi işlemi ile gerçekleşen kabuk sistemleridir (Şekil 5.26). Eğriselliği tanımlayan kemerlerin yüksekliği değiştirilerek, temel birimin tanımladığı iç mekanın hacmi artırılabilir ve azaltılabilir. Bu durum dış mekanlar için de esnektir (Moussavi, 2006). Bu durumda bir temel hiperbolik yüzeyin binayı oluşturacak merkezden döndürülmesi ile kabuk oluşur.

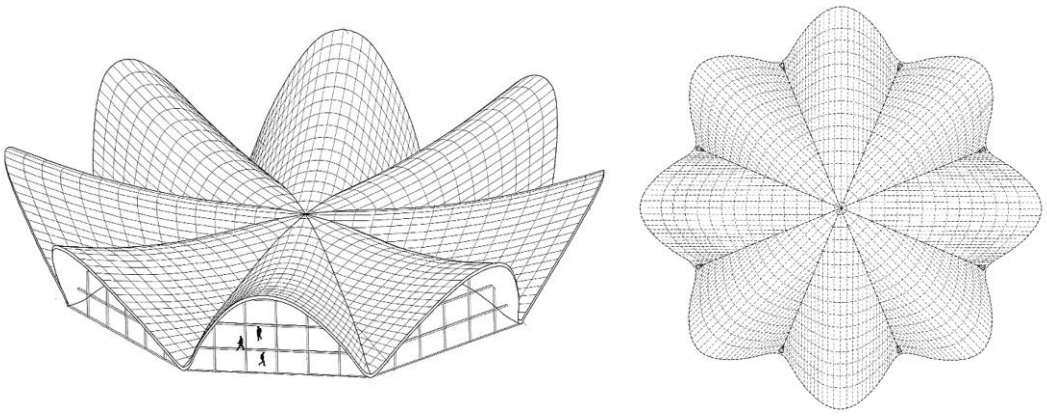


Şekil 5.26 : Candela geometrisinin literatür analizi, (Moussavi, 2006).

Modelin temel formunu ve sistemini oluşturan Los Manantiales Restoranı(1958), (Şekil 5.27) ise dört temel eğilmiş kabuktan oluşan bir temel birimle meydana gelmiştir (Moussavi, 2006). Ancak Moussavi'nin tersine burada bir hiperbol eğrisel yüzeyin uç merkezinde sekiz kez döndürülmesi ile oluşan bir yapı vardır (Şekil 5.28). Kabukların eğriselliğini tanımlayan kemerlerin yüksekliklerindeki değişiklikler farklı kesitler oluşturmada esnek çözümler üretir. Bu eğrisel kabuklar, bir daire içine yerleştirilmiş kolonlar ile birlikte çalışır. Bu durum bir amorf formun öklit geometrisi ile çalışması ile elde edilen sistemi temsil eder.



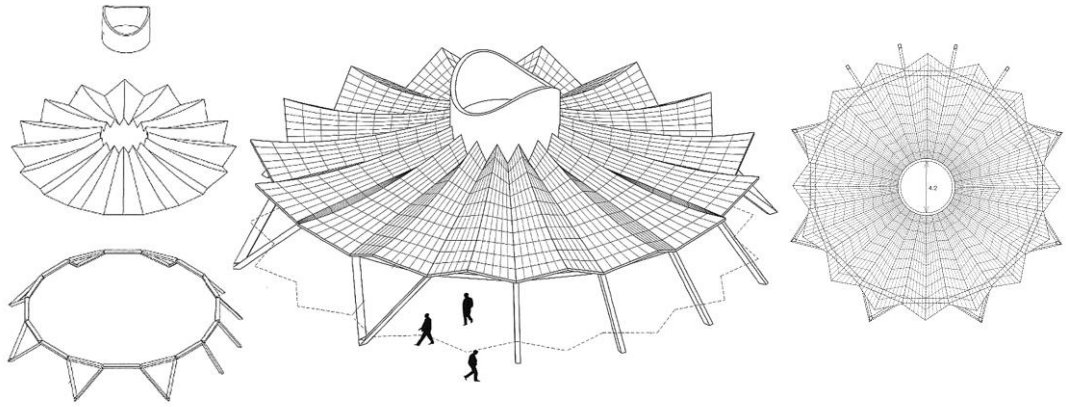
Şekil 5.27 : Los Manantiales Restoranı(1958), (URL-19).



Şekil 5.28 : Bir hiperbol eğrisel yüzeyin uç merkezinde sekiz kez döndürülmesi ile oluşan bir yapı, (Moussavi, 2006).

Lomas De Cuernavaca Çarşısı (1958), bir basınç çemberi, hiperbol kabuk ve destekleyici bir çember çevresine konumlanan bir yapıdır. Kabuğun katlanma yerleri, bir içbükey çukur çizgisi ile bir dışbükey tümsek çizgisi arasında değişerek, bir hiperbol yüzey oluşturur (Moussavi, 2006), (Şekil 5.29). Basınç çemberi kabuğun

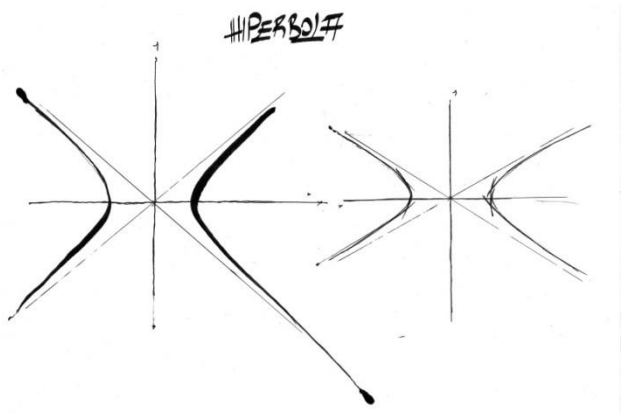
merkeze oturması için taşıyıcı görevi görür. Bu durumda bir merkeze bağlı eğrisel yüzey z ekseninde hareket ettirilerek farklı geometriler üretebilir.



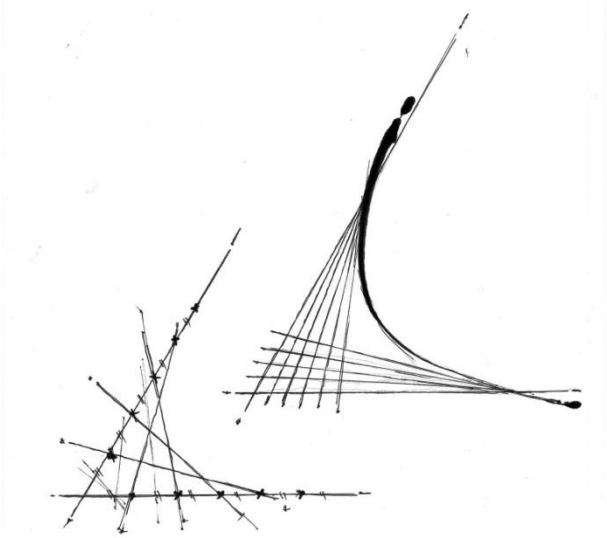
Şekil 5.29 : Lomas De Cuernavaca Çarşısı (1958), sistemin oluşma süreci, (Moussavi, 2006).

Bu bölüm litreratür analizlerinden sonra Candela'nın kurallarını ve tasarım dilini ortaya koymuştur. Mimarin tasarımdaki, tasarım elemanları dağarcığı, kuralları ve dönüşümleri ve geometri kurma sistemini analiz eder. Bu aşamada Candela dilinin (geometrisinin) temel parametreleri alınarak dönüştürülmesi ve yeni form oluşumlarının gözlenmesi temel hedeftir. Bu anlamda bu bölüm yüzey plastiği üzerinden Candela değerlendirmesi ile bu plastiğin kurulan devre kapsamında sınırları gözlemlenir.

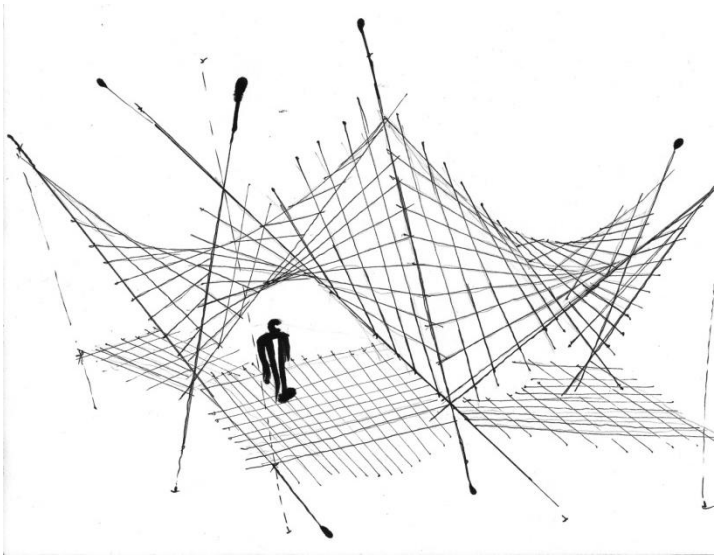
İlk olarak literatürde bahsedilen Candela geometri kurallarından sonra, sistemin eskizle anlaşılması aşaması vardır. Bu süreç yazar için eskiz ve okuduklarının somutlaşma biçimi olarak işlemiştir. Rhinoceros 5 programının eklentisi olan Grasshopper programında oluşturulacak modelin parametrelerini belirlemek için çizilen eskizler ve sistemi oluşturacak yöntemleri düşünmede yardımcı olmuştur. Candela geometrisinin hiperbol yapısı, eğriyi anlamada zorlayıcı olabilir. Bu anlamda tasarımcının hem iki boyutta hem de üç boyutta eğriyi çizmesi elin fiziksel algısı ile beynin düşünme yapısını birleştiren bir etken olarak görülmüştür. İlk olarak hiperbol eğri çizimi yapılır (Şekil 5.30). X, y düzleminde eşit aralıklarla oluşan çizgilerin hiperbol yüzeyi örmesi durumuna bakılır (Şekil 5.31). Kartezyen ızgara sisteminin deforme edilerek hiperbol yüzey oluşturması için deneme çizimler yapılır (Şekil 5.32). Candela kesitini ve parabolik hiperbol yüzeyi anlamak için çizime devam edilir (Şekil 5.33).



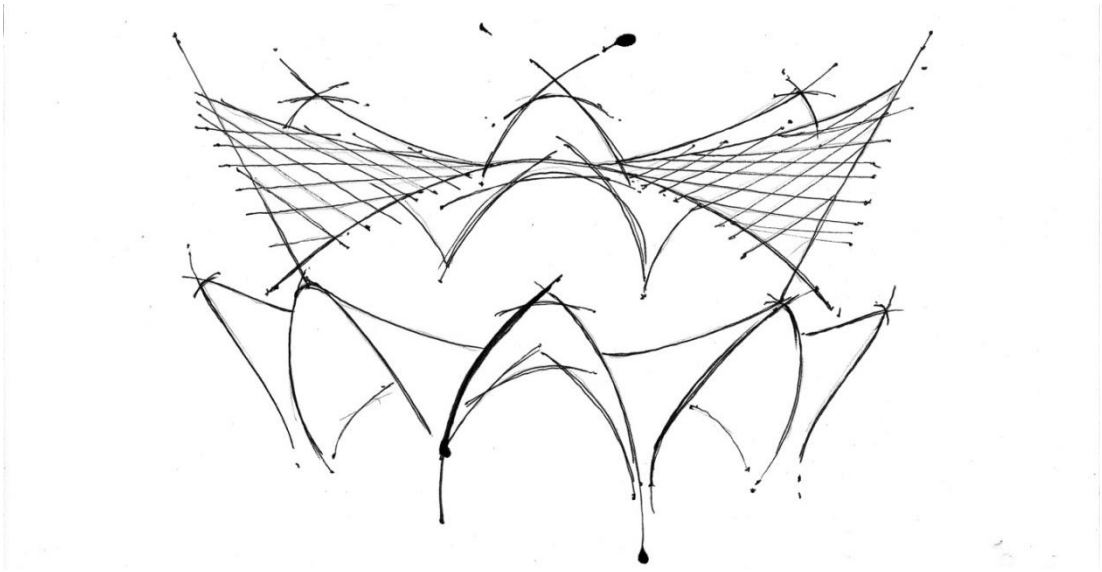
Şekil 5.30 : Hiperbol çizimi, (Hamarat, 2014c).



Şekil 5.31 : X, y düzleminde eşit aralıklarla oluşan çizgilerin yüzeyi örmesi, (Hamarat, 2014c).

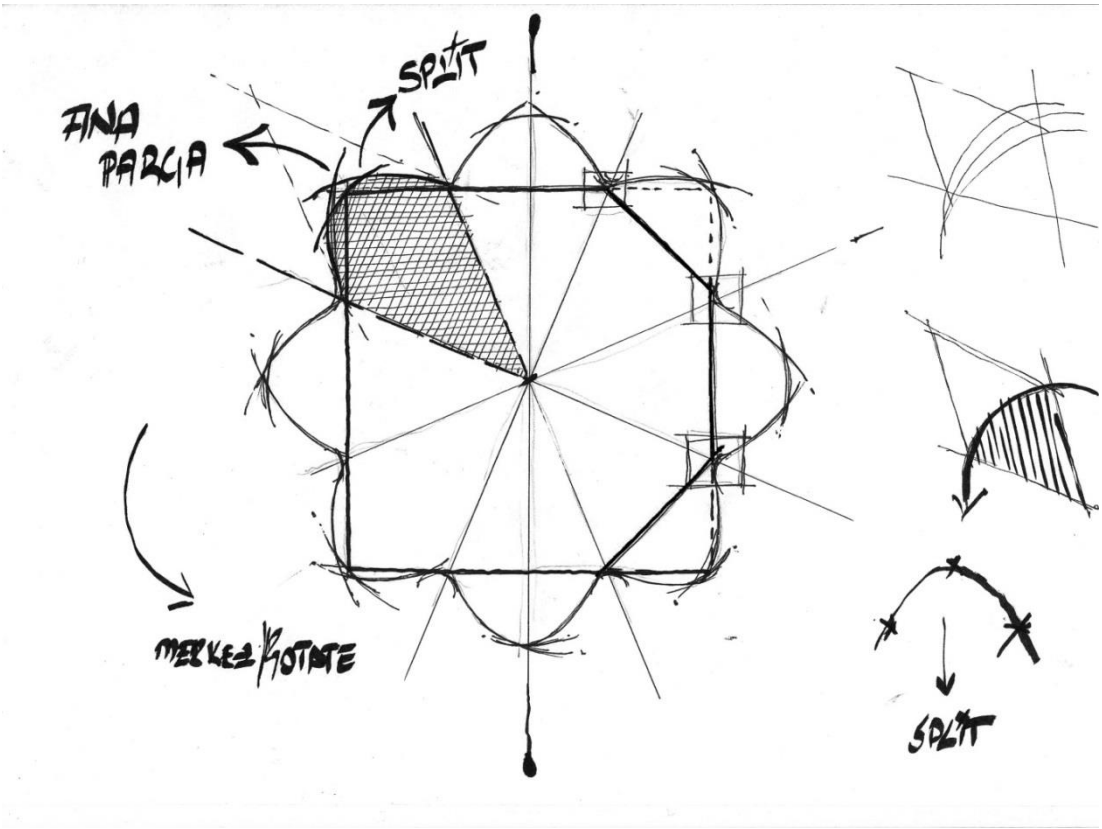


Şekil 5.32 : Kartezyen ızgara sisteminin deforme edilerek yüzey oluşumu, (Hamarat, 2014c).



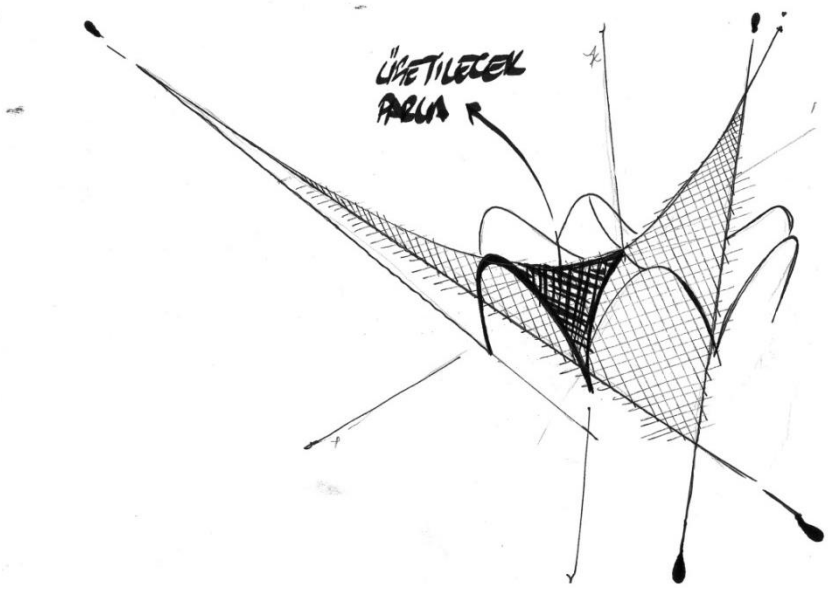
Şekil 5.33 : Candela kesitini ve parabolik hiperbol yüzeyi anlama çalışması (Hamarat, 2014c).

Los Manantiales Restoranın (1958) plan kesiti çizilerek hiperbol parçanın nasıl iki boyutta üretileceği anlanır. Hiperbol dikdörtgen eğrinin iki köşe aksından kesilerek ve merkezinden döndürülerek form plan düzleminde üretilir (Şekil 5.34).



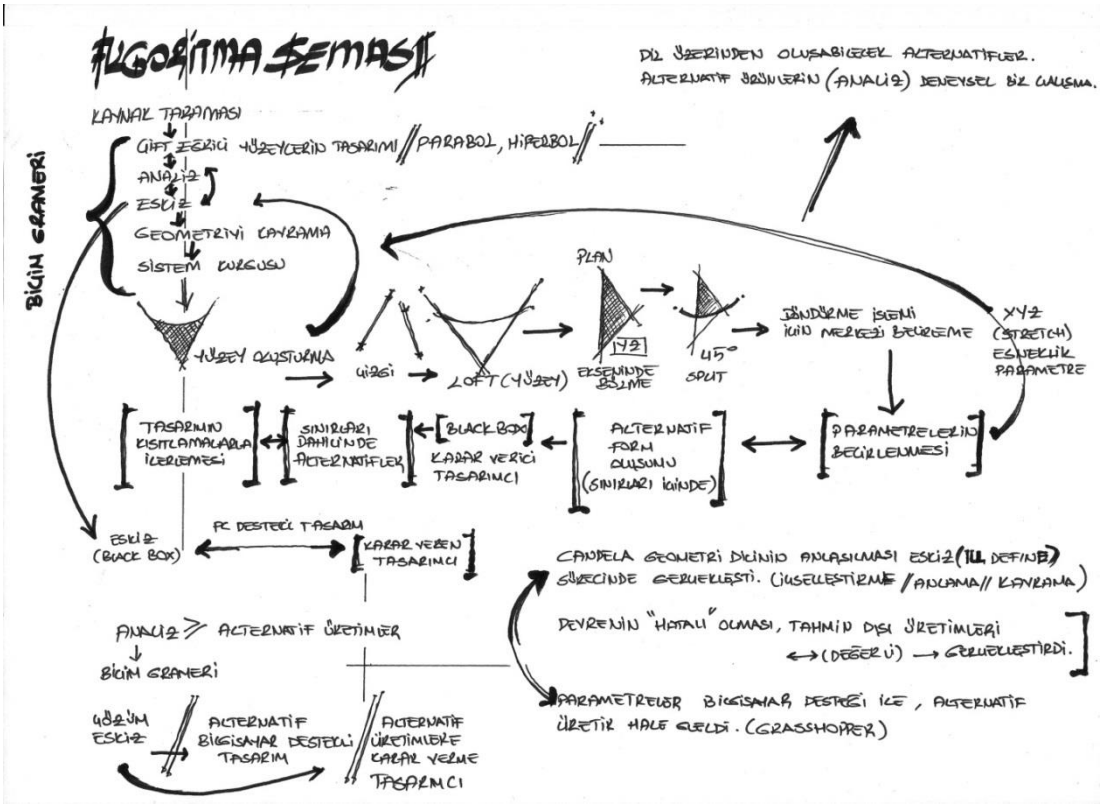
Şekil 5.34 : Manantiales restoran iki boyutta form üretme çalışmaları (Hamarat, 2014c).

Üretilecek temel birimin üçüncü boyutta algılanması ile kesilecek kısımların plan ve kesit düzleminde nereden kesileceği netleşmiştir (Şekil 5.35).



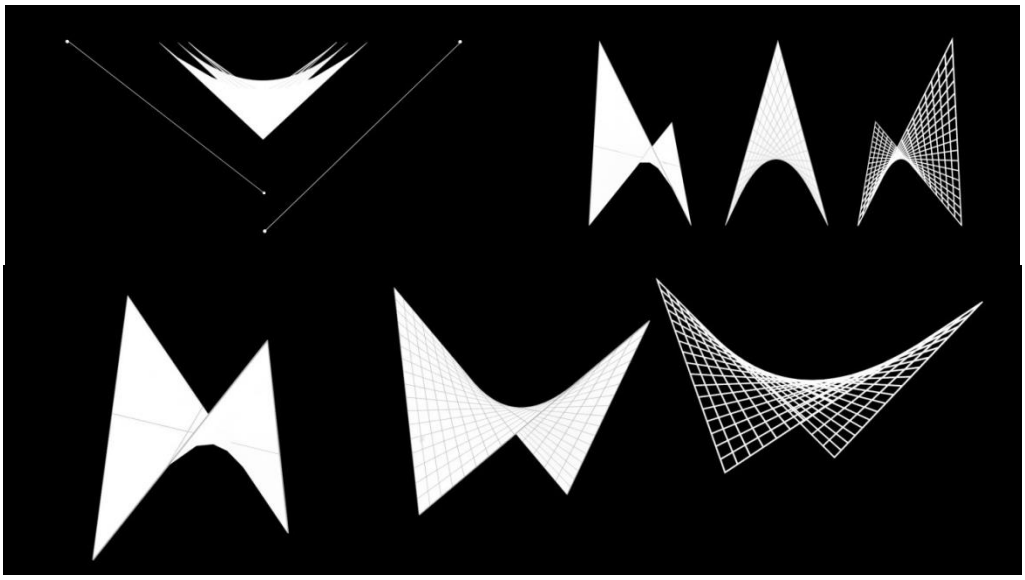
Şekil 5.35 : Candela geometrisinin plastik yapısının algılanması ile tasarımcının kafasının netleşmesi, (Hamarat, 2014c).

Sonraki aşamada sistemin algoritma şeması çıkarılmıştır. Bu şema izlenecek süreçleri görmede faydalı olmuştur (Şekil 5.36).

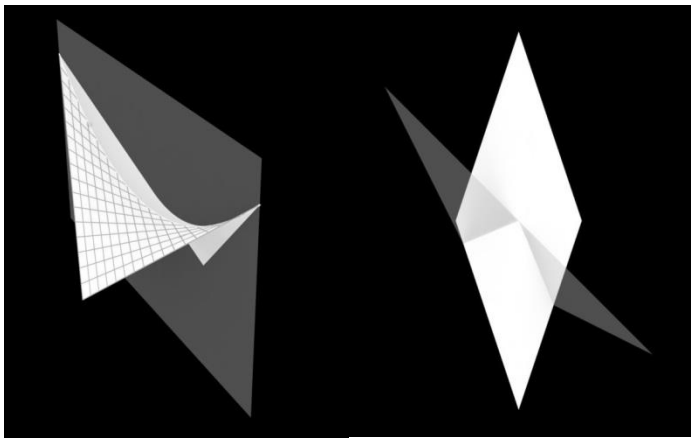


Şekil 5.36 : Candela üretimi algoritma şeması, (Hamarat, 2014c).

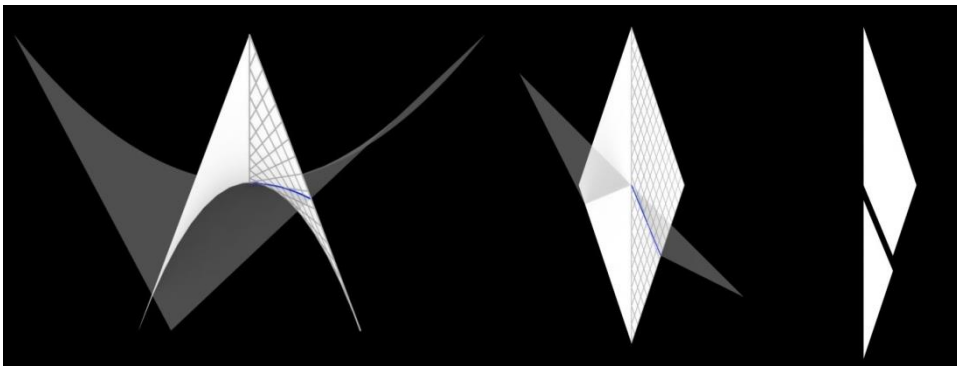
Eskiz işlemleri ile sürecin kavranması gerçekleştirildikten sonra, formun bilgisayar destekli tasarım araçları ile oluşturulması kısmına geçilmiştir. Bu süreçte Rhinoceros 5 ve eklentisi olan Grasshopper programlarının eş zamanlı çalışmasından faydalanılmıştır. İlk olarak bir doğrusal çizgi çizilerek hiperbol yüzey "loft" komutu ile oluşturulmuştur (Şekil 5.37). Sonra yüzeyin yz ekseninde kesilme işlemi yapılmıştır (Şekil 5.38). Yüzey kopyalanarak, birim geometrik yüzeyin 45 derece döndürme işlemi ile yüzeyden kesilmesi işlemi "split" komutu ile yapılmıştır (Şekil 5.39). Ana Candela formunun oluşturulması için parça belirlenen üç aks doğrultusunda yeniden kesilmiştir (Şekil 5.40). "Mirror" aynalama komutu ile birim kesit ve planda geometrik formun üretimi gerçekleşmiştir (Şekil 5.41). Bu sayede Manantiales restoranının plastik yüzeyi bu seviyede manuel komutlarla oluşturulmuştur (Şekil 5.42).



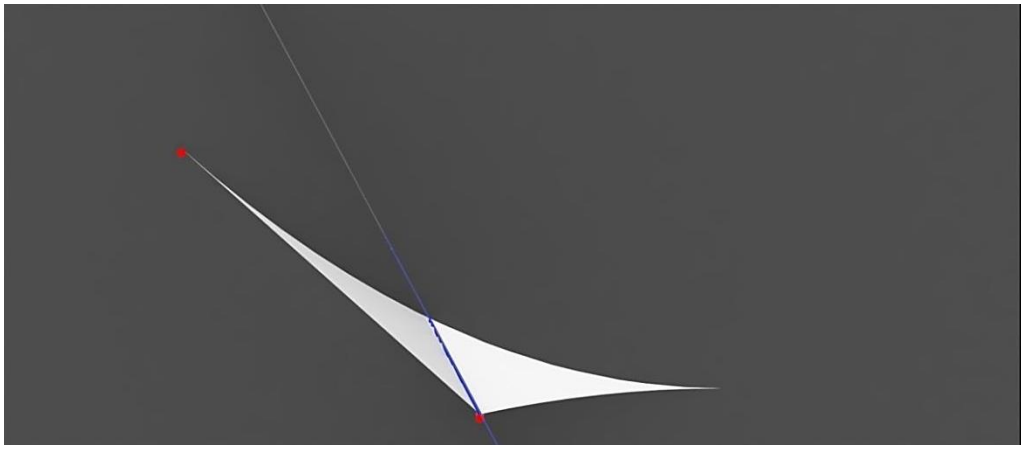
Şekil 5.37 : Hiperbol yüzeyin "loft" komutu ile oluşumu.



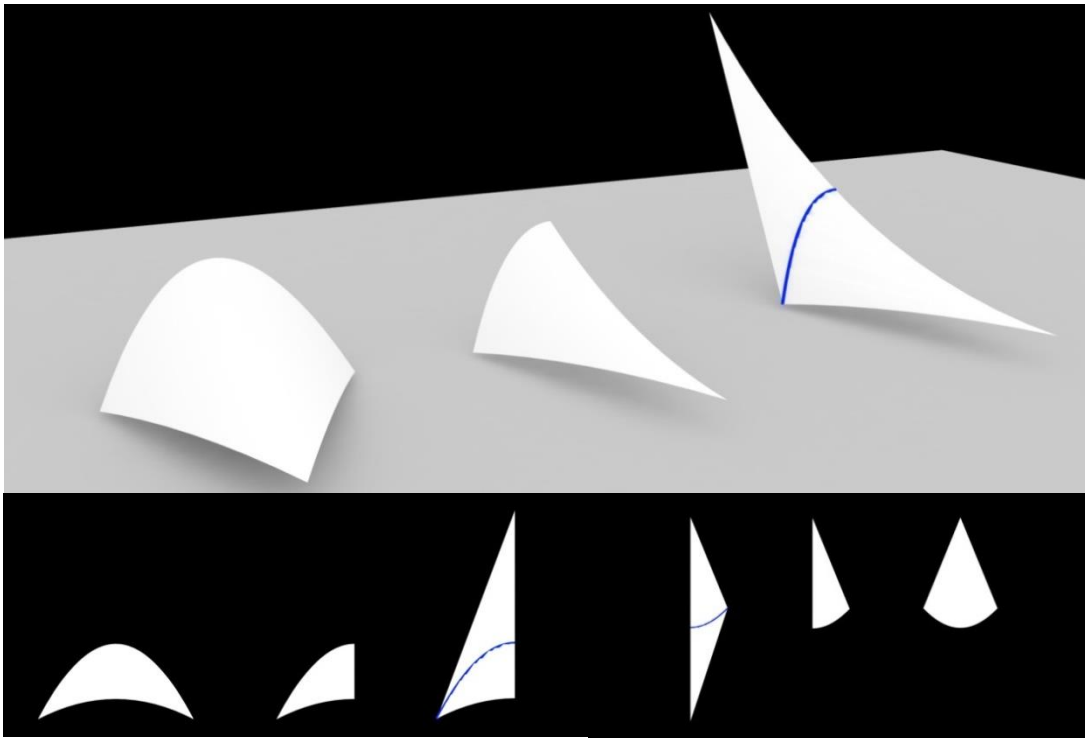
Şekil 5.38 : Yz ekseninde kesilme ve 45 derece döndürme işlemi.



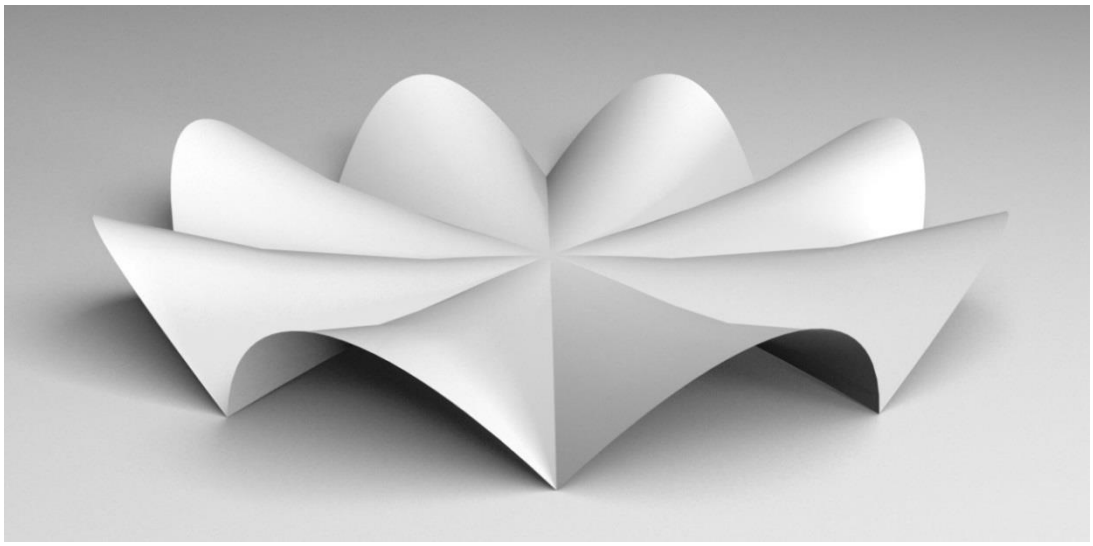
Şekil 5.39 : 45 derece döndürme işlemi ile yüzeyin "split" komutu ile kesilmesi.



Şekil 5.40 : Belirlenen üç aks doğrultusunda formun kesilmesi.

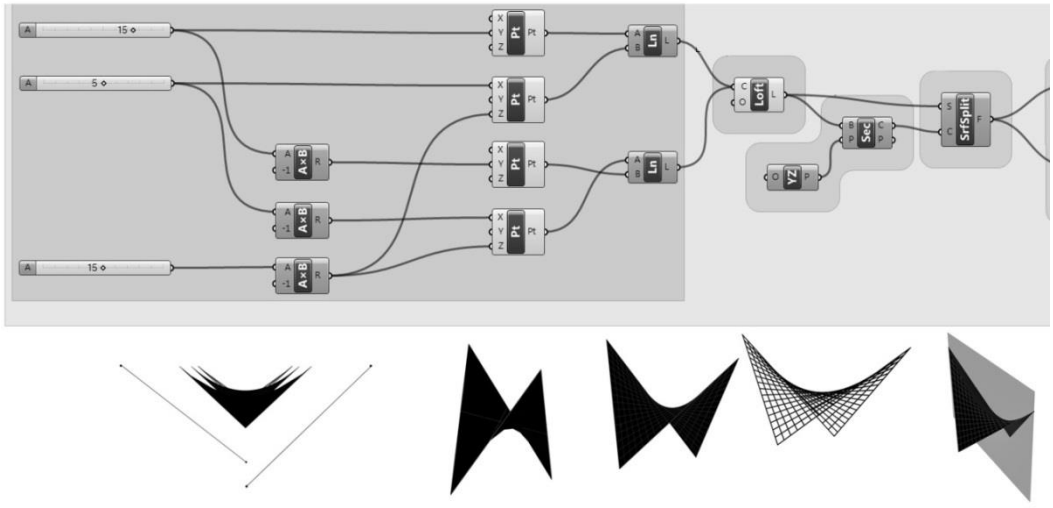


Şekil 5.41 : "Mirror" aynalama komutu ile birim kesit ve planda geometrik formun üretimi gerçekleşmiştir.



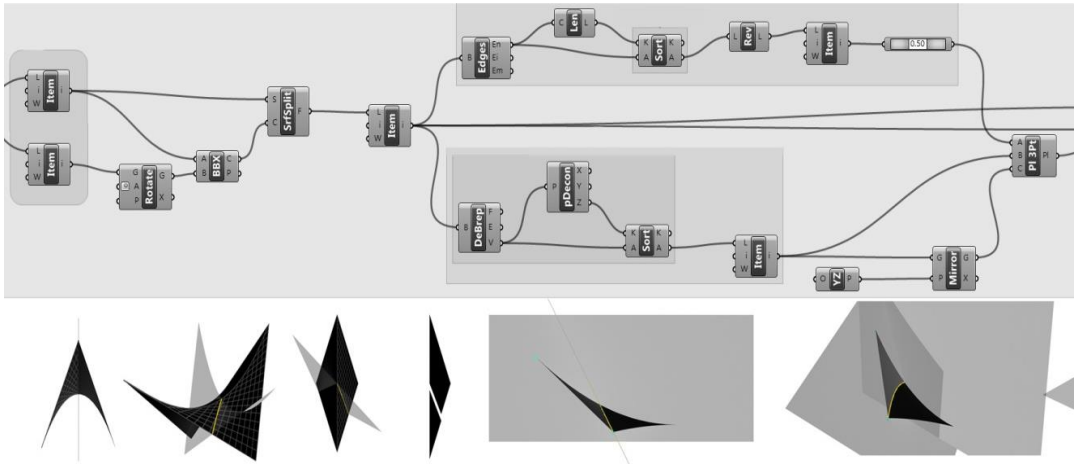
Şekil 5.42 : Manantiales restoranının plastik yüzey oluşumu.

Bu süreç rhinoceros 5 programının komutları ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin esnek ve dönüşen bir yapı sergilemesi için grasshopper programında parametrelere bağlanarak yeniden kurulmuştur. Kurulan kod sisteminin ilerleme durumu manuel olarak gerçekleştirilen yapı ile aynıdır. Formlar ile kodların hizaları eş zamanlıdır. Kodun işleyişi bu şekilde takip edilebilir. İlk olarak yüzey oluşturma ve yz aksında kesme işlemi gerçekleşir (Şekil 5.43).

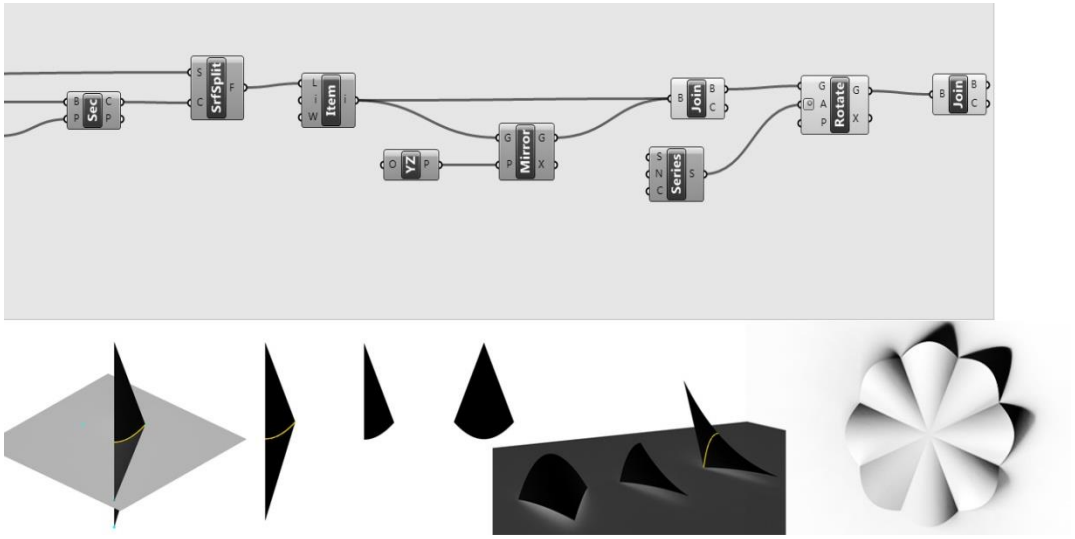


Şekil 5.43 : yüzey oluşturma ve yz aksında kesme işlemi.

45 derece döndürme işlemi ile yüzeyin "split" komutu kullanılarak kesilmesi ile oluşan parçanın, belirlenen üç aks doğrultusunda formun yeniden kesilme işlemi gerçekleşir (Şekil 5.44). "Mirror" aynalama komutu ile birim kesit ve planda geometrik formun üretimi gerçekleşmiştir. Manantiales restoranının plastik yüzeyi parametrelerle yeniden üretilmiştir (Şekil 5.45).

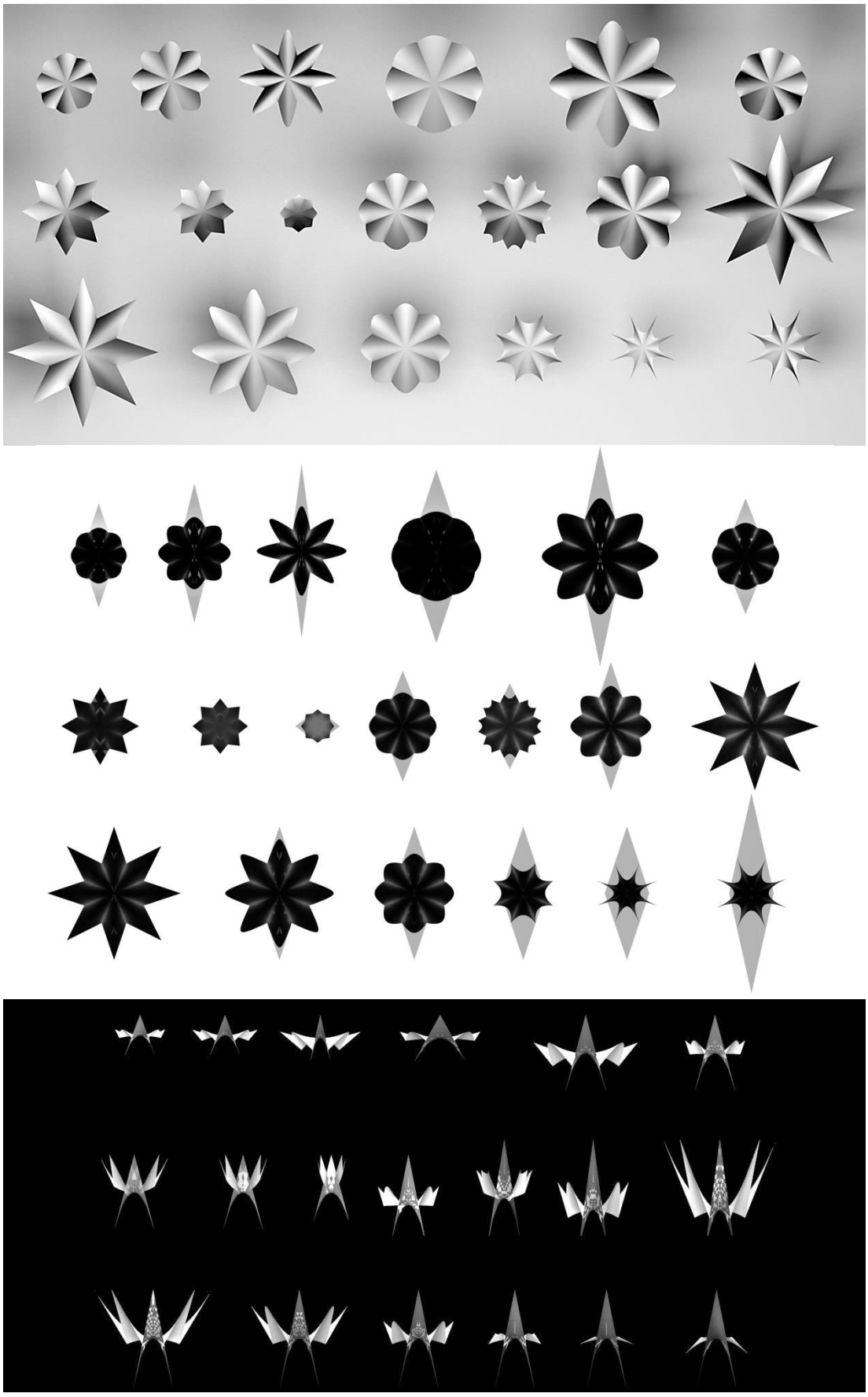


Şekil 5.44 : 45 derece döndürme işlemi ve 3 aks kesimi.

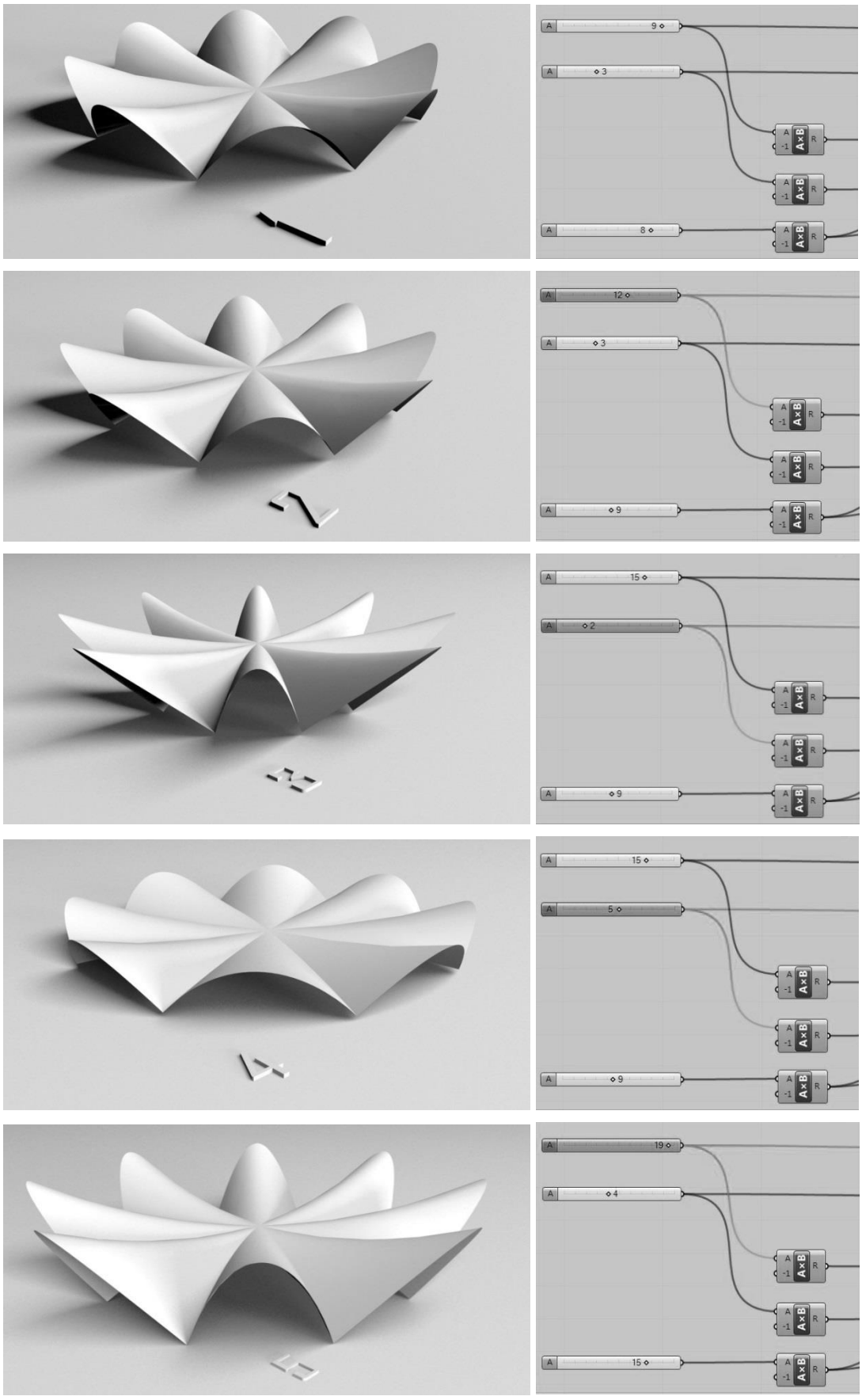


Şekil 5.45 : "Mirror" aynalama komutu ve merkezden döndürme işlemi ile Candela geometrisine ulaşım süreci.

Oluşturulan parametrik temel Candela geometrisinin, parametrelerdeki değerler değiştirilerek formun dönüşümü ve yeni biçimlerin üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Sistemin parametre aralıkları değiştirilebilir ancak bu proje kapsamında parametreler kısıtlı tutulmuştur. Dönüşümler teorisi kapsamında yalnızca ızgara sisteminin deformasyonu ile ilerleyen süreç bu modelde kendini göstermektedir. Sistem kapsamında temel form 18 farklı forma dönüşmüştür (Şekil 5.46). Parametreler değiştirilerek elde edilen formların süreci ve oluşan formlar V-ray görselleştirme aracı ile görselleştirmesi yapılmıştır. Her bir parametrenin oluşturduğu formlar çalışmanın devamında sunulmuştur (Şekil 5.47).

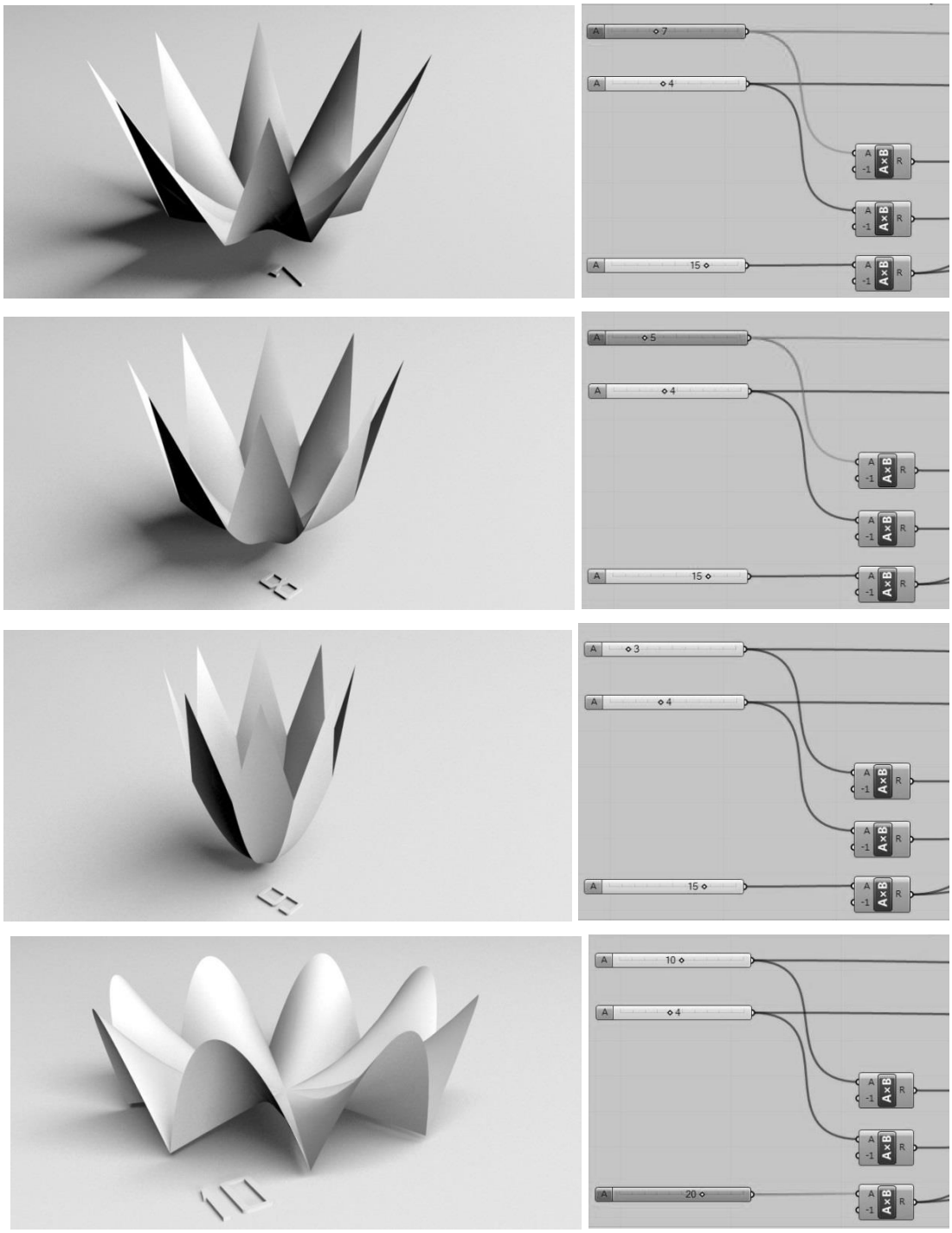


Şekil 5.46 : 18 farklı formun plan ve görünüşleri.

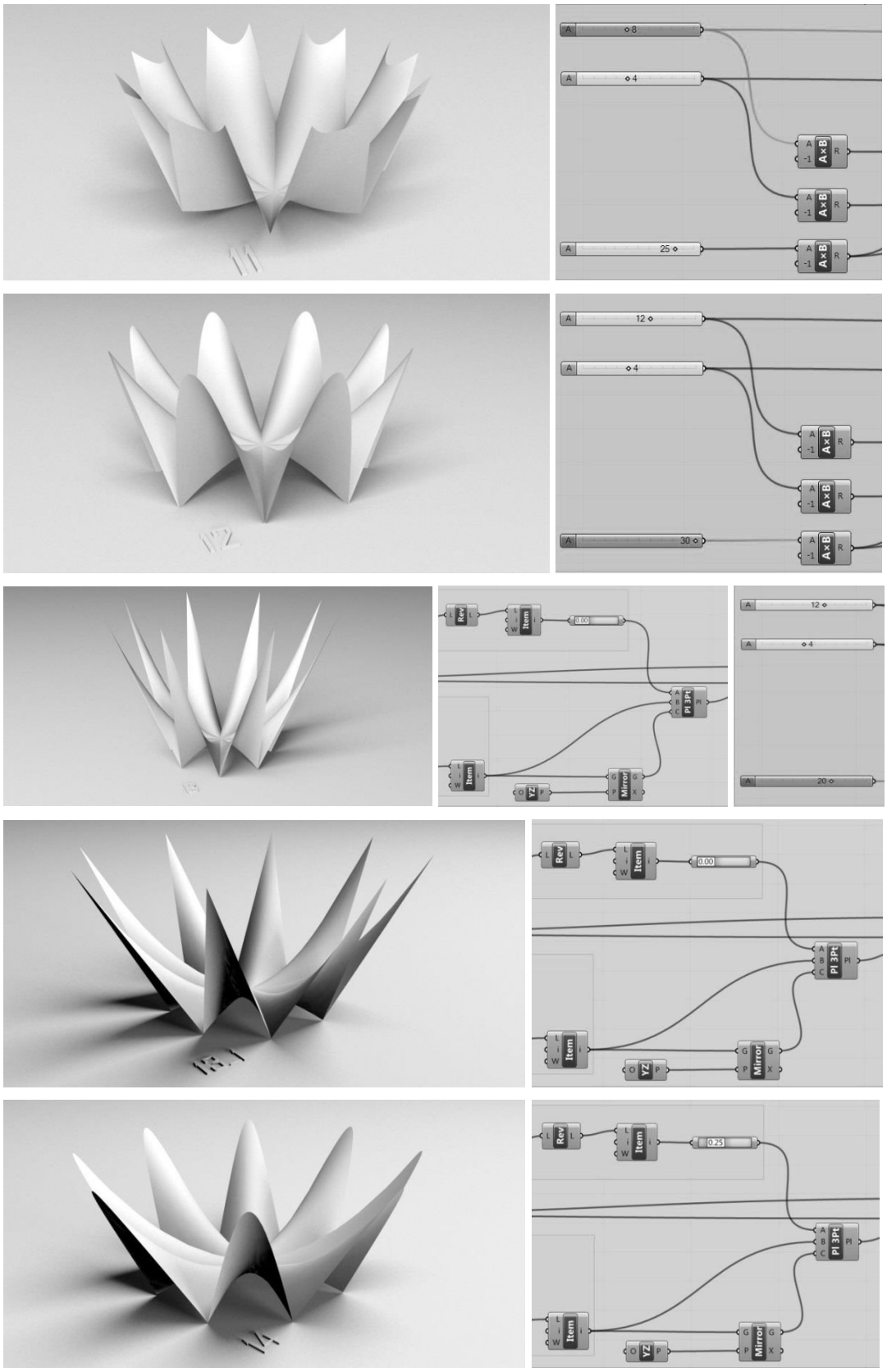


Şekil 5.47 : Parametreye bağlı form değişimi

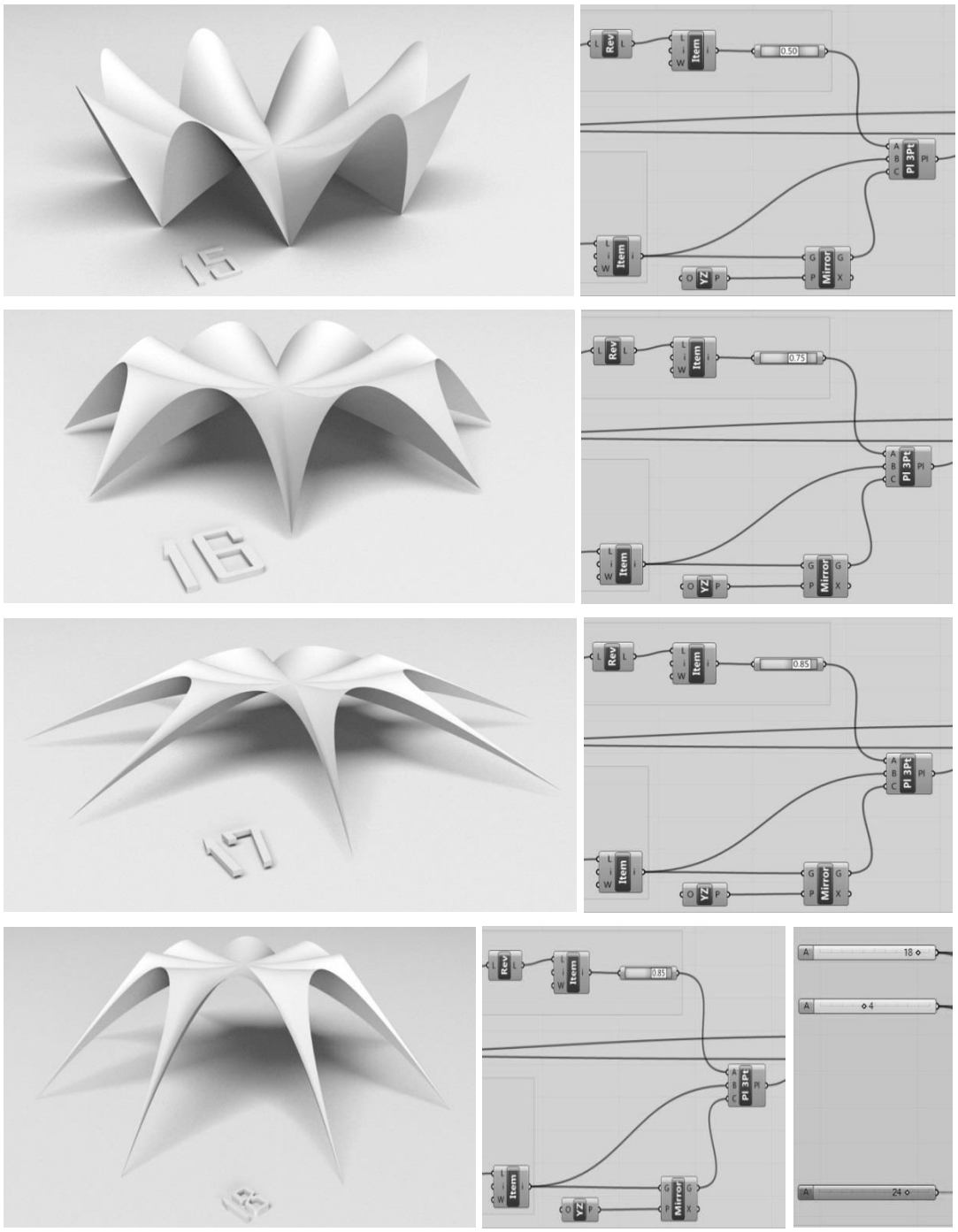
Parametrelerdeki değerler değiştirilerek oluşan formlar bir değere kadar Candela geometrisine bağlı kalmaktadır. Sınır değerin üzerinde parametreler atandığında sistem Candela geometrisinin dışına çıkarak farklı geometriler üretir ancak temel Candela kuralları; döndürme ve aynalama komutları dahilinde sistem arayışını sürdürür (Şekil 5.48, 49, 50).



Şekil 5.48 : Parametreye bağlı form değişimi

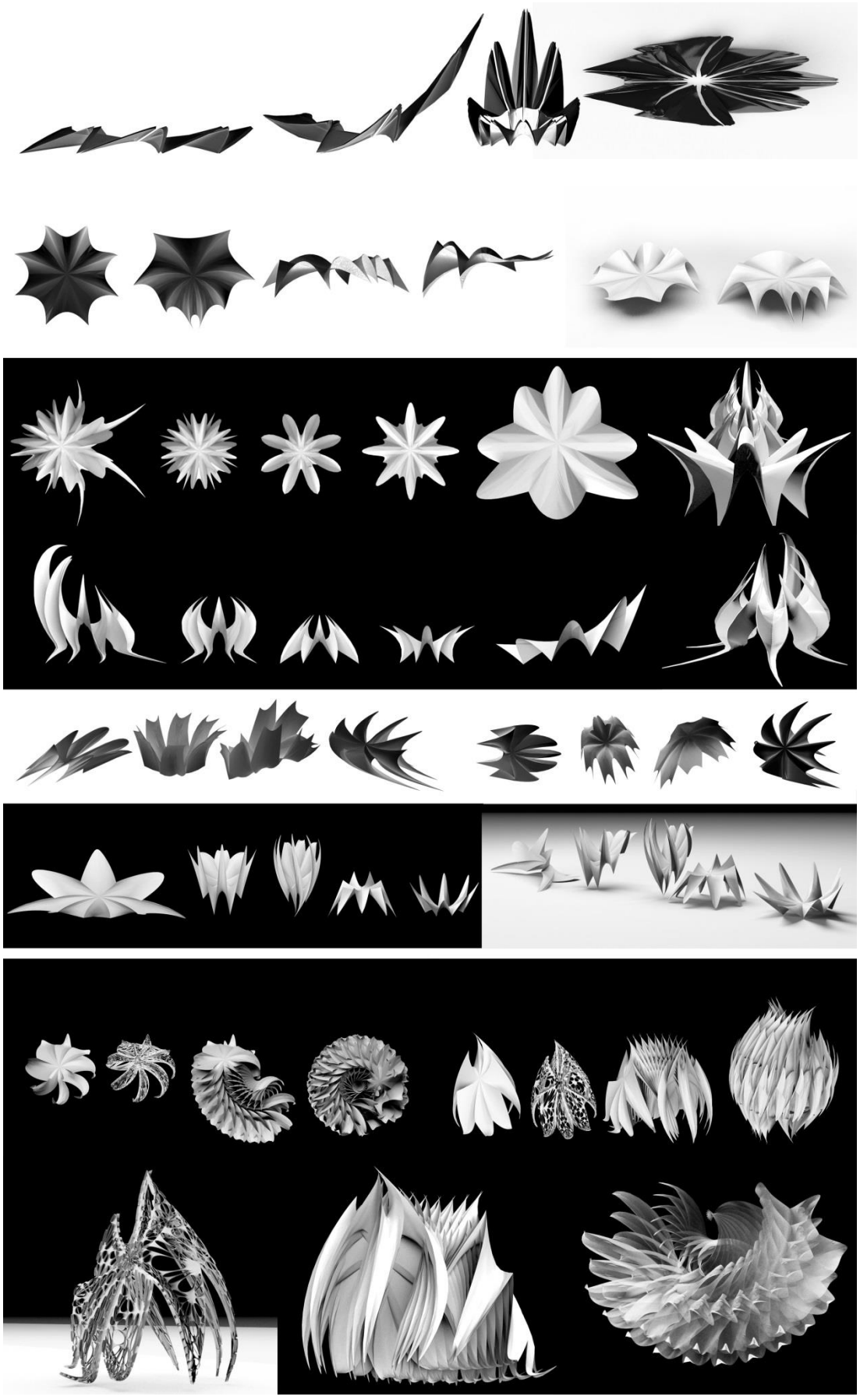


Şekil 5.49 : Parametreye bağlı form değişimi



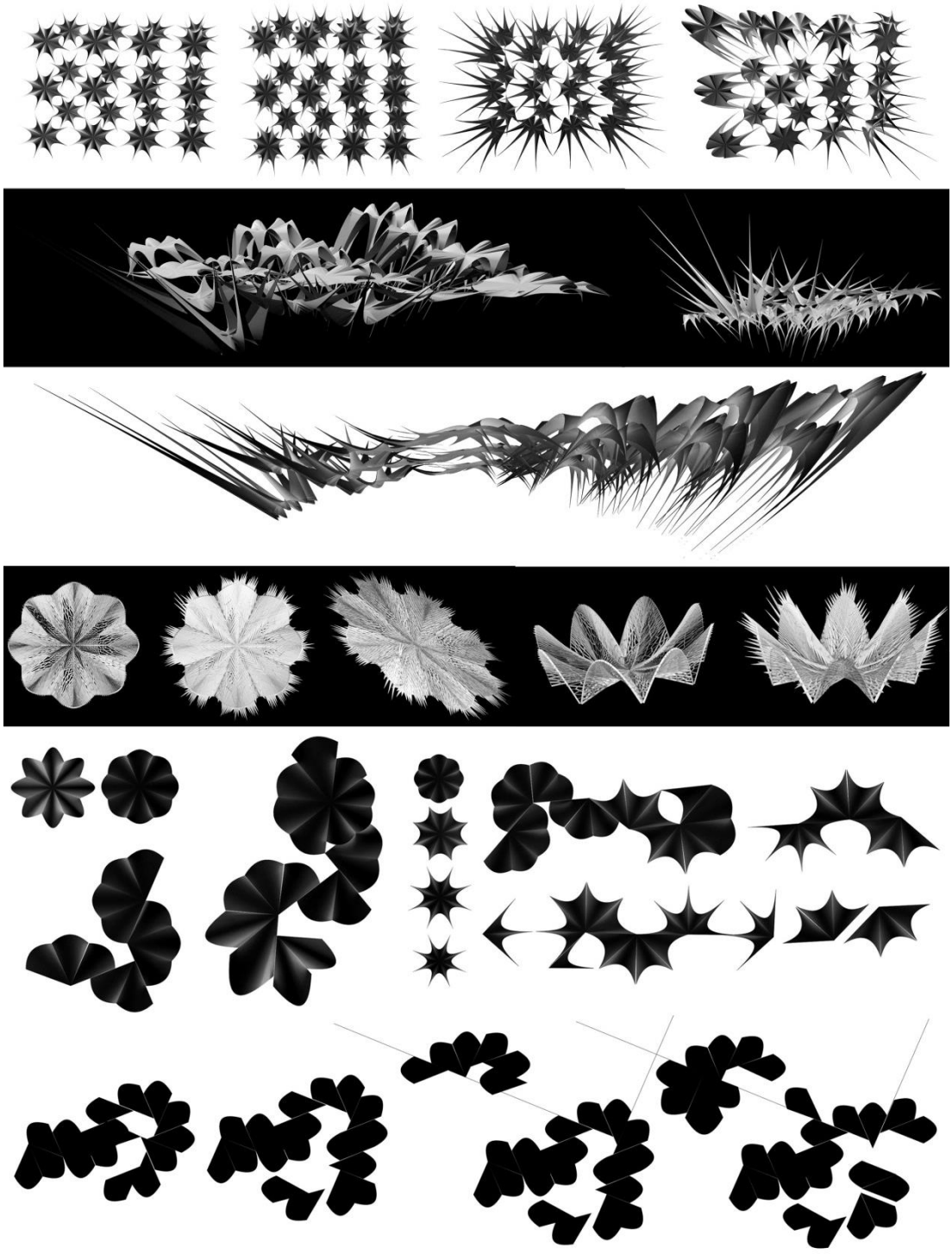
Şekil 5.50 : Parametreye bağlı form değişimi.

Sistemin oluşturduğu form çeşitliliği kısıtlamalarla ilerler. Sistem simetrik formlar üretirken aynı zamanda kapalı bir yapıya sahiptir. Bu kapalılık içinde asimetrik form arayışlarına bakılmaktadır. Simetriyi bozan arayışlar, üretilen Candela geometrilerinin steril durumundan çıkarıp daha esnek formların üretimini gözlemlemektir. Üretilen asimetrik formlar çoğalarak yaratıcı strüktür arayışlarını tetikleyebilir. Bu anlamda dijital tasarım teknikleriyle kurulan sistem bozulup yeniden üretilir (Şekil 5.51).



Şekil 5.51 : Asimetrik strüktür ve form arayışları.

İlk kurulan sistemde, formlar birbirlerine eklemlenip açık sistemlere evrilemezler. Bu anlamda Candela geometrisi eklemlenebilen, açık kaynaklı ve değişimi içeren örüntülerin elde edilmesi süreci zenginleştiren bir etki yaratabilir. Bu süreçte kapalı sistemden açık uçlu sistemlere evrilme denemeleri yapılmıştır. Birim modüllerin parçalanarak birbirleriyle ilişkili ağ sistemlerini kurması Candela dilinin çoğalabilen ve esnek strüktürlerin gözlemlenebildiği bir yapı sergilemektedir (Şekil 5.52).



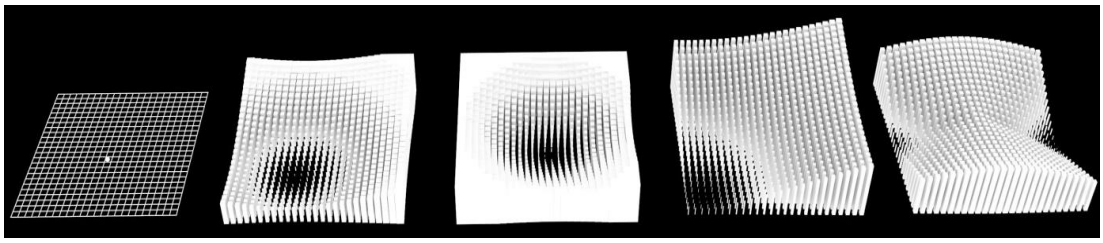
Şekil 5.52 : Açık sisteme evrilen Candela geometrisi.

5.3 Bir Kavram Üzerinden Üretim (Anizotropi)

Aniztoropi kavramı üzerinden çeşitli form üretimleri yapılmıştır. Kavramdan forma geçişteki süreçte sayısal tasarım araçları kullanılmıştır. Burada Rhinoceros 5 ve eklentisi olan Grasshopper programı formların oluşma sürecinde, tasarımcının bir eklentisi olarak çalışmıştır. Tasarımcının zihninde tasarladığı sistem ve form dijital tasarım araçları ile geometrik ifade biçimleri haline gelmiştir.

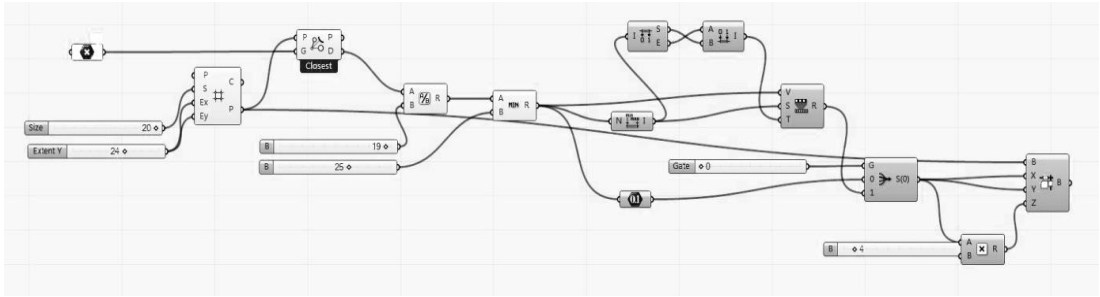
5.3.1 Kristallerin anizotrop yapısı üzerinden form denemesi

Bu modelde bir ızgara sisteminin değişimi gösterilmektedir. Izgara sistemine bir nokta eklenir. Bu nokta ızgara sistemini oluşturan her bir noktaya uzaklık (distance) ilişkisiyle etki eder. "Attractor"ın (dış etkinin) eklendiği bölgedeki noktalar bir oranla dikdörtgenler prizması oluşturur ve prizmalar eklenen noktaya (attractor) yaklaştıkça daha çok etkilenir. Daha açık bir ifadeyle, sistemin saf hali durağan ızgara yapılı bir sistemken, sisteme noktanın eklenmesiyle evrilerek üç boyut kazanır. Kristal moleküllerinde sisteme yabancı bir molekülün eklenmesi yeni bir özellik kazandırırken, bu sistemde de bir nokta eklenerek üç boyutlu noktayla ilişkili dikdörtgenler prizması ortaya çıkar (Şekil 5.53).

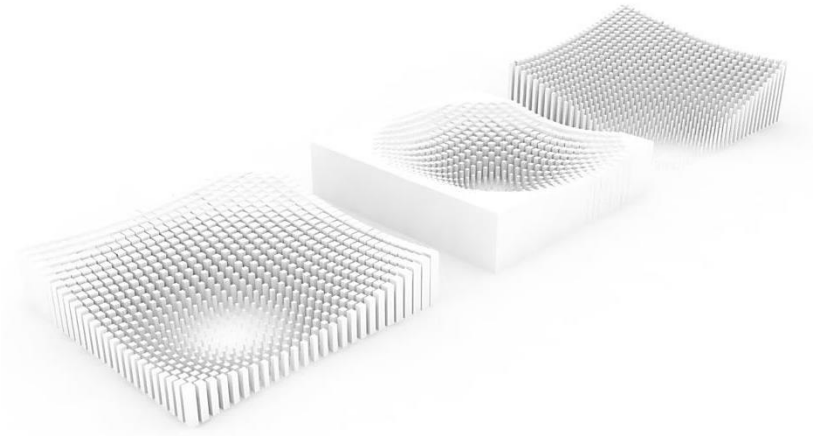


Şekil 5.53 : Izgara sistemine hatalı bir girdinin eklenmesi ile oluşan form.

Bu sistem Rhinoceros 5 programının eklentisi olarak çalışan grasshopper programı ile oluşturulmuştur. Kodları Grasshopper programında yazılmıştır (Şekil 5.54, 55).

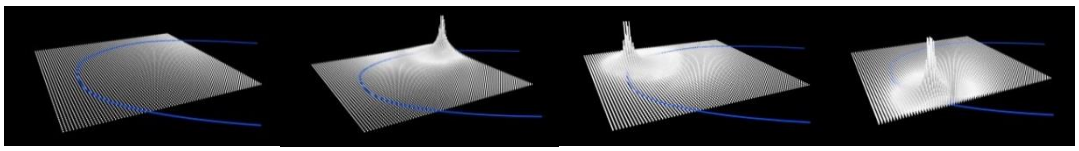


Şekil 5.54 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod.



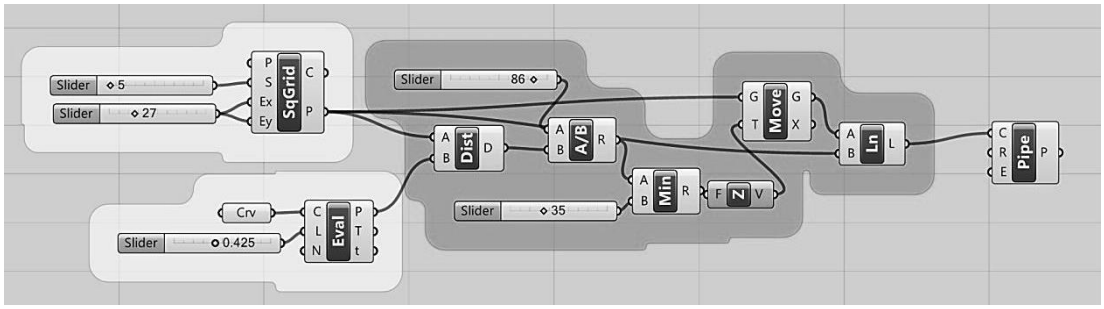
Şekil 5.55 : Üretilen Formların görseli.

Bu çalışmada sisteme eklenen hatalı girdi kendi komşuluk, uzaklık ve büyüme oranıyla hareket etmektedir. Bu anlamda sisteme hangi oranda ve hangi bölgeye etki edeceği konusunda bir müdahale yapılamamaktadır. Bu durumu çözmek için, sisteme hatalı girdinin kullanıcının istediği doğrultuda ve oranda etki etmesi için başka bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde hatalı girdinin yolunu kullanıcı belirler. Dış etkinin, (attractor) hangi oranda nasıl bir etki yaratacağına kullanıcı tarafından karar verilir (Şekil 5.56).



Şekil 5.56 : Dış etkinin kontrollü etkisi.

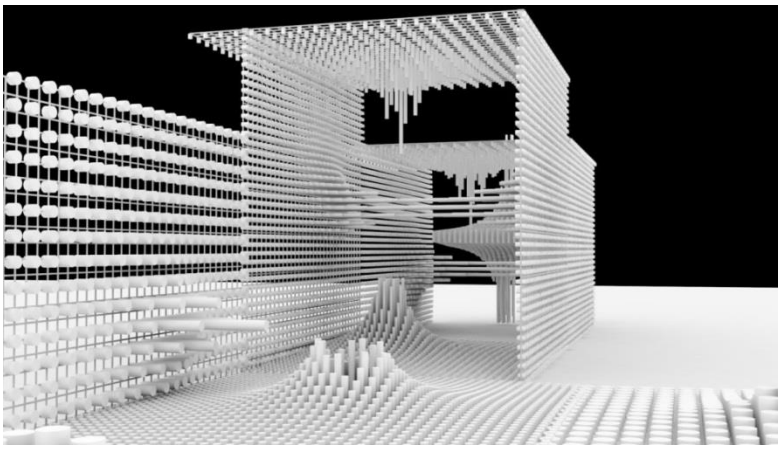
Kimyasal örgü hataları oluşturulan modellerde "attractor" olarak çalışır. Proje kapsamında bu alternatif modellere eklenen "attractor" noktası yalnızca fiziksel bir olgu olarak değil, aynı zamanda bu etkinin yaşamdan bir parça olabileceğini akla getirmektedir. Kimyasal örgü hataları ve "attractor" olarak sistemi etkilemesi farklı form yaratımlarını etkileyebilir (Şekil 5.57).



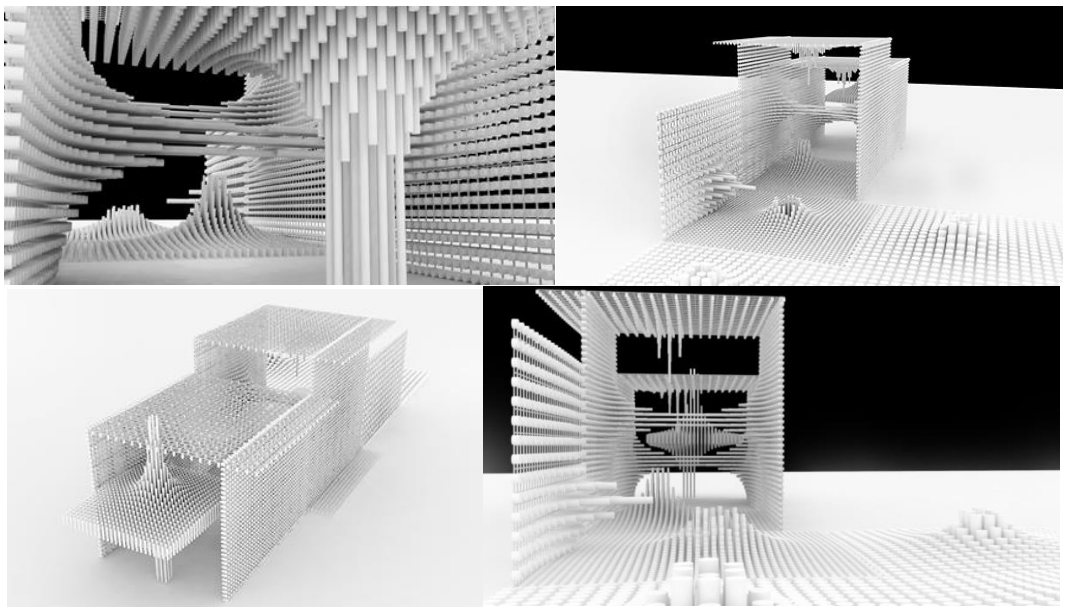
Şekil 5.57 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod.

Oluşturulan sistem, gerçek hayata etki eden bir örnek olarak ele alınmıştır. Kentte kullanılmayan yada tanımsız alanlar için rekreasyon kavramı üzerinden bir öneri getirilmiştir. Bu alanları yaşamın içine dahil etmek amacıyla bir model önerilmiştir. Bu model alanın konumuna, çevre etkilerine ve insan potansiyeline bağlı olarak farklı fonksiyonlara evrilebilir. Bu evrilmeler üzerinden sistem rekreasyon ve çocuk oyun alanları olarak tanımlanabilir (Şekil 5.58).

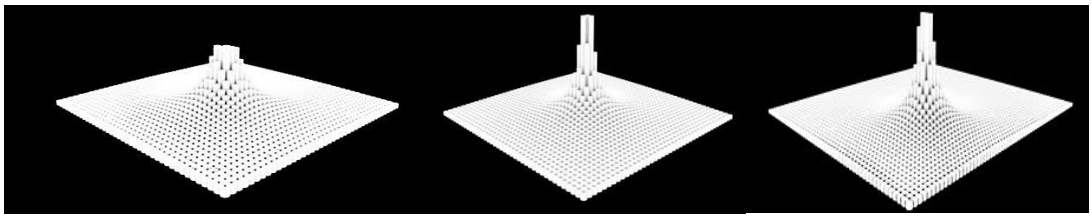
Üretilen model kristallerin anizotropisi üzerinden yabancı maddenin ağ sistemine eklenmesinde oluşturulan sistemle aynı prensipleri taşımaktadır. Burada "attractor" sistemin taşıyıcıları, oyun platformları ve dinamik zeminlerdir (Şekil 5.59). Sistemden üretilen tip modeller ile sistem kurgulanmıştır (Şekil 5.60).



Şekil 5.58 : Rekreasyon alanların da yarı açık mekan için bir form önerisi.

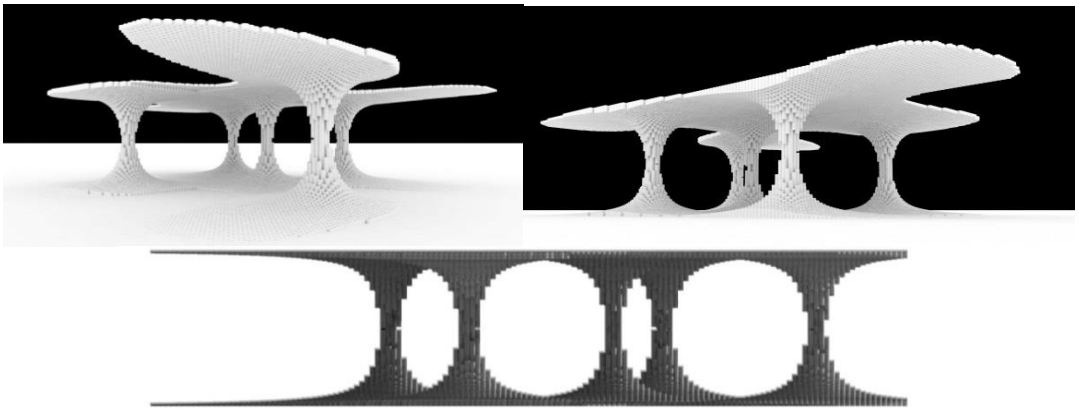


Şekil 5.59 : Rekreasyon alan perspektifleri.

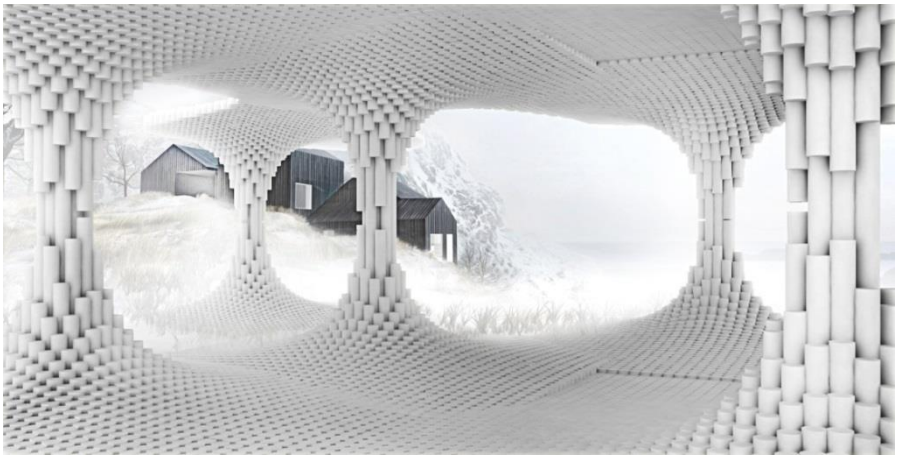


Şekil 5.60 : Formu oluşturan birim modeller.

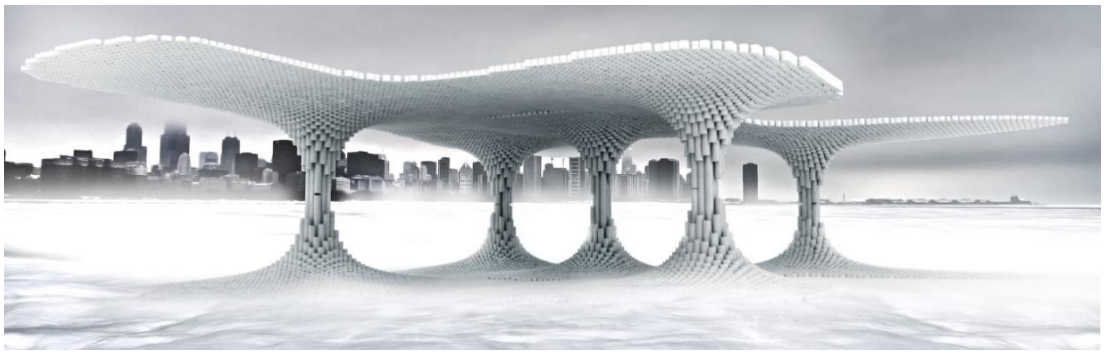
Aynı sistemin başka kurguda yorumlanmasında ise bir üst örtü tasarımı yapılmıştır. Bu sistemde "attractor" taşıyıcıları ve topoğrafyayı oluşturur (Şekil 5.61). Örtünün farklı hava şartlarında ve farklı mekan dokularında ne tür bir değişim içinde olacağı senaryolarla görselleştirilmiştir (Şekil 5.62). Bu senaryolar, üretilen bir modelin çevre koşullarına karşı nasıl bir değişim içinde olduğunu görmede etkili bir yöntem olabilir. Bu çalışmada form ile malzeme ilişkisi senaryolarda görülebilir. Sistemde malzemenin dayanım gücünü hesap edip örtüyü kurgulayan bir yazılım yoktur. Tasarımcının manuel olarak yapıya malzeme ataması ile oluşur(Şekil 5.63, 64, 65).



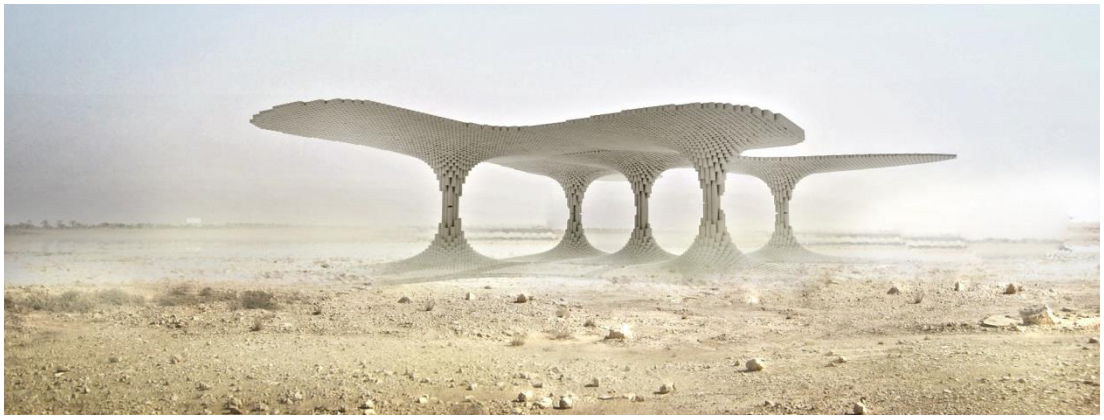
Şekil 5.61 : Örtü formu.



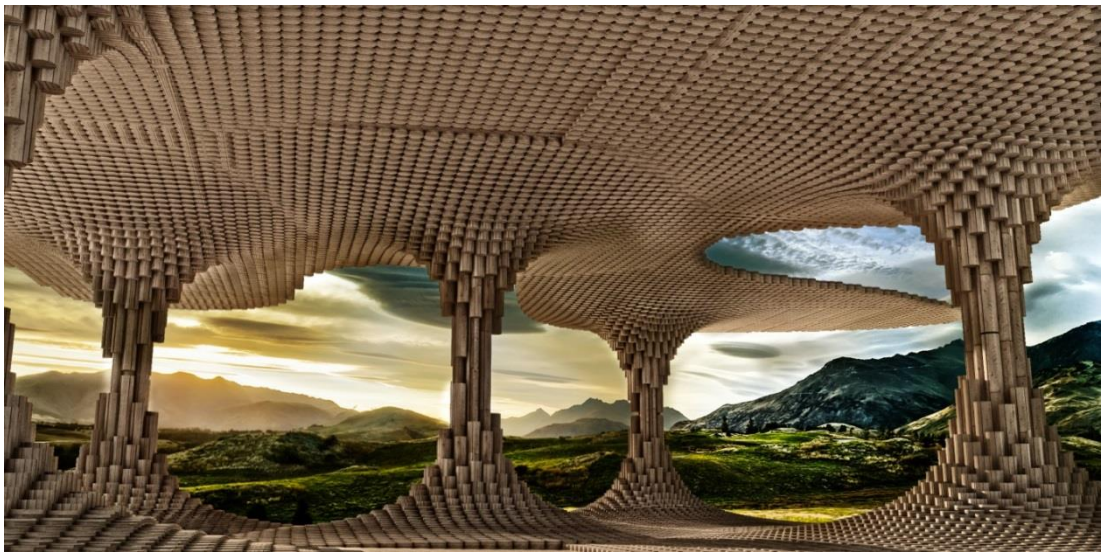
Şekil 5.62 : Örtünün kış uyarlaması, yapı içinden bakış.



Şekil 5.63 : Örtünün kış senaryosu.



Şekil 5.64 : Örtünün farklı zeminlerde görseli.

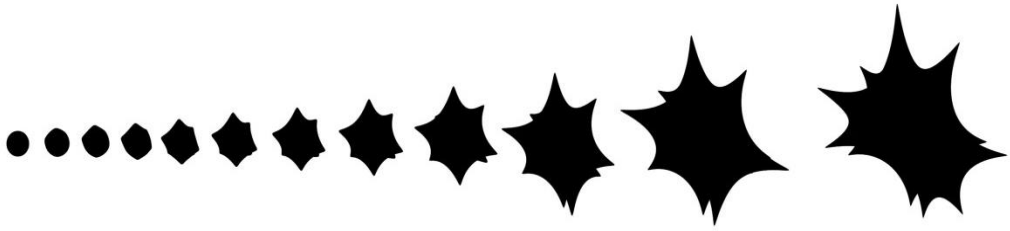


Şekil 5.65 : Örtünün ahşap malzeme ile görseli.

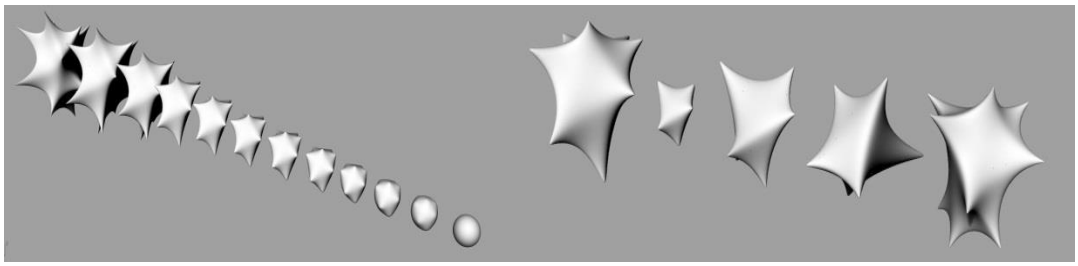
Bir “attractor” sisteminin görselleştirilerek senaryolaşması durumu için deneysel bir çalışma olmuştur. Görselleştirmeler, Vray for rhino programında hazırlanmıştır.

5.3.2 Plastik deformasyon üzerinden form üretimi

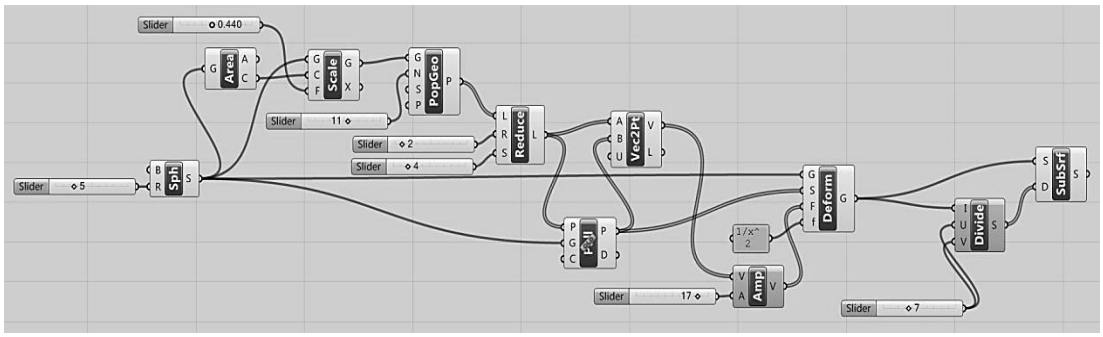
Durağan bir küreye basınç ve çekme kuvvetleri uygulanarak dönüşümünün gözlemlenmesi çalışmanın ana eksenini oluşturur (Şekil 5.66). Bu modelde, kullanıcının belirlediği ölçüde yapıya noktalar atanır. Kullanıcı bu noktalardan yüzeylerin plastik gerilimlerine göre çekerek sistemi deforme eder. Bu çalışmada Öklid geometri tabanlı bir formun deforme edilerek kristaller üzerinden plastik deformasyon kavramını tartışmaktadır (Şekil 5.67). Aynı zamanda Thompson'un ızgara sistemi üzerinden amorf formları dönüştürmesi ile örtüşür. Sistem, Grasshopper programı ile oluşturulmuştur, Rhinoceros 5 programı ile yüzey hale getirilmiştir (Şekil 5.68).



Şekil 5.66 : Durağan bir küreye basınç ve çekme kuvvetleri uygulanarak dönüşümünün gözlemlenmesi.



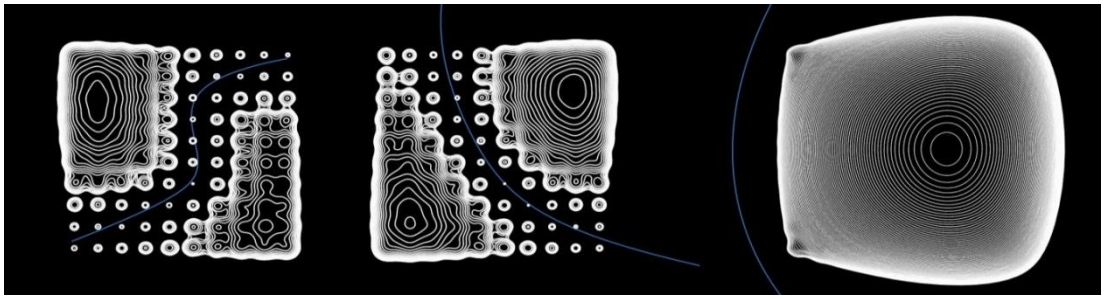
Şekil 5.67 : Sistemdeki nokta sayılarının değişmesiyle oluşan alternatif formlar



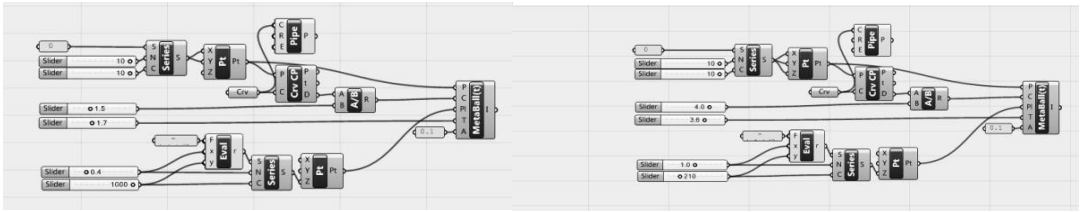
Şekil 5.68 : Grasshopper arayüzünde oluşturulan kod, (Hamarat, 2014b).

5.3.3 Elastik deformasyon üzerinden form üretimi (anizotrop toplum)

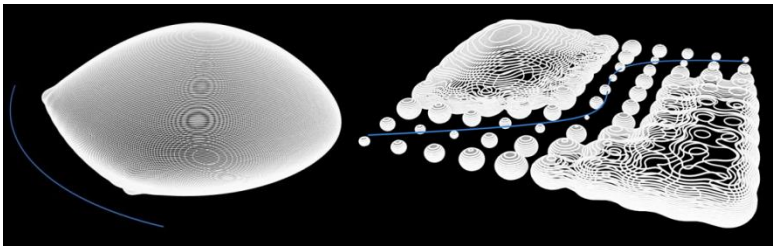
Bu model elastik deformasyon oluşumunda yer alan bir parçanın deformasyona uğradıktan sonra yeniden eski şeklini alma sistemine dayanır. Burada sistem toplu duruş sergiler, yabancı bir maddenin sisteme eklenmesi ile, eklendiği bölgeden parçalanarak birimler uzaklaşmaya başlar (Şekil 5.69). Grasshopper programında yazılan kodda Sistem tasarımcının çizdiği eğriyi "attractor" olarak algılar (Şekil 5.70). Sisteme etki eden hatalı bir girdi (attractor), sistemi parçalar. Attractorın etkilediği bölgede kopuk parçalanmalar olurken, attractordan uzaklaştıkça birleşmeler yaşanır (Şekil 5.71). Parçalar yeniden birleşir ve eski durumuna döner (Şekil 5.72). Bu durum sıvıların dış etkiler altında parçalanarak dairesel form almasına benzerdir (Thompson, 1945). Sıvılar farklı fazlara geçtiğinde fiziksel kopma yaşarlar (Şekil 5.73). Bir sıvı yağın suyun içine konulduğunda parçalanıp ayrılması gibi, bu sistemde bir dış etki ile kendini böler, komşuluk ilişkisi ile yeniden birleşir.



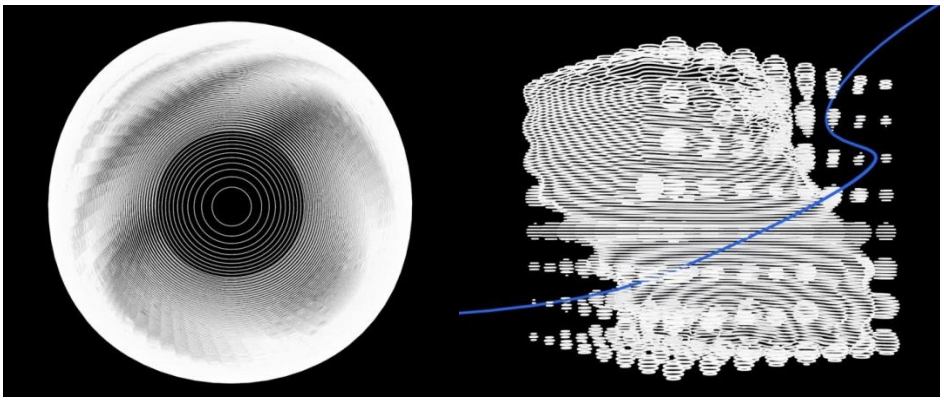
Şekil 5.69 : Bütün bir sistemin yabancı bir maddeye tepkisi.



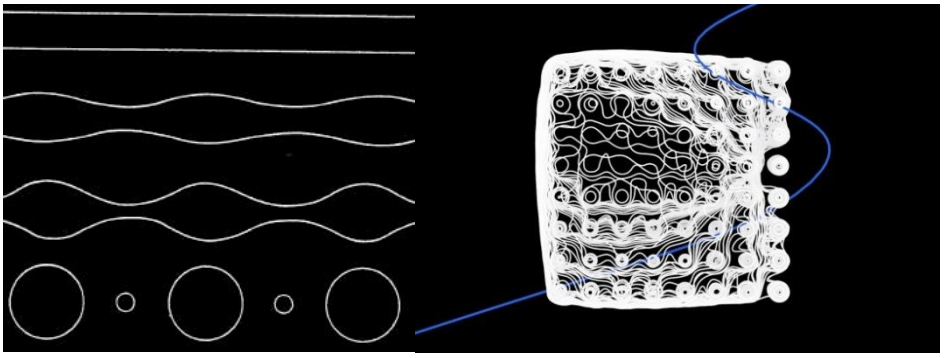
Şekil 5.70 : Grasshopper ara yüzünde oluşturulan kod, (URL-20).



Şekil 5.71 : Sisteme eklenen eğri "attractor" olarak çalışır.



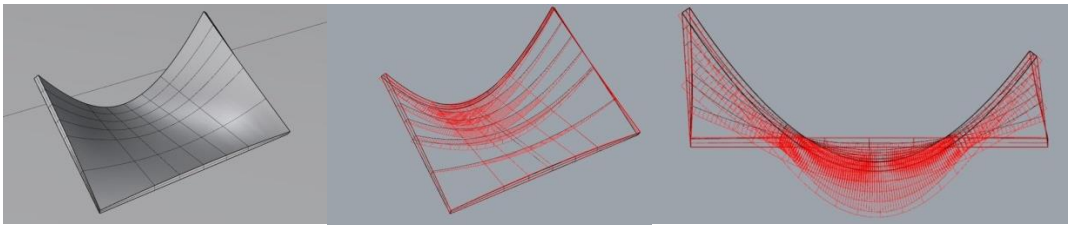
Şekil 5.72 : Sistemin z ekseninde çoğaltılması ile oluşan parçalanma.



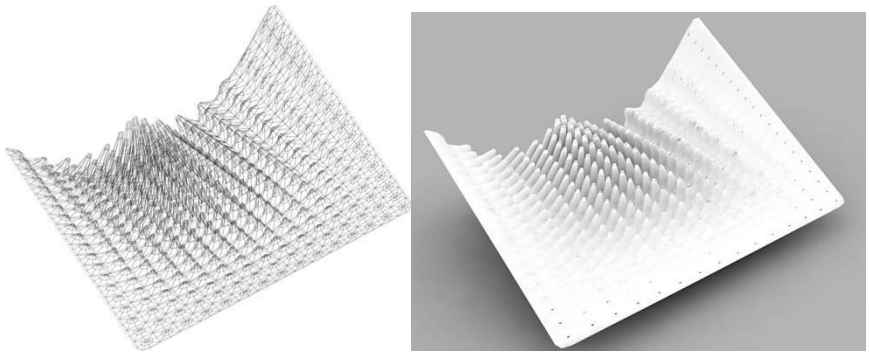
Şekil 5.73 : Sıvıların farklı fazda parçalanması (Thompson, 1945), sistemin plan görünüşü.

5.3.4 Zeminlerin anizotropisi üzerinden form üretimi

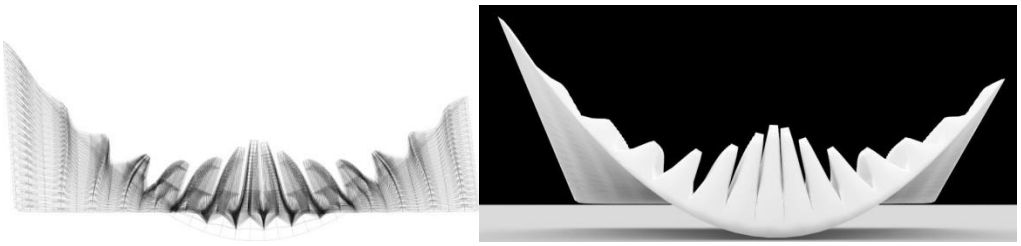
Zeminlerdeki anizotrop tavrın etkisi üzerinden bir form üretimi gerçekleştirilmiştir. Bükülen yüzeyin farklı yönlerdeki tepkisini form üzerinden temsil eden bir sistem kurgulanmıştır. Sistemde gerilimli çift eğrili bir yüzey elde edilmiştir (Şekil 5.74). Bu form kırılma anındaki son durumu temsilen yüzey eğriliğine ve gerilimine bağlı olarak tepkiler vermektedir. Eğrinin sınırını aştığı ve düzensizleştiği bölgede (akar olmama durumu) eğim analizine (curvature analysis) zıt yönde tepki verir ve organik bir form oluşturur (Şekil 5.75, 76). Bu sistem Grasshopper programında kurgulanmıştır (Hamarat, 2014). Farklı eğriliğe sahip yüzeylerde farklı formlar oluşur. Yüzey değiştikçe oluşan formlar da değişir.



Şekil 5.74 : Yüzeyin eğrilik derecesi (curvature analysis).

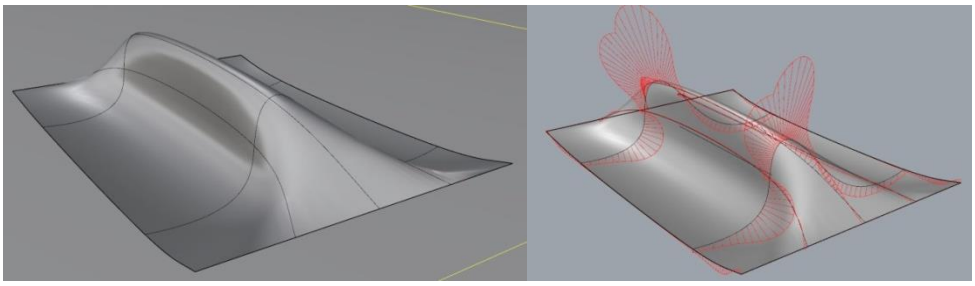


Şekil 5.75 : Eğrilik derecesine göre yüzeyin tepki vermesi.

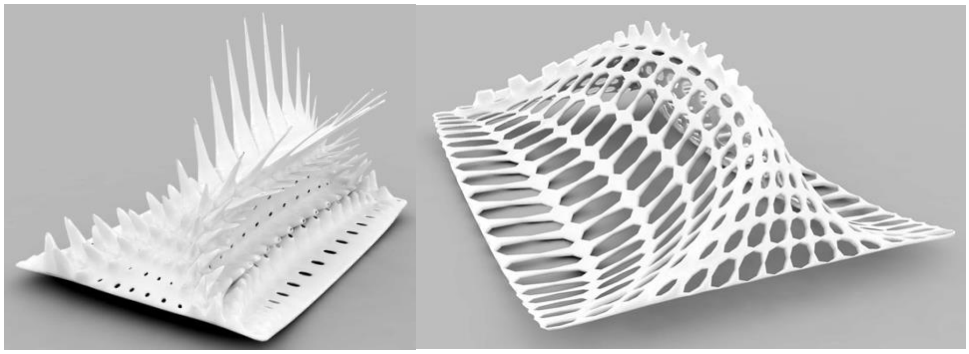


Şekil 5.76 : Oluşan formun görünüşü.

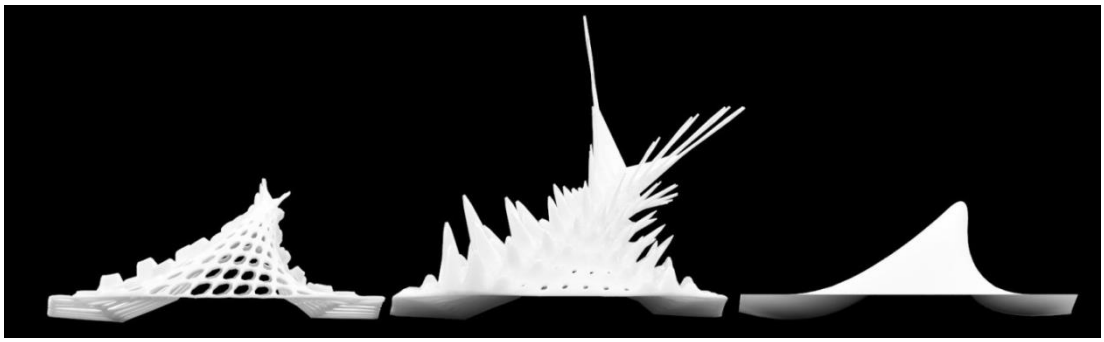
Farklı bir yüzey üzerinde sistem yeniden çalıştırılır. Yeni yüzey önceki yüzeyden daha kırıklı bir yapıya sahiptir (Şekil 5.77). Bu anlamda yüzeyin üzerindeki tepkiyi simgeleyen formlar daha agrasif bir yapı sergiler (Şekil 5.78, 79).



Şekil 5.77 : Yeni yüzeyin eğri analizi.

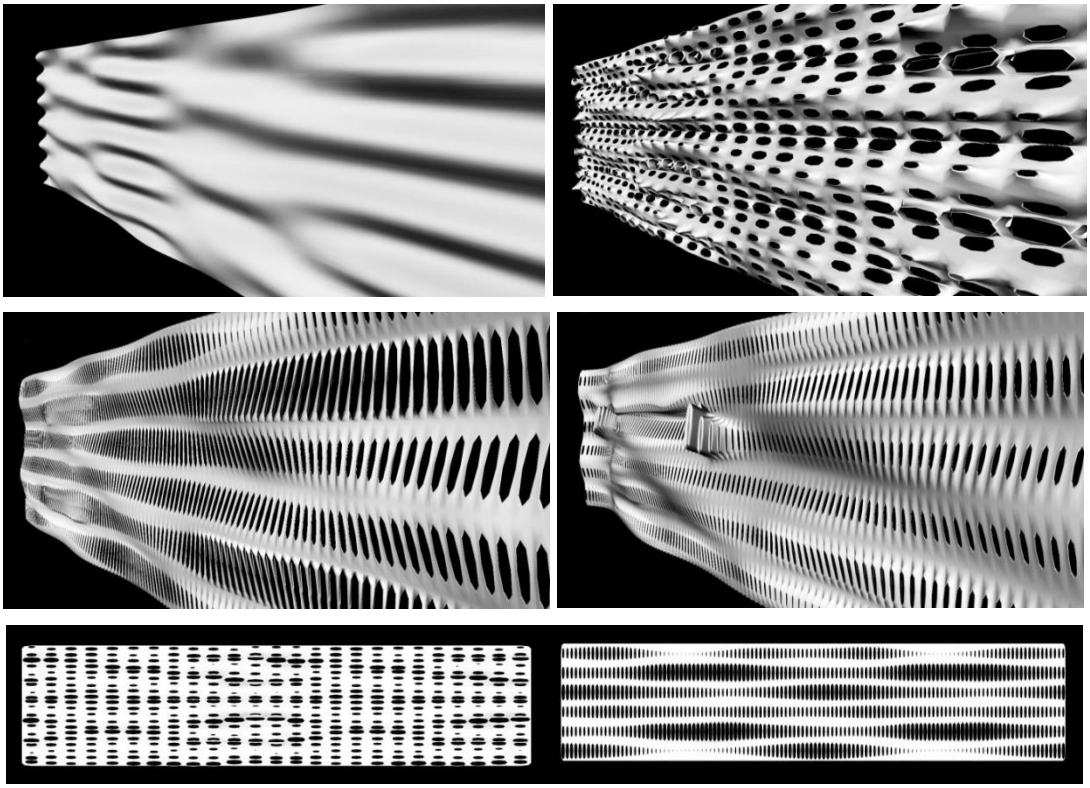


Şekil 5.78 : Yeni yüzeyin eğrilik derecesine göre oluşturduğu form.



Şekil 5.79 : Oluşan formun görünüşü.

Yüzeylerin anizotropisi üzerinden tanımlanan sistem, mimari bir eleman olarak cephe formunu üretir (Şekil 5.80).

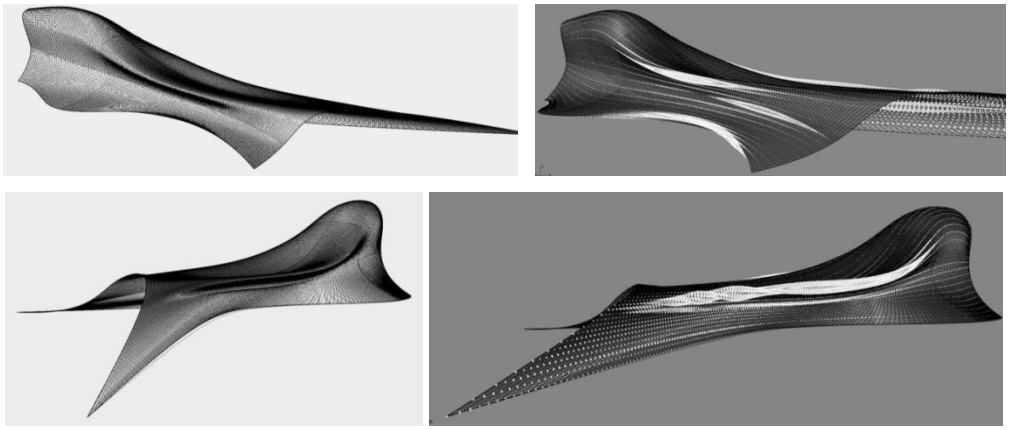


Şekil 5.80 : Sistemin cephe alternatifi oluşturması.

5.3.5 Yüzey gerilimine karşı kalkan etkisi

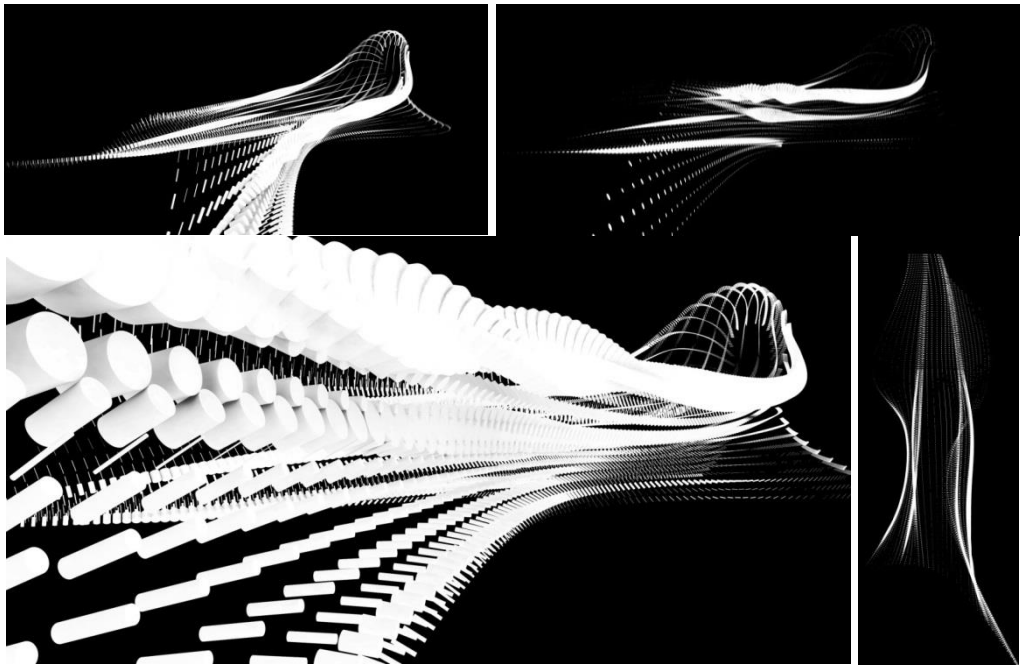
Yüzeylerin anizotropik gerilimleri üzerinden yürütülen bu çalışmada sistem yüzeyin tamamına güç noktaları atar. Yüzeyin akar olmama durumunda sistem o bölgeye daha yoğun ve büyük destekler atar. Destekler yüzeyin kırılmaya en yakın bölgelerinde sıklaşır ve sistemi güçlendirmek için çalışır (Şekil 5.81). Bu prensiplerle modelde yüzeyin kırılma anına en yakın noktaları, eğrisel yüzey analizi ile hesaplanır. Yüzeyin doğru bir eğrisellikte (akar eğri) olma durumunu kontrol eder,

analizini yapar. Sistem bu kontrol noktalarını, analiz dahilinde sıklaştırıp, artırabilir. Sistem Grasshopper kodlama ara yüzünde çalışılmıştır (Şekil 5.83) .

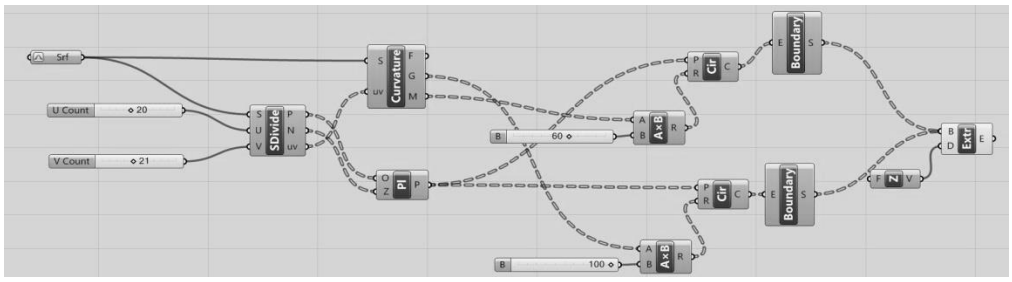


Şekil 5.81 : Yüzeyin kırılmaya yakın bölgelerinde oluşan destek birimler.

Bu formlar tasarımcının estetik algısı dahilinde oluşturulabilir. Formlar farklı açılarda akan birimler üretir (Şekil 5.82).



Şekil 5.82 : Akan birimler.

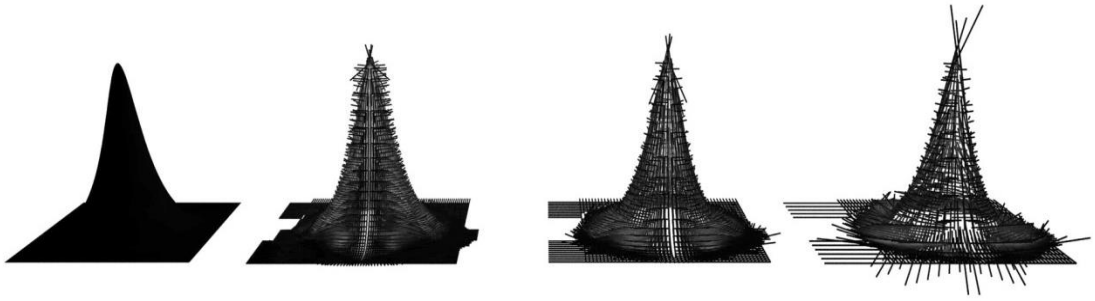


Şekil 5.83 : Grasshopper ara yüzünde oluşturulan kod.

5.3.6 Kavramların dönüşümü üzerinden örtü tasarımı

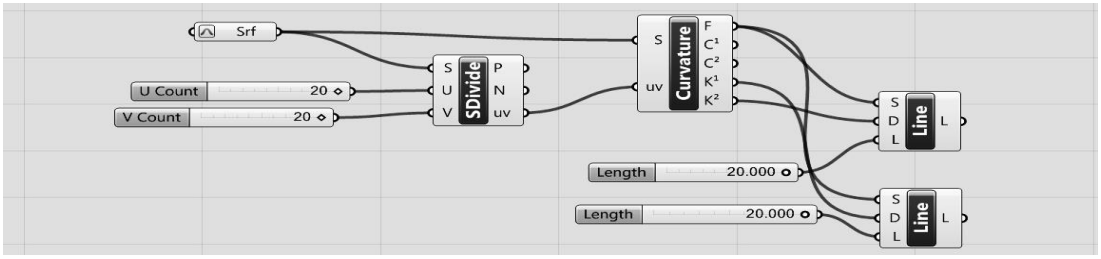
İnsanın temel ihtiyacı olan barınma ve bu barınma eyleminin temeli olan örtü kavramı bu bölümün sistemini oluşturur. Yüzey gerilimi, doğa ve yaşam koşullarının "attractor" olarak çalışması ve bu durumun bir örtü oluşturması çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Oluşturulan modelde temel geometriye ve kabile mimarlığının temel birimini oluşturan öklit formları üzerinden bir sistem oluşturulmuştur. Çalışmanın devamı eğrisel ve deforme edilmiş bir yüzey üzerinden ilerlemiştir.

Modeli oluşturan ara yüzde, sisteme bir yüzey atanır. Atanan yüzeyin eğrilik analizi yapılır. Yüzeyin üzerinde yer alan noktalara kendi düzlemlerini oluşturan bir devre bağlanır. Bu devre yüzeyin her bir noktasına kendi normal eğimini atar. Bu noktalar x, y ve z yönünde kendi eğriselliğinde hareket eden çizgiler oluşturur. Bu çizgiler örtünün yüzeyini oluşturan örgüyü oluşturur. Yüzey normallerinden beliren çizgilerin uzunlukları kullanıcı tarafından belirlenebilir, dolayısı ile örgünün biçimi kullanıcıya bağlıdır. Yüzey üzerindeki bu çizgilerin çıkış sayıları yüzeyi parçalayan devre ile ilişkilidir. Bu sistemde kullanıcı yüzeyi istediği kadar parçalayabilir. Sistemdeki UV değerleri değiştirilerek bu parçalama süreci gerçekleşir. Bu durumda yüzeyi noktalara parçalama işlemi sistemin "attractor"ını oluşturur. Sistem temel formlar üzerinde denemelerle oluşturulur (Şekil 5.84).



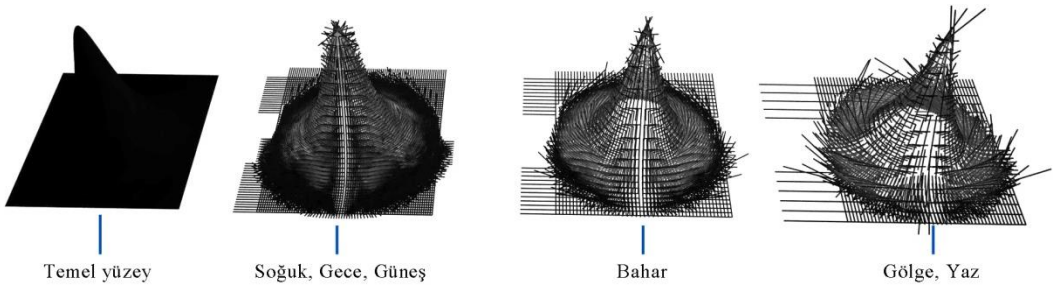
Şekil 5.84 : Yüzeydeki kuvvet çizgilerinin normallerine göre belirmesi.

Sistem Grasshopper programında oluşturulmuştur. Rhinoceros 5 programında görselleştirmeleri yapılmıştır (Şekil 5.85).



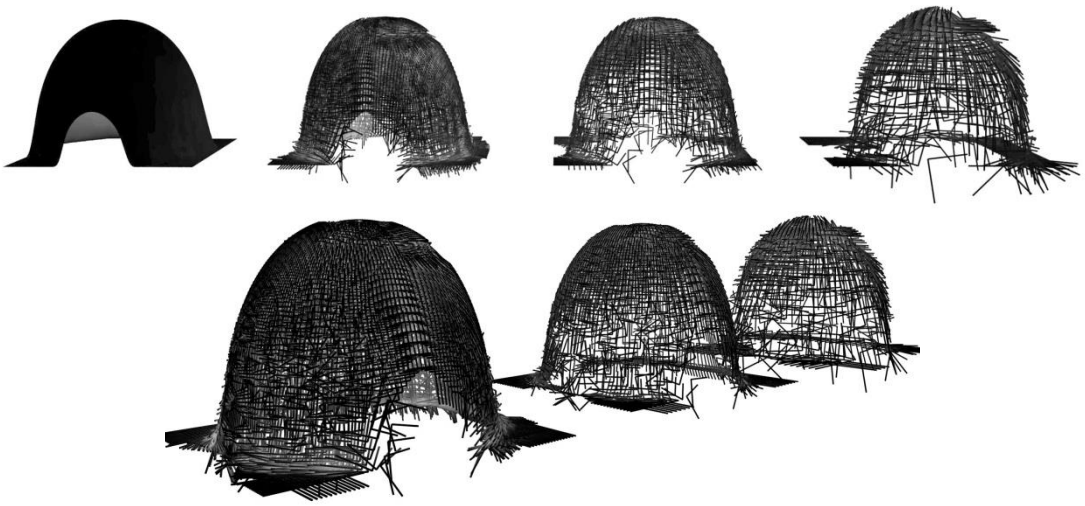
Şekil 5.85 : Grasshopper devresi.

Örtü kurgusunda mevsim, sistemde "attractor" olarak görev alabilir. Hava durumu saf sisteme hatalı bir girdi olarak etki edebilir. Bir diğer bakış açısı ile mahremiyet, yaşam biçimini oluşturmada "attractor" olabilir (Şekil 5.86).



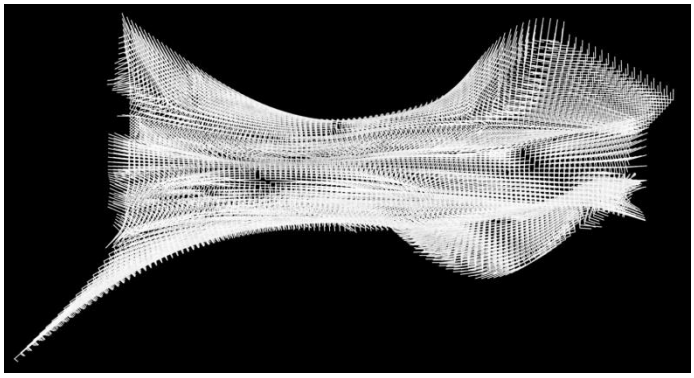
Şekil 5.86 : Mevsim "attractor" olarak çalışır.

Sistemin kabuğunu oluşturan çizgiler yaşam koşullarına göre sıklaşabilir ve seyrelebilir. Burada sistem iki aşamalıdır, yüzey eğriselliği örtüyü oluşturan kabuğun formunu oluştururken, bu kabuğun hareketini ve varyasyonlarını güç çizgileri oluşturur. Farklı bir temel form üzerinde sistemin görseli oluşturulur. Yüzeyin eğriselliği farklılaştığında sistemin tepkisi gözlenir (Şekil 5.87).

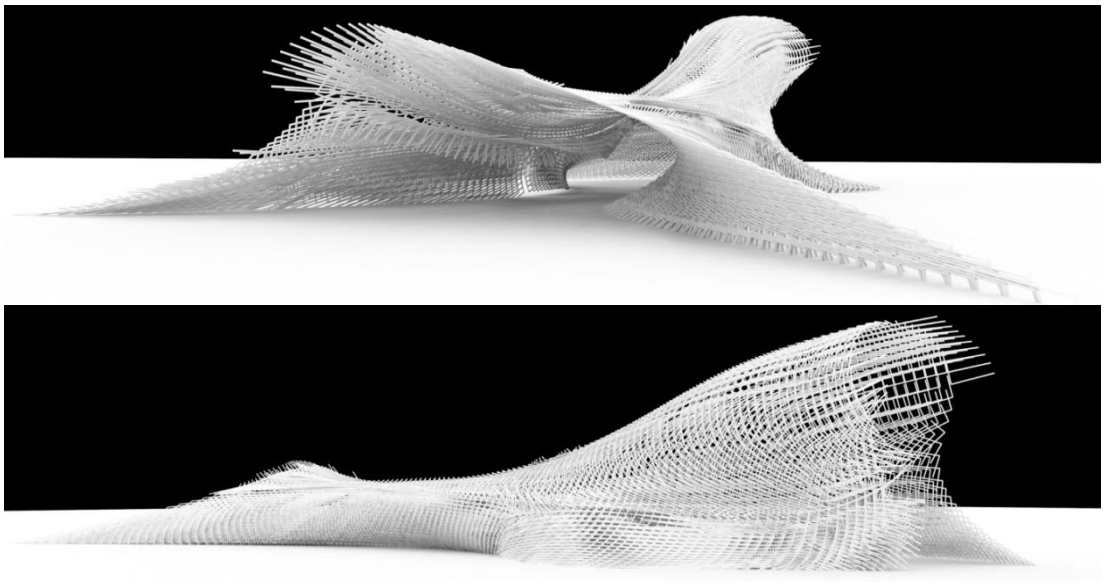


Şekil 5.87 : Farklı bir temel form üzerinden sistemin görseli.

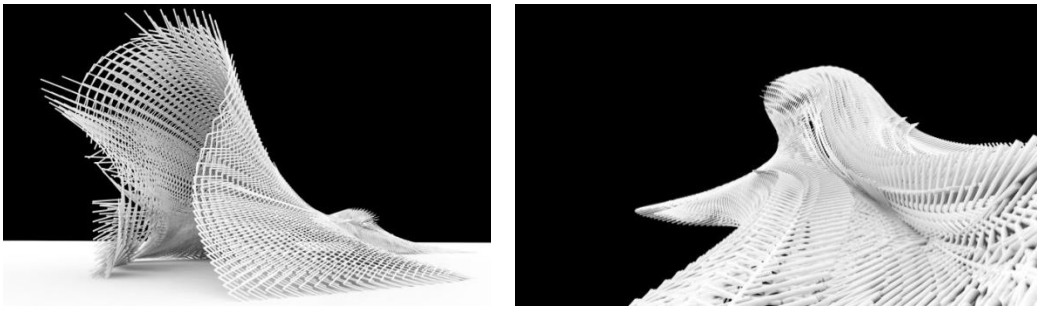
Temel formlar üzerinden üretilen örtü tasarımlarına bakıldıktan sonra eğrisel ve deforme edilmiş yüzey üzerinden sistem uygulanmıştır (Şekil 5.88). Tasarlanan bu örtünün farklı coğrafyalara ve mevsimlere adapte edilebilen bir yaşam alanı, barınak ve çok fonksiyonlu sergi alanları olarak kullanımı ön görülebilir (Şekil 5.89). Burada yüzey deforme oldukça daha karmaşık çizgiler oluşmaya başlar ve çizgiler örüntü oluşturur (Şekil 5.90).



Şekil 5.88 : Örtünün plan görünüşü.

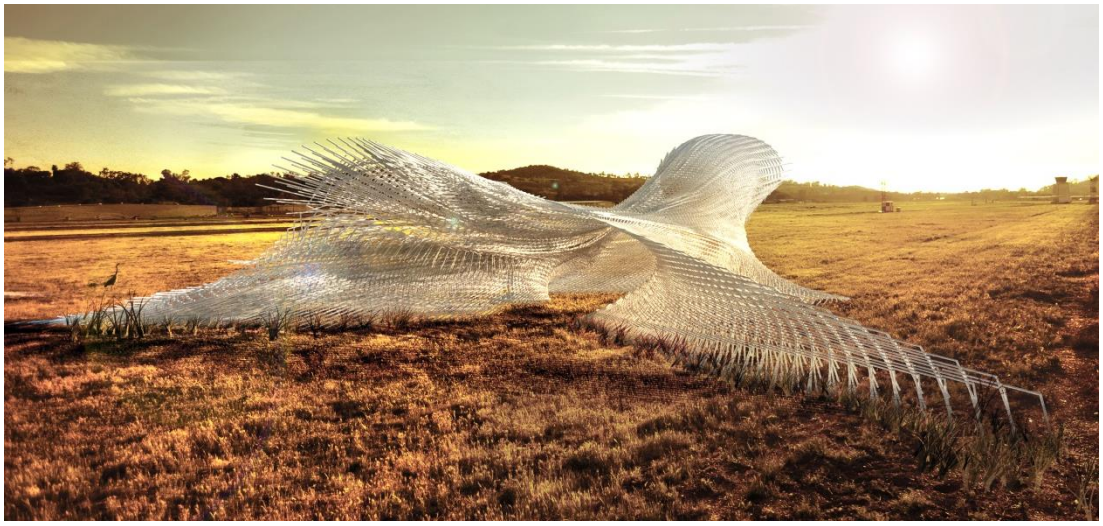


Şekil 5.89 : Örtü plastiği ve giriş algısı.



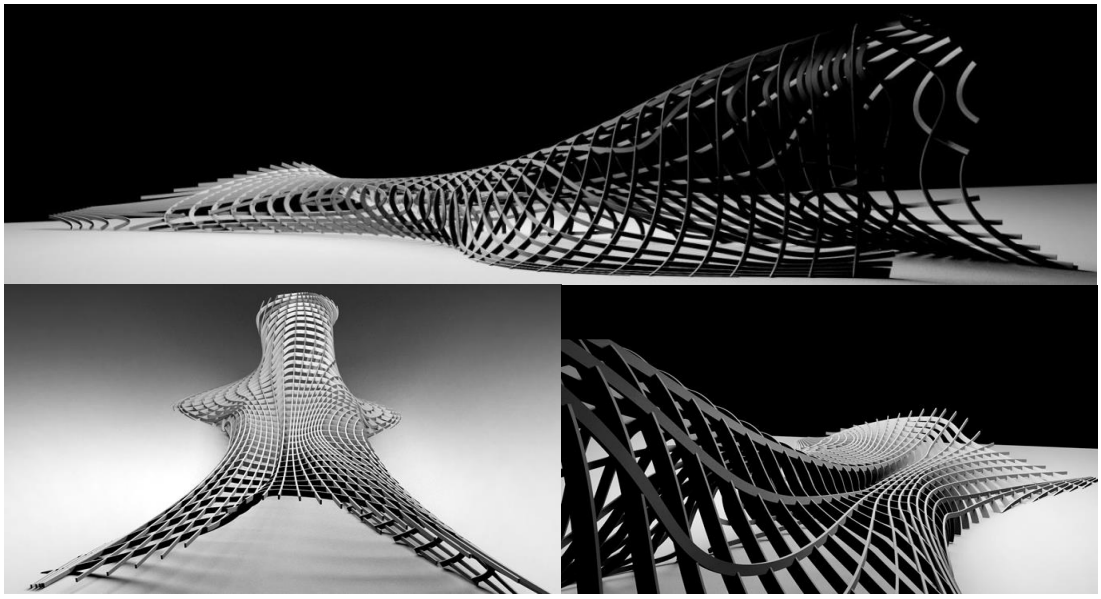
Şekil 5.90 : Örgü detayı.

Bu aşamada örtü çevreden bağımsız olarak, kendi form varlığı ile durmaktadır. Örtünün gerçek bir düzlemde ölçeklenip gözlenmesi önemlidir. Bu işlem görselleştirilen örtünün bir başka resme adapte edilmesi ile yapılmıştır. Burada kurgu tarlada çalışan insanlar için dinlenme mekanı olarak düşünülebilir (Şekil 5.91).



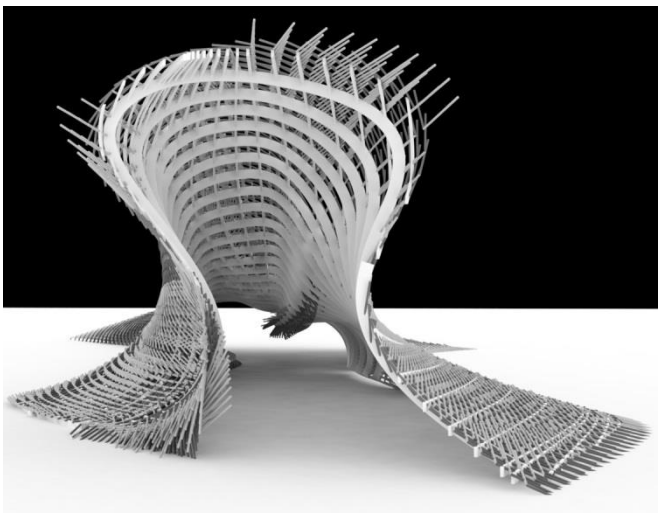
Şekil 5.91 : Örtünün arazi düzleminde kurgusu.

Örtü kabuğunu oluşturan örgü sisteminin her bir modülün kalınlığı devrenin eklentisi olarak ayarlanabilir. Ancak bu örgü sistemi tek başına kabuğu oluşturmada ve sağlam bir yapı sergilemede tutarsız görünmektedir. Bu anlamda örgünün taşıyıcı bir sistemle taşınması kurgulanmıştır (Şekil 5.92). Burada sistem iki aşamalıdır. Örtünün kabuğu anizotropi kavramının kurgulanması ile olurken, örtünün strüktür aşaması dönüşümler teorisi kapsamında önerilen “Tween curve”, ara eğri komutu ile oluşur.



Şekil 5.92 : Örtü strüktürünün ara eğri komutu ile oluşturulması.

Oluşturulan strüktür ile kabuk manuel olarak birleştirilir (Şekil 5.93). Örtünün temel sistemleri kurulmuş olur. Örtü oluşumu temel olarak bu iki prensip ile çalışmaktadır.

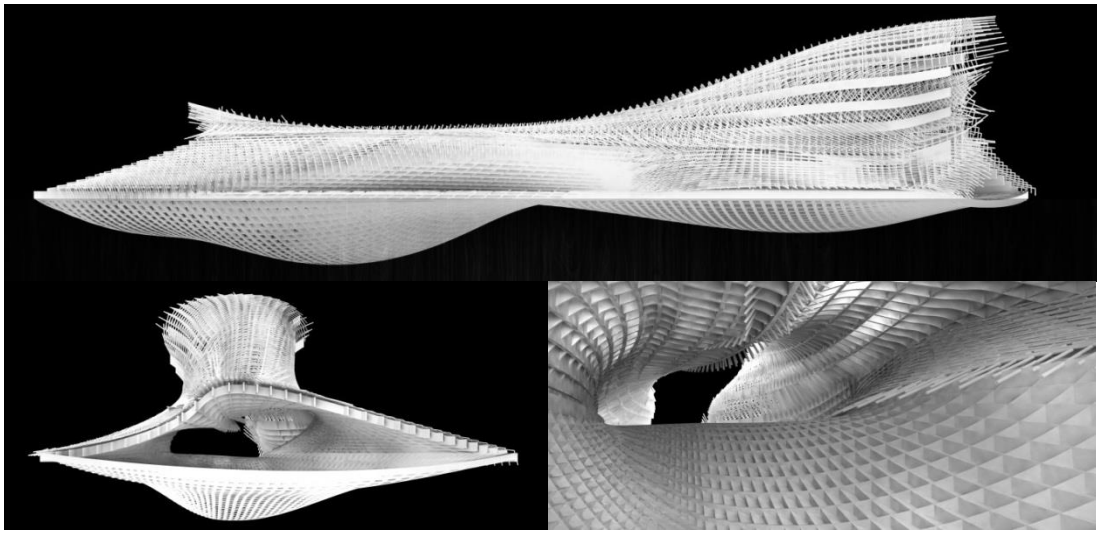


Şekil 5.93 : Strüktür ve örgü birleşimi.

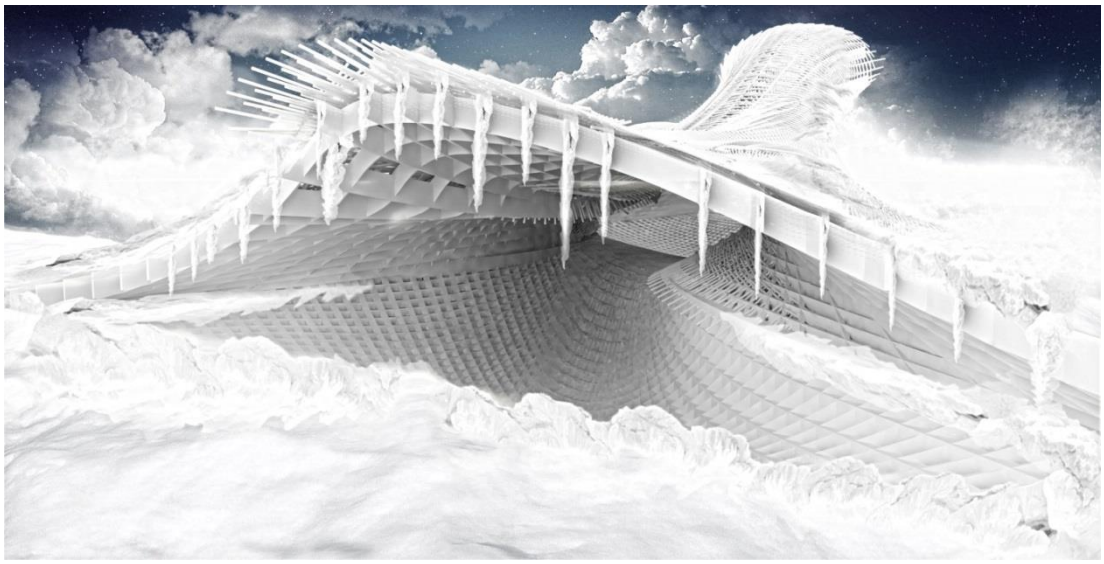
Örtünün temel prensipleri üzerinden mevsim değişikliklerinde nasıl bir yapı sergileyebilir sorusu üzerinden senaryolar oluşturulmuştur.

5.3.6.1 Örtünün kış, bahar ve yaz senaryoları

Örtünün kış mevsimi uyarlamasında kabuk taşıyıcıları sıklaşır. Kabuğu oluşturan örüntü çoğalır ve birbirine yaklaşır. Zemin, iglo oluşum mantığı ile soğuk havanın "attractor" olarak çalışması ile yer düzlemine gömülür. Soğuk etkisini arttırdıkça çekirdeğe yaklaşır (Şekil 5.94). Bu senaryo üzerinden foto realistik görseller hazırlanır (Şekil 5.95).



Şekil 5.94 : Örtünün kış senaryosunun forma etkisi ve iç mekan kurgusu.

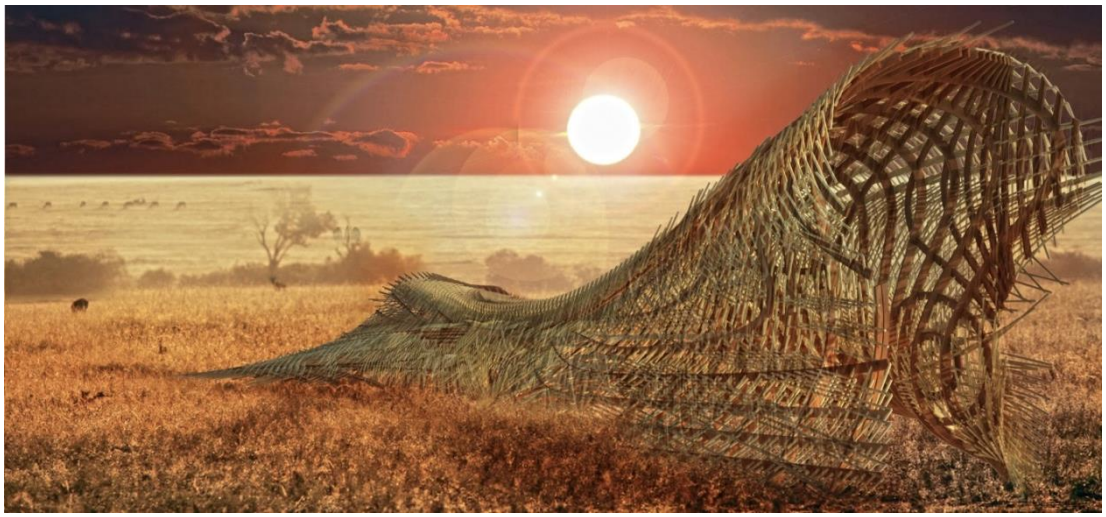


Şekil 5.95 : Örtünün kış senaryosu görseli.

Bahar ve yaz senaryolarında ise; kabuk taşıyıcıları seyrekleşir ve kabuğu oluşturan örüntü azalır ve birbirinden uzaklaşır. Rüzgar ve güneş “attractor” olarak çalışarak, örüntünün sıklaşıp, seyrelmesini sağlar. Örüntüyü oluşturan malzeme bölge durumuna göre değişiklik gösterebilir (Şekil 5.96). Bu aşamada malzeme değişimi coğrafyanın değişimi ile orantılıdır (Şekil 5.97). Sistemde malzeme kendi yapısı içinde değişmez, üretimin gerçekleşeceği bölgede kullanıcı ya da inşaat çalışanları tarafından üretilir.



Şekil 5.96 : Örtünün bahar uyarlaması; örgü; saman, taşıyıcı sistem; ahşap.

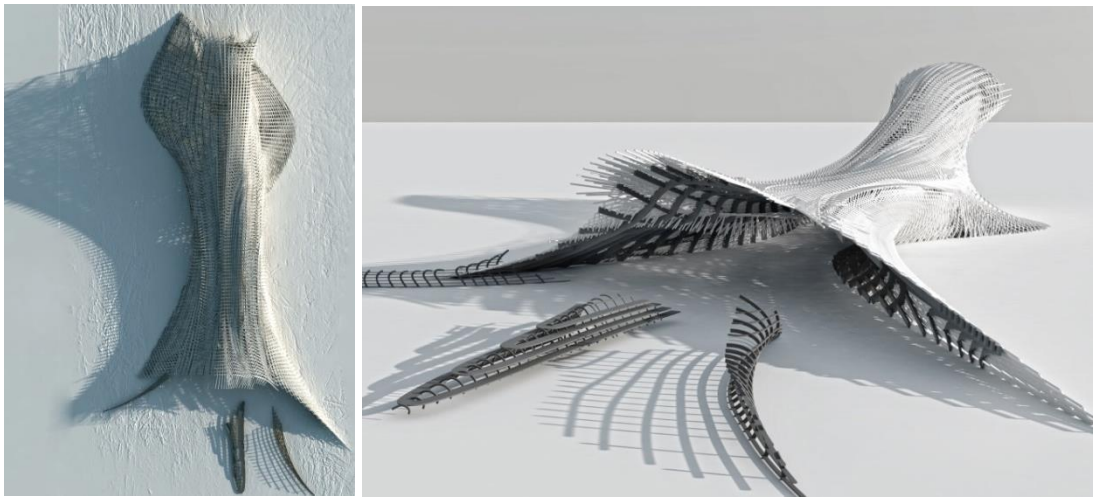


Şekil 5.97 : Örtünün coğrafya kapsamında değişimi.

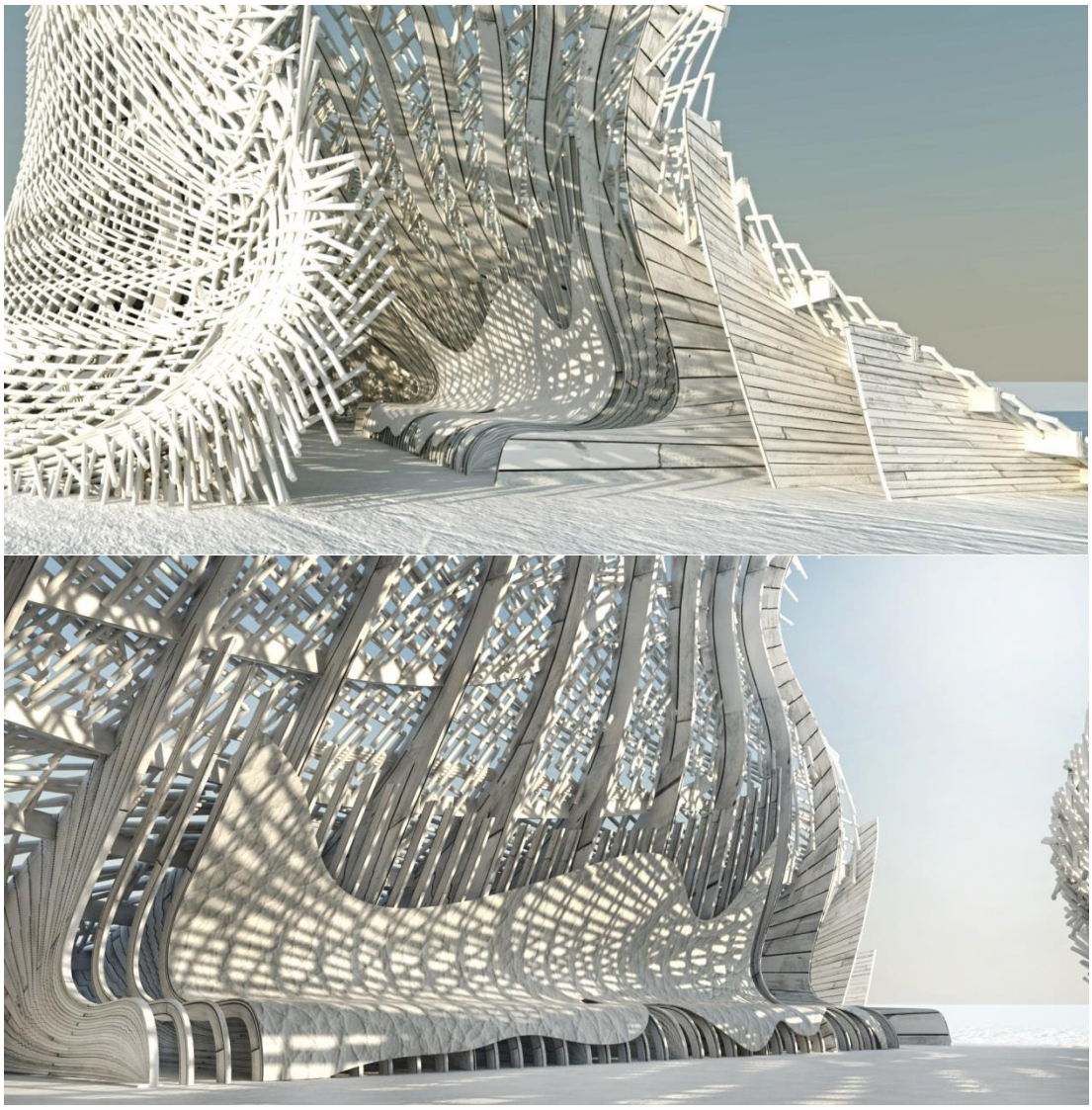
Bu çalışma alternatif oluşumları ve sistemin dinamik yapısını görmede yardımcı olmuştur. Ancak sistem kurgusundaki malzemelerin değişimi, örgünün sıklaşıp-seyrelmesi, taşıyıcıların duruma göre kalınlaşması manuel olarak yapılmaktadır. Bu çalışmanın gerçek hayatta uygulanabilir oluşunun insan gücüne dayalı(manuel) olması sistemin zayıf yönlerini oluşturmaktadır. Bu anlamda üretilen modelin otomatik bir sistem olarak düşünülmesi ve sistemin kendi kendine yetebilmesi açısından proje detaylandırılmıştır. Hem mevsim uyarlamaları hem de sistemin yere basması için daha duyarlı çözümlere gidilebilir.

5.3.6.2 Giriş tanımlı örtü modeli

Oluşturulan örtü daha anlaşılabilir ve tanımlı alanlara sahip olması için revize edilmiştir. Bu modelin kurgusu, giriş alanını daha tanımlı yapmak için taşıyıcıları oluşturan geometriye bağlı kalır. Bu geometri giriş bölgesinde sistemden kopar ve zeminle birleşir. Sistemden bağımsızdır ancak taşıyıcıların bir parçasıdır. Bu sistem oluşturulurken girişi tanımlayan formlar tasarımcı tarafından şekillendirilir (Şekil 5.98). Burada örtü ile uyum gösteren formlar üretilmiştir. Bu formlar tasarımcının zihnindeki uyum algısı ile ilintilidir. Burada strüktür zeminle birleşir. Strüktür yerle bütünleşirken insanlar için oturma alanları oluşturmaktadır (Şekil 5.99). Bu oturma alanı strüktürde belirli tip modüller arasında dönüşüm yapılarak kurulur. Geçiş "tween surface" (ara yüzey) komutu ile sağlanır.



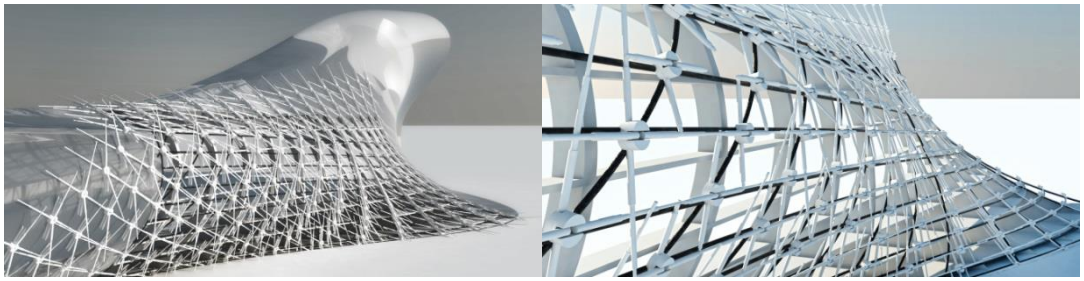
Şekil 5.98 : Giriş tanımlı örtü modeli.



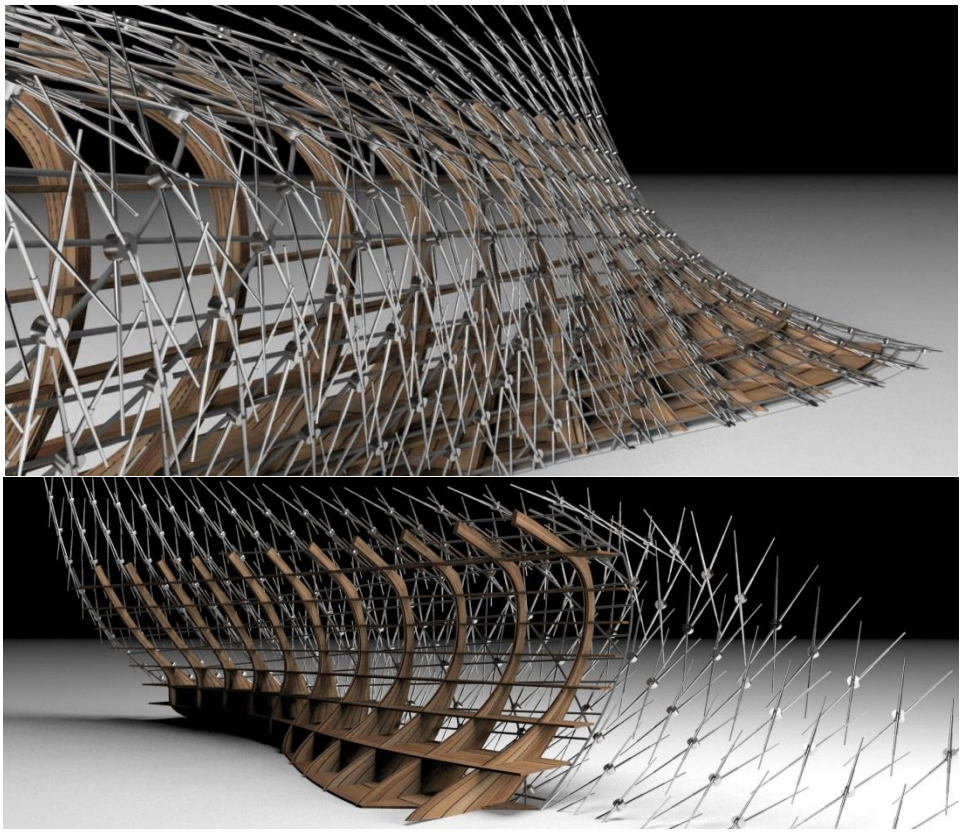
Şekil 5.99 : Strüktür birimleri arası geçişle kurulan oturma alanı.

5.3.6.3 Oluşturulan örtünün çalışma prensipleri (mekanik bir öneri)

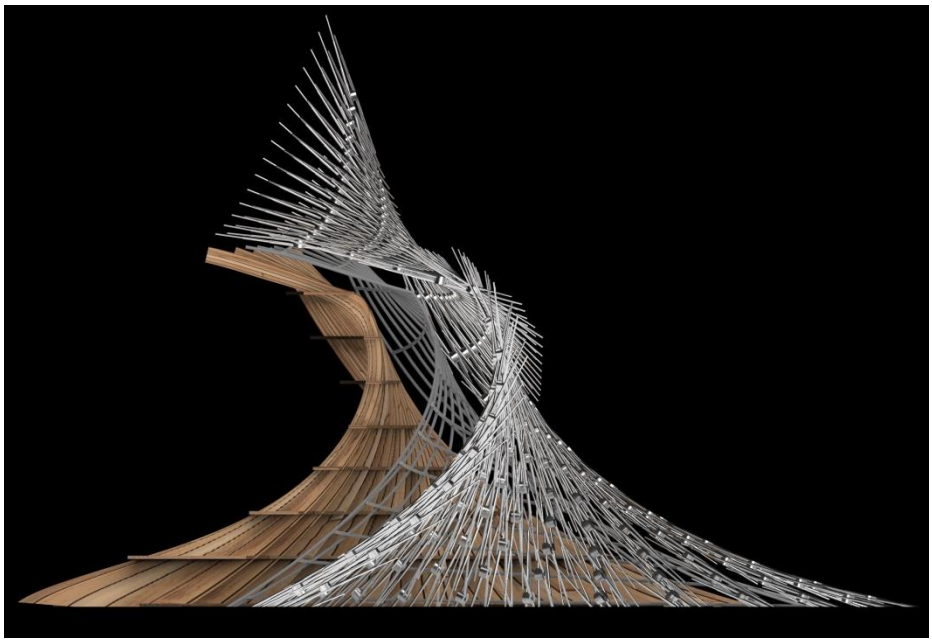
Sistem üç katmandan oluşur (Şekil 5.100). Birinci katman taşıyıcı sistemi, ikinci katman örgüyü oluşturan modüllerin taşıyıcıya bağlanması için çelik boru örgü sistemi, üçüncü katman ise örgüyü oluşturan mekanik modüllerdir (Şekil 5.101). Prensip olarak geliştirilen modüller sistemle birlikte hareket eder (Şekil 5.102). Bir modül bir çok alternatif model üretebilir. Modüller çelik boru sistemi üzerinde sabitlenir ve bu sistem üzerinde hareket eder. Her bir modülün üzerinde sensörler yerleştirilebilir ya da sistem uzaktan kumanda sistemi ile yönetilebilir.



Şekil 5.100 : Mekanik sistemin algısı.



Şekil 5.101 : Ahşap taşıyıcı sistemi, çelik kablo ve örüntüyü oluşturan mekanik modüller.



Şekil 5.102 : Sistemin oluşum kesiti.

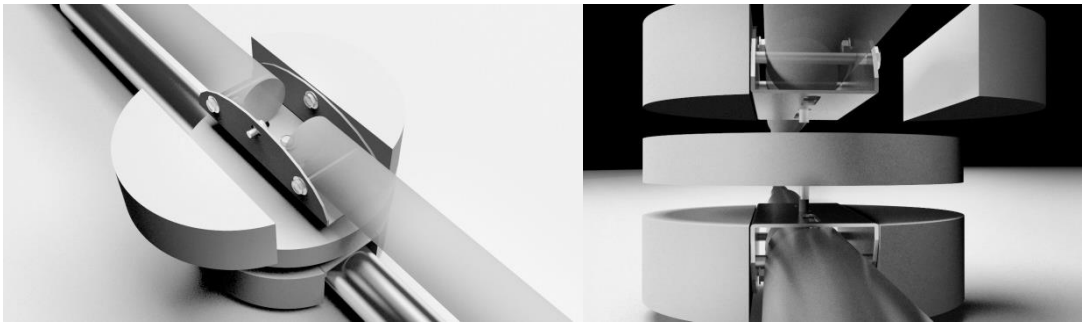
Örgüyü oluşturan bir tip modül tasarlanmıştır. Bu modül, yatayda, dikeyde ve kendi ekseninde hareket etmektedir (Şekil 5.103). Modül iki şekilde işleyebilir. İlk alternatifte modüllerin üzerine ısıya ve ışığa duyarlı sensörler yerleştirilir. Bu sensörlere belli sıcaklık aralığında kapanıp, açılması kodlanır. Ve sistem kendi kendine yeten, evrimleşebilen ve değişen dinamik bir model oluşturur. İkinci alternatifte ise sistem uzaktan kumanda ile yönetilebilir. Bu kontrol sisteminde kararlar insanlara bağlı olarak hareket eder. Modüllerin malzemesi ihtiyaç dahilinde değiştirilebilir (Şekil 5.104). Modüllerin detayları üretim verimi düşünülerek tasarlanmıştır (Şekil 5.105).



Şekil 5.103 : Tasarlanan modül ve değişim süreci.

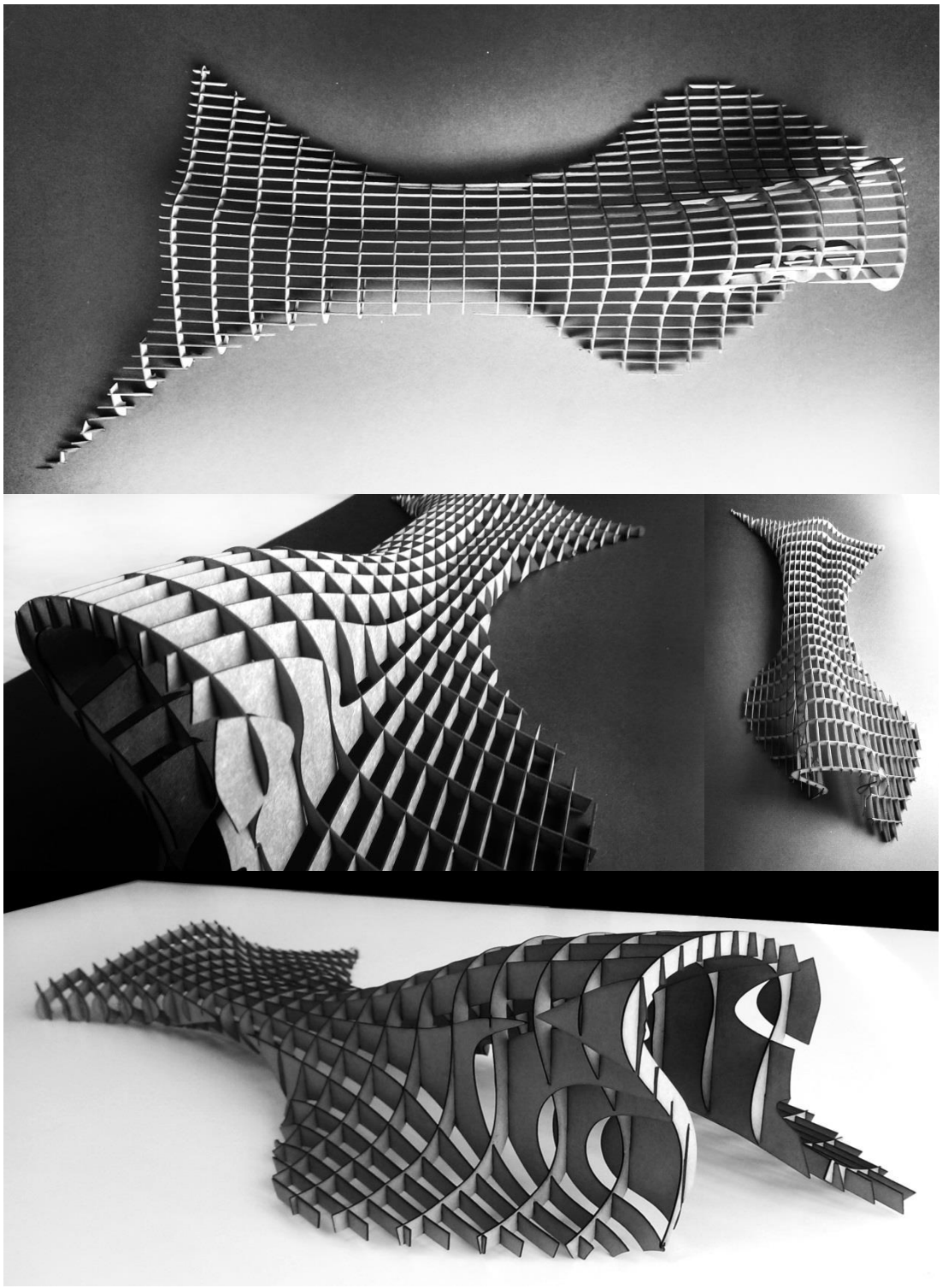


Şekil 5.104 : Modül üzerinde ahşap ve çelik malzeme gösterimi.



Şekil 5.105 : Modülün birleşim detayları.

Bölüm dahilinde Dönüşümler teorisi ve Anizotropi kavramlarının örtü oluşturması, strüktüre dönüşmesi ve son aşamasında uygulama ihtimalinin düşünülmesi yaratıcı süreci destekleyen bir alandır. Rhinoceros 5 modelleme programı ile birlikte eklentisi olan Grasshopper programı sistem oluşturmada ve kod yazmada ana programları oluşturmuştur. Yüzeylerde anizotropik deprem denemeleri "Rhinoceros 5", "grasshopper", "weaverbird" ve "mesh utility" eklentileri kullanılarak tasarlanmıştır. Sistemi tasarlanan ve oluşturulan modeller, V-ray programında kil, "rentangular light" ortamlı ve gerçek zamanlı (v-ray sun) ortamlı renderlar alınmıştır. Alınan renderlar, Photoshop programında modifiye edilmiştir. Maket üretim aşamasında örtünün strüktürü zemine serilmiştir. Bu işlem Autocad programı ile düzenlenip, parçalar lazer kesim ile üretilmiştir. Strüktür üretiminde mukavva kullanılmıştır. Mukavva x, y düzleminde eğilen bir yapı sergilerken z düzleminde dayanıklı bir yapı sergiler. Proje kapsamında anizotrop bir malzeme olarak ele alınmıştır. Tek parça halinde dayanıksız bir yapıya sahipken strüktür oluşturulduğunda dayanıklı ve sağlam yapı sergiler (Şekil 5.106).



Şekil 5.106 : Maket resimleri.

6. SONUÇ

Günümüz tasarım ve mimarlık ortamında form üretme pratikleri tartışmalı bir konudur. Form üretimi bağlamdan kopuk olmamalıdır. Ancak yalnızca form üretimi üzerine dahi çalışmak tasarımcıyı, daha önce üretmemiş olduğu geometrilere götürebilir. Geometri kurma konusunda tasarımcının zihninde yarattıklarının ötesine geçmesi için yeni formlar üretmek önemlidir. Yeni formlara ve sistemlere ulaşmada şüphesiz disiplinler arası çalışmak değerlidir. Disiplinlerarası çalışmalar tez kapsamında kavram, form ve malzeme ilişkisi üzerinden incelenmiştir. İncelemeler sonucu bir disiplindeki kavramın başka bir disipline aktarıldığında ortaya çıkan dönüşüm yaratıcıdır. Yenilikçi olması ya da olmaması tasarımcının düşüncelerine ve üretim şekline göre değişir, ancak daha önce dokunulmamış bölgelere ulaşarak, form üretmeyi desteklemesi, yaratıcı bir sürece sürükler.

Tez kapsamında "Dönüşümler Teorisi" ve "Anizotropi" kavramı kendi disiplinlerinde, tasarım disiplinindeki örneklerle ve yazarın model üretimi sürecinde işlenmiştir. Mimari tasarımlar üzerinden okumalar, geometri kurma çalışmaları ve malzeme çalışmaları bakımından bir çok disiplini tasarıma dahil etme noktasında ufuk açıcı bir çalışma olduğu düşünülmektedir. Disiplinler arası kavramlar üzerinden farklı bakış açıları yakalamak projenin gelişmesini kamçılayan en önemli etken olmuştur. Proje kapsamında disiplinlerarası kavram geçişleri bir oyun alanı oluşturmuştur. Süreç boyunca durmadan yeni devreler üretmek ve bunları bozmak ve yeniden üretmek sürekli dinamik olan bir beyin fırtınası yaratmıştır. Bu süreçte tasarımcının var olan ya da yeniden ürettiği devreler üzerinden üretilen formlar, kavramları anlamada önemli bir rol oynamıştır.

Kavramın somutlaştırılması, kavramı kavramada değerli bulunmuştur. Bir yaprağın meyvesini koruması için yaprak o şekli almıştır. Burada koruma kavramı yaprağın şeklini belirlemiştir. Tez kapsamında kavramların forma dönüşmesi ve kavramı bir sistem olarak görüp yaratıcı yaklaşımlar üretmek, kavramı elle tutulur bir objeye dönüştürmüştür. İnsan gördüğü, dokunduğu ya da çizdiği şeyleri daha çabuk kavrar. Tez disiplinler arası kavram geçişlerini geometri ve form kapsamında incelerken

bilgisayar destekli tasarımın açık uçlu kodlama teknikleriyle tasarımcının zihninde henüz belirmemiş olan formları açığa çıkarmıştır.

Tez bir model önermez, iki kavramla ilişkili farklı form arayışı içindedir. Bu formları araştırmacı ve meraklı kimliğiyle üretir. Günümüzde form üreten, estetik kaygısı yüksek mimarlara karşı bir duruş sergileyen tasarımcılar da vardır. Ancak bir tasarımcı form ya da estetik kaygısı olmadan bir yaratım yapsa dahi, sonunda yine form üretir. Bu anlamda insanoğlu bir şeyler ürettiği süre boyunca fikri ya da kavramı formla ilişkilendirmek durumundadır. İnsan, ruhu ya da aklıyla beden formuna sahiptir. Ruhu (kavramı), bedene (forma) bürünmüştür.

KAYNAKLAR

Aristoteles. (2014). *Fizik.* İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Arthur, W. (2006, mayıs). D'Arcy Thompson and the theory of transformations. *Nature*(7), 401-406.

Aurelius, M. (2004). *düşünceler.* (Ş. Karadeniz, Çev.) İstanbul: YKY.

Baez, M. A. (2013). *Resonant Matter:Pattern Correlates of Process-In-Formation.* Alicante : I2 Innovación e Investigación en Arquitectura y Territorio. Revista Científica.

Bayazıt, N. (2004). Tasarımı keşfetme: tasarım araştırmalarının kırk yılı. *itüdergisi:mimarlık, planlama, tasarım, 3*(1), 3-15.

Beesley, P., & Bonnemaison, S. (2008). *On Growth and Form Organic Architecture and Beyond.* Kanada: Tuns Press and Riverside Architectural Press.

Belek, M. (2013). Mimarlıkötesi Tasarım Paradigması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

Çakmak, S. (2011). *Evrenin Geometrik Şifresi.* İstanbul: Grifin Yayınları.

Cortez, S., Lu, C., Tomara, A., & Traufanov, N. (2013). *Anisotropic Formations project*.suckerpunchdaily:<http://www.suckerpunchdaily.com/2014/03/24/anisotropic-formations/ >, alındığı tarih: 3.5.2014

Coyne, R. (1995). *Designing Information Technology in the Postmodern Age.* MIT Press.

Dickau, R. M. (1996).

<http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/robertd/tetrahedron.html>, alındığı tarih: 3 14, 2014

Dönmez, C. (2011). *Deniz Araçları Tasarımında Temeller.* İstanbul: Arıkoğlu Matbaası.

Dönmez, C. (2012). *Endüstri Ürünleri Geometrisi, Tasarım Gösterge Bilimi ve Ürün Anlam Bilimi Dersi, Rapor, Mimarsinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.* İstanbul.

Erdoğan , E., & Sorguç, A. (2011). Hesaplamalı Modeller Aracılığıyla Mimari ve Doğal Biçim Türetim İlkelerini İlişkilendirmek. *METU JFA*, 269-281.

Erhat, A. (1996). *İşte İnsan (Ecce Homo).* İstanbul: Adam yayıncılık.

Erişir, E. (2012). *MMT310 Malzemelerin Mekanik Davranışı.* 03 31, 2014 tarihinde kocaeli.edu.tr: http://metalurji.kocaeli.edu.tr/mmt310.php adresinden alındı

Guénon, R. (2012). *Niceliğin Egemenliği ve Çağın Alâmetleri.* (M. Kanık, Çev.) İstanbul: İz Yayıncılık.

Halbert, M. (2000). *oak tree.* <http://www.inkart.com/pages/business/Oak_Tree_And_Roots.htm. adresinden alındı>, alındığı tarih:11 14, 2015

Hamarat, M. (2014a). *Computer Aided Architectural Design dersi.* Yürütücü, Hakan Tong: İTÜ FBE, Mimarlık fakültesi, İstanbul.

Hamarat, M. (2014b). *Computer Application in Architecture dersi.* yürütücü, Frederico Fialho : İTÜ FBE, Mimarlık fakültesi. İstanbul.

Hamarat, M. (2014c). *Computer Programming in Architecture dersi.* yürütücü, Çağdaş G., Alaçam S., Bacınoğlu Z.: ITU, FBE, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Hensel, M., & Menges, A. (2008). Inclusive Performance: Efficiency Versus Effectiveness. *Architectural Design, 78*(2), 54-63.

Ingels, B. (2009) *8 House Project.* BIG, Kopenhag.

Ingels, B. (2010) *TIR.* BIG, Tirana.

Kalay, Y. (2004). *Architecture's New Media: Principles, Theories, and methods of computer-aided design.* Cambridge: MIT Press.

Koçak, K. (2014). *itü*. itü.edu.tr: <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/fraktal_yazi.htm>, alındığı tarih: 3 16, 2014

Kolarevic, B. (2000). Digital Morphogenesis and. *SIGraDi*, 1-6.

Krishnamurti, J. (2009). Bunları Düşün. (D. Aktan, Çev.) İstanbul: Omega Yayınları.

Krishnamurti, J. (2010). *Sen Dünyasın.* (O. Düz, Çev.) İstanbul: Omega Yayınları.

Kurakin, A. (2011). *alexeikurakin*. <http://www.alexeikurakin.org/main/softnet.html. >, alındığı tarih: 3 6, 2014

Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım Tabanlı Araştırma ve Öğrenme Ortamlarının Tasarımı ve Geliştirilmesinde Kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 19-35.

Mandelbrot, B. B. (1977). *The Fractal Geometry of Nature.* New York: W.H. Freeman Company.

Menges, A., Hensel , M., & Jaeschke, A. (2008). Versatility and Vicissitude; continuous laminae. *Architectural Design*, 58-59.

Mitchell, W. J. (1990). *The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition.* Cambridge: The MIT Press.

Moussavi, F. (2006). *Biçimin İşlevi.* (D. Lopez, G. Ambrose, B. Fortunata, R. Ludwig, & A. Schricker, Dü) İstanbul: YEM yayın.

Naylor, G. (1985). *The Bauhaus reassessed: sources and design theory* . London: Herbert Press.

Ou, J. (2014). *Material Transformation;Designing Shape Changing Interfaces Enabled by Programmable Material Anisotropy.* Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts: MIT press.

Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age. *Design Studies*, 229-265.

Oxman, R. (2008). Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*(Vol. 29), 99-120 .Elsevier B.V.

Panchuk, N. (2006). *An Exploration intoBiomimicry and its Application in Digital &Parametric [Architectural] Design.* Waterloo, Ontario, Canada,: the University of Waterloo.

Ponjavic, M. (2015). *monikaponjavic*. <https://monikaponjavic.wordpress.com/2015/02/23/holy-motors-for-the-lovers-of-the-movement/>, alınfığı tarih: 11.15.2015

Simon, H. A. (1999). *The Sciences of the Artificial* (Third Edition b.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Singh, V., & Gu, N. (2012). Towards an integrated generative design framework. *Design studies*(33), 185-207.

Tamke, M., Thomsen, M. R., & Riiber, J. (2008). Complex geometries in Wood. *Advances in Architectural Geometry*, (s. 65-68). Vienna.

Taşkıran, T. (2006). *Doymamış Rezidüel Killi Zeminlerde Anizotropi'nin ve Buna Bağlı Gerilme Artımının İncelenmesi.* Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Adana: Çukurova Üniversitesi.

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture.* USA: Elsevier Ltd.

Thompson, D. W. (1945). *On Growth and Form.* Cambridge: Cambridge University Press.

Widrig, D. (2013). <https://www.flickr.com/photos/danielwidrig/9109431674/in/photostream/ adresinden alındı>, alındığı tarih: 11.17. 2015

Wingler, H. M. (1969). *Bauhaus: Weimar, Dessau, Berlin, Chicago.* Cambridge: MIT Press.

Yalçın, H. (2001). *JEO 2001 Genel Mineraloji (202) Ders Notları.* Ders Notları, Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı., Sivas.

Yazıcı, S. (2013). *Mimarlıkta Malzeme Tabanlı Bütünleşik Hesaplamalı Tasarım Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.* İstanbul.

Yetkin, S. (2011). *Sayısal Tasarım Araçları: Tasarım Sürecindeki Rolleri Bağlamında Bir İnceleme, İstanbul Teknik Üniversitesi.FBE, Mimarlıkta Bilişim Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul* .

Yılmaz, Ö. (2013). Aristoteles'in Dört Neden Kuramının Günümüz Biyolojisi Açısından Önemi. *flsfdergisi*, 221-230.

Zoga, E. (2013). *İnsanımsılıktan Kurtuluş.* İstanbul: Cinius yayınları.

URL-1 <http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory>, alındığı tarih: 2.02.2014

URL-2 <http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/robertd/tetrahedron.html>, alındığı tarih: 3.02.2014

URL-3 < http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/21/Mandel_zoom_ 00_mandelbrot_set.jpg>, alındığı tarih: 3.02.2014

URL-4 <http://www.lineature.com/en/motion/8-saut-a-la-perche-1890.html>, alındığı tarih: 25.10.2015

URL-5 <http://www.luminous-lint.com/__phv_app.php?/p/Etienne_Jules__Marey/>, alındığı tarih: 25.10.2015

URL-6<http://ffffound.com/image/3a7800c84d900341d40eec8aee2e84eca3ef1991>, alındığı tarih: 10.11.2015

URL-7 <http://forums.thefashionspot.com/f81/english-pop-art-61515.html>, alındığı tarih: 15.11.2015

URL-8 <http://www.modelteknikleri.com/omurga-ve-posta/8704-endaze-den-omurga-ve-posta-cikartma.html>, alındığı tarih: 10.09.2015

URL-9 <http://eandt.theiet.org/magazine/2012/09/working-in-wood.cfm>, alındığı tarih: 12.03.2014

URL-10 <http://www.marineinsight.com/careers-2/shore/what-do-naval-architects-do/>, alındığı tarih: 12.03.2014

URL-11 <http://object-e.net/uncategorized/algorithmicbody>, alındığı tarih: 14.02.2014

URL-12 <https://www.flickr.com/photos/danielwidrig/9109431674/in/ photostream/>, alındığı tarih: 6.10.2015

URL-13 <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>, alındığı tarih: 15.04.2014

URL-14 <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>, alındığı tarih: 15.04.2014

URL-15 <http://www.detail-online.com/architecture/news/anisotropic-geometry-pavilion-ban-020364.html>, alındığı tarih: 28.05.2014

URL-16 <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=11187>, alındığı tarih: 28.05.2014

URL-17 <http://www.arkitera.com/haber/21292>, alındığı tarih: 22.05.2014

URL-18 <http://www.mimdap.org/?p=73273>, alındığı tarih: 14.04.2014

URL-19 <http://candelastructures.org/exhibit/name.html>, alındığı tarih: 13.04.2014

URL-20 <http://www.grasshopper3d.com/>, alındığı tarih: 20.05.2014

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **:** Mehmet Hamarat

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 28.01.1989, Konya

E-posta **:** mehmet.hamarat@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2012, Yeditepe Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015, 1. Ödül, Çanakkale Savaşı Araştırma Merkezi Mimari Proje Yarışması (proje müellifi)
- 2014, 1. Mansiyon, Anamur Atatepe Sosyal Merkezi ve Çevresi Ulusal Mimari Proje Yarışması (proje müellifi)
- 2012, 1.Mansiyon, Logistics City davetli yarışma (GAD, Gökhan Avcıoğlu)
- 2011, 4. Mansiyon, S.O.S İstanbul - Kuşdili Çayırı ve Çevresi Yeniden İşlevlendirme Sürecine Alternatif Çözümler Proje Yarışması (Tuğçe Torunlar)
- 2012, GADarchitecture, iş deneyimi