

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİJİTAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİNİN  
MİMARİDE KULLANILMASI**

**Mimar Ahmet Caner KUTSAL**

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU**

**İSTANBUL, 2009**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ .....	iv
TERİMLER .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	3
1.2 Araştırmanın Kapsamı .....	4
1.3 Araştırmanın Yöntemi .....	4
2. DİJİTAL MİMARLIK SÜRECİNİN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ.....	5
2.1 Dijital Tasarım Anlayışının Temelleri.....	5
2.2 1960'lar – Makine Teknolojisi ve Mimarlık .....	8
2.3 1980-2000 Sanal Ortam .....	12
2.4 2000 Sonrası .....	13
2.5 Sonuç .....	15
3. DİJİTAL TASARIM YÖNTEMLERİ .....	16
3.1 Algoritmik Tasarım .....	16
3.2 Parametrik Tasarım.....	17
3.3 Türetici Tasarım.....	21
3.3.1 Biçim Gramerleri .....	22
3.4 Performansa Dayalı Tasarım .....	29
3.5 Animasyon Teknikleriyle Tasarım .....	31
4. DİJİTAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ .....	34
4.1 Dijital Üretim Araçları:.....	35
4.1.1 İki Boyutlu Üretim Sistemleri .....	35
4.1.2 Çıkarma İşlemine Dayalı Üretim Sistemleri.....	37
4.1.3 Ekleme İşlemine Dayalı Üretim Sistemleri .....	38
4.1.4 Biçimlendirmeye Dayalı Üretim Sistemleri .....	40
4.2 Uygulama Teknikleri .....	41
4.3 Yüzey Teknikleri .....	44
4.4 Üretim Teknikleri .....	48
4.5 Yeni Malzemelerin Dijital Üretim Teknolojilerine Etkisi.....	53
4.6 Dijital Üretim Teknikleri Ve Kitlelesel Benzersiz Üretim.....	57

5.	DİJİTAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İLE GELİŞTİRİLMİŞ ÖRNEKLER .....	61
5.1	GEMİ ENDÜSTRİSİ ÖRNEĞİ.....	61
5.1.1	Tasarım Aşaması .....	62
5.1.2	Üretim Aşaması .....	64
5.1.2.1	Fabrika Otomasyonu.....	65
5.1.2.2	Fabrikasyon ve Montaj İşlemlerinde Otomasyon Durumu .....	68
5.1.2.3	Sistemlerin Birleştirilmesi .....	71
5.2	YAPI ENDÜSTRİSİ ÖRNEĞİ .....	72
5.2.1	Tasarım Aşaması .....	74
5.2.1.1	Bilgisayar Destekli Şematik Tasarım Süreci .....	74
5.2.1.2	Ginger Kulesinin Dış Cam Cephesinin Tasarımı .....	75
5.2.2	Uygulama Süreci .....	77
5.2.2.1	Ginger Kulesinin Üretim ve Montajlama Süreci .....	77
5.2.2.2	Fred Kulesinin Beton Panellerinin Tasarımı Ve Uygulaması .....	80
6.	SONUÇ.....	82
	KAYNAKLAR.....	84
	ÖZGEÇMİŞ.....	87

## **KISALTIMA LİSTESİ**

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
GC	Generative Components
BIM	Building Information Modeling
CNC	Computer Numerical Control
VRML	Virtual Reality Modeling Language
CAE	Computer Aided Engineering
LAZER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
GPS	Global Positioning System

## **TERİMLER**

Bending Machine	Eğme Makinesi
Building Information Modeling	Yapı Bilgi Sistemi
Contouring	Kontur İşleme
Conversation Theory	İletişim Teorisi
Cyberspace	Siber Uzay
Heat-Forming Machine	Isı ile Eğim Yapan Makine
Hyper-surface Architecture	Yüzey Ötesi Mimarlık
Interactions Of Actors Theory	Katılımcıların Etkileşimi Teorisi
Rapid Prototyping	Hızlı Prototiplendirme
Self Similarity	Kendine Benzeme
Systems Integration	Sistemlerin Birleştirilmesi
Triangulation	Üçgenlere Bölmek
Unique	Tekil
Layer Manufacturing	Katmanlı Üretim

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Tatlin Tower – Vladimir Tatlin .....	7
Şekil 2.2 Fun Palace - Cedric Price .....	8
Şekil 2.3 Inter-Action Centre - Cedric Price .....	9
Şekil 2.4 Potteries Thinkbelt - Cedric Price .....	10
Şekil 2.5 Walking City .....	10
Şekil 2.6 Instant City .....	11
Şekil 2.7 Öklid Dışı Yüzey.....	13
Şekil 2.8 Decoi'nin Aegis Projesi .....	14
Şekil 3.1 Kullanıcı Girişine Bağımlı Olarak Duruşun Biçimlenmesi .....	21
Şekil 3.2 Parametrik Kinetik Durak Projesi .....	21
Şekil 3.3 Biçim Kelimeleri .....	25
Şekil 3.4 Desenin Oluşturma Aşaması ve Sonuç Ürün .....	25
Şekil 3.5 Bir Başka Desenin Oluşturma Aşamaları.....	26
Şekil 3.6 Biçim Gramerleri ile oluşturulmuş desenlerle üretilen tasarımlar (Halı ve Kapı işlemleri) .....	26
Şekil 3.7 Gramer tabanlı konut tasarımı, Mardin .....	27
Şekil 3.8 Froebel Blokları.....	28
Şekil 3.10 Froebel Bloklarının Belirlenen Kural Çerçevesinde Türetilmesi.....	29
Şekil 3.11 Decoi'nin Geliştirmiş Olduğu “Aegis” Projesinin Yapım Aşaması .....	30
Şekil 3.12 Aegis – Decoi .....	30
Şekil 3.13 Bmw Pavyonu - Bernhard Franken .....	33
Şekil 4.1 Su Jeti .....	35
Şekil 4.2 Lazer kesici ile iki boyuttan üç boyuta oluşturulmuş bir dijital üretim örneği .....	36
Şekil 4.3 Plasma-Arc Kesici.....	36
Şekil 4.4 İki Akslı CNC Kesici .....	37
Şekil 4.5 İki Akslı CNC Kesici .....	37
Şekil 4.6 Beş Akslı CNC Kesici.....	37
Şekil 4.7 Z-Corp Printer .....	38
Şekil 4.8 Z-Corp Printer ile Üretilmiş Bir Örnek .....	38
Şekil 4.9 Kontur İşleme Tekniğiyle Sıvı Döküm Makinesi .....	39
Şekil 4.10 Isı ile Eğim Yapan Makine.....	40
Şekil 4.11 Eğme Makinesi.....	41
Şekil 4.12 Philibert De L'Orme's Pavyonu-Objectile .....	42
Şekil 4.13 DG Bank-Frank Gehry .....	43

Şekil 4.14 GIK (Grace's Invention Kit) Projesi.....	45
Şekil 4.15 Bileşenlerin Farklı Birleştirme Yöntemleriyle İlk Biçimden Daha Farklı Biçimler Oluşturulabileceği Örnekler.....	45
Şekil 4.16 NURBS - Non Uniform Rational B-Spline.....	46
Şekil 4.17 Raybould House - Kolatan, Mac Donald.....	47
Şekil 4.18 NatWest Media Centre - Future Systems.....	47
Şekil 4.19 Gemi Taşıyıcı Kaburgası.....	48
Şekil 4.20 Guggenheim Museum - Frank Gehry.....	49
Şekil 4.21 Walt Disney Concert Hall – Frank Gehry.....	49
Şekil 4.22 “Brandscape” Bmw Pavilyonu – Bernhard Franken (AAB Architekten).....	50
Şekil 4.23 “Brandscape” Bmw Pavilyonu Tasarım Aşaması – Bernhard Franken (AAB Architekten).....	51
Şekil 4.24 Sydney Opera House - Jørn Utzon.....	51
Şekil 4.25 British Museum Great Court - Foster and Partners.....	52
Şekil 4.26 Crawford Municipal Art Gallery - Eric van Egeraat.....	53
Şekil 4.27 Einsteinturm - Eric Mendelsohn.....	54
Şekil 4.28 Zollhof Office Towers - Frank Gehry.....	55
Şekil 4.29 Nanotube.....	55
Şekil 4.30 Aegis Hypersurface - Goulthorpe.....	56
Şekil 4.31 Embryologic Houses.....	59
Şekil 5.1 Gemi Tasarımı - CATIA Modeli.....	62
Şekil 5.2 Gemi Tasarımı - CATIA Modeli.....	63
Şekil 5.3 CATIA Ortamında Geminin Elektrik ve Boru Tesisatı Detayları.....	67
Şekil 5.4 Tasarımı CATIA ile Hazırlanmış Gemini Detay Çözümü.....	68
Şekil 5.5 Guggenheim Müzesi (Bilbao) - Frank Gehry.....	69
Şekil 5.6 Gemi Üretim Süreci.....	70
Şekil 5.7 Fred & Ginger "Dancing House" - F. Gehry, V. Milunic.....	73
Şekil 5.8 Ginger Rogers, Fred Astair.....	73
Şekil 5.9 Ginger Kulesi Dış Cam Cephesi Konsepti.....	76
Şekil 5.10 Ginger Kulesi Dış Cam Cephesinden Bir Kesit.....	77
Şekil 5.11 Ginger Kulesi Cam Panel Detayı.....	78
Şekil 5.12 Ginger Kulesi Cam Paneller ile Çelik Strüktürün Detay Çizimleri.....	78
Şekil 5.13 Taşeron Firmanın Ginger Kulesi için Cam Cephe ile Çelik Strüktürün Bağlantı Detayı Önerisi.....	79
Şekil 5.14 Fred Kulesi Prekast Pencerelelerinin Üretimi.....	80

Şekil 5.15 Fred Kulesi Prekast Pencereleeri Montaja Hazır Hali .....	81
--	----

## ÖNSÖZ

Tezimi hazırlarken her türlü desteğini esirgemeyen ve değerli fikirlerini benimle paylaşan sevgilim hocam, Doç. Dr. Birgül Çolakoğlu'na, teşekkür ederim.

Mimarlık eğitimim boyunca lisans ve lisansüstü dönemlerinde üzerimde emeği olan tüm hocalarıma ve arkadaşşıma teşekkür ederim.

Her ihtiyacımda yardımına koşan iş arkadaşlarıma ve Sayın Mimar Ömer Çamoğlu'na teşekkür ederim

Hayatımın her anında yanımda olup, her türlü fedakârlığı gösteren, üzerimde ziyadesiyle emeği olan değerli anneme, babama ve kardeşlerime teşekkürü borç bilirim.

Ocak 2009

Ahmet Caner Kutsal



## ÖZET

Günümüz mimarisinde dijital medya tasarımdan çok görselleştirme ve sunum amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım sistemlerinde 1920'lerde başlayan araştırmalar günümüz teknolojisi ile dijital ortamda tasarım, dijital tekniklerle tasarım ve dijital tekniklerle üretim kavramlarını ortaya çıkarmıştır. Bu tekniklerin gerçek hayatta kullanılması 1990'lı yıllara denk gelmektedir. Dijital teknolojiler birçok endüstride olduğu gibi mimaride de büyük kolaylık sağlayan uygulamaları bulunmaktadır. Ancak tez kapsamında mimaride sadece tekniklerinden değil mimariye getirdiği yeni tasarım ve üretim yöntemlerinden bahsedilmektedir.

Bilgisayar destekli tasarım teknikleri, geleneksel mimari tasarım tekniklerine dijital teknolojileri ve teknikleri entegre ederek oluşturulur. Dijital tasarım teknikleriyle biçimin oluşumu, dönüştürülmesi, türetilmesi, canlandırılması gibi uygulamalar gerçekleştirilebilir.

Bilgisayar destekli üretim sistemleri, geleneksel üretim sistemleriyle üretilmesi zor ve pahalı olan üretimleri, bilgisayar kontrollü makineler aracılığı ile çeşitli üretim teknikleri kullanılarak uygulamaktadır. Burada görülen gelişen teknolojiler ile tasarım ve üretim süreci iç içe girmektedir. Tez kapsamında bu teknolojilerin etkin olarak kullanıldığı iki farklı endüstriden (yapı, gemi) örnekler verilmiştir.

Dijital teknolojilerin entegre edildiği mimari dünyada mimar yeni görevler üstlenmektedir. Birçok disiplinin bir arada çalışmasını gerektiren bu teknikler ile mimar süreci organize eden bir görev üstlenmektedir. Oluşturulan disiplinler arası çalışma ortamında mimar sadece tasarımı değil baştan sona projenin işleyiş algoritmasını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital tasarım, dijital üretim, dijital mimarlık, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli üretim

## **ABSTRACT**

Digital media is used for the purpose of visualization and presentation rather than design in the present architecture. Researches about computer-aided design systems, starting in 1920s, introduced the concepts such as design in digital media with the present technology, design with digital techniques and production with digital techniques. Use of these techniques in real life corresponds to 1990s. Digital technologies have applications, providing great convenience in the architecture as well as in the many industries. However, not only techniques in the architecture but also new design and production methods, brought to the architecture are mentioned under the scope of the dissertation.

Computer-aided design techniques are constituted by integrating digital technologies and techniques to the conventional architectural design techniques. Applications such as formation, transformation, derivation, animation of form can be realized with digital design techniques.

Computer-aided production systems apply the productions, which are difficult and expensive to produce with the conventional production systems, by using various production techniques through computer-controlled machines. Design and production process are engaging with developing technologies, appearing here. Examples about two different industries, in which these technologies are used actively, are given under the scope of the dissertation.

Architect undertakes new tasks in the architectural world, where digital technologies are integrated. Architect undertakes a task of organizing the process with these techniques, requiring the operation of many disciplines together. Architect constitutes not only design but also project's operation algorithm from beginning to end in constituted interdisciplinary work environment.

Key words: digital design, digital manufacturing, digital architecture, CAD, CAM

## 1. GİRİŞ

Dijital teknolojilerdeki gelişmeler bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemlerine yeni olanaklar sunmuştur. Bilgisayar tabanlı tasarım ve üretim teknolojilerinin uçak, gemi, otomotiv ve savunma sanayisi gibi farklı endüstrilerde yoğun bir şekilde kullanılması ve başarılı sonuçlar doğurması mimarlık alanında bu konulara ilgiyi artırmıştır. Günümüzde bilişim ve teknolojiye ki gelişmeler, mimarlık alanında tasarımdan üretime yeni tekniklerin ve yöntemlerin denenmesini birlikte getirmiştir.

Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle geleneksel yöntemlerle çizilmesi dahi çok zor olan tasarımlar dijital ortamda tasarlanabilmeye başlamıştır. Daha sonra ise bu tasarımların ürettirilebilme gereksinimi ortaya çıkmış ve üretimin geleneksel yöntemlerle oluşturulmasının çok zor olacağı görülmüştür. Dijital ortamda hazırlanan tasarımlar, dijital üretim yöntemleriyle daha kolay ve seri ürettirilebilmektedir. Dijital ortamda hazırlanan ve dijital üretim araçlarıyla oluşturulan tasarıma işlemsel tasarım denmektedir. İşlemsel tasarım isminden de anlaşılacağı gibi çeşitli işlemler döngüsüyle (geometri ve matematiksel işlemler) projelerin tasarlanıp ürettirilmesidir. İşlemsel tasarım ile biçim olarak insan beyninin sınırlarını zorlayan projeler de tasarlanıp ürettirilebilmektedir.

İşlemsel tasarım kavramının ilk adımları 1920'lerde atılmıştır (Snow, C.P., 1998). Ancak o tarihlerde teknolojinin yeterince gelişmemiş olmasından dolayı bu kavram düşünce olarak kalmıştır. Yapılmış olan denemeler düşünce alt yapısı oluşturması yönünden çok değerli görülmektedirler. İleriki dönemlerde ise özellikle uçak, gemi ve otomotiv endüstrisinde bu sistemlere geçiş çok hızlı olmuştur. Bu sektörlerde işlemsel tasarımın kullanılması bir seçimden çok bir mecburiyetten kaynaklanmaktadır. Örneğin uçak endüstrisinde bu sistemlerin kullanılmasının sebebi uçakların uçması ve uçabilmek için uçağın fiziksel yapısının çok önemli olmasından dolayıdır. Uçağın aerodinamik yapısı havanın sürtünmesini etkilemesinden dolayı çok önemlidir. Uçağın gövdesinin geleneksel yöntemlerle ürettirilebilmesi ise neredeyse imkânsızdır. Bu yüzden teknolojinin gelişmesiyle uçak endüstrisinin dijital üretim ve tasarım sürecine geçmesi çok hızlı olmuştur. Mimari de

özellikle kabuk tasarımında ve üretiminde bu sistemlerden etkilenmektedir.

Çağdaş mimari tasarımda dijital medya araçları, zamanla artan bir oranla, canlandırmaya yönelik kullanılan bir araç olmaktan çok, biçim ve biçimin dönüşümleri şeklinde çalışan üretici bir sistem olarak kullanılmaktadır. Yüzyıllardır süregelen tasarım yöntemlerinin aksine, dijital sistemle üretilen biçimler, dış bir biçimin modellenmesiyle oluşmanın tam tersine seçilen bir üretme metodu tarafından hesaplanmaktadır. Bu üretme metodu ise, tasarımcının yönetime dâhil ettiği üretici bir mantıkla tasarlanmaktadır. Bu sayede tasarımcı, gelecekte geliştirebileceği uygun bir biçimi, bilgisayar ortamında üretilen bir dizi olasılığın arasından seçebilmektedir. Tasarım ve temsil arasındaki tahmin edilebilir ilişkiler, bilgisayar destekli tekniklerle yok olmakta ve yerlerini sezgisel olarak öngörülemez karmaşık biçimlerin oluşturduğu tasarımlara bırakmaktadır.

Eğrilerden meydana gelen bu karmaşık geometriler, geleneksel yöntemlerle tasarlanan, düzlemsel şekiller, silindirik, küresel, konik biçimlerden oluşan öklid geometrileriyle aynı rahatlık ve doğallıkla üretilebilmektedirler. Euclid'in M.O.300'de nokta, çizgi ve temel biçimlerle ilgili olarak belirlediği açı, ölçü, alan, uzunluk, oran ilişkileri ve tasarı geometrinin keşfiyle katı objelerin düzlem üzerindeki izdüşümlerinin hesaplanabilmesi, yüzyıllardır, mimarlar için biçim türetilmesiyle oluşturulan temel geometrik elemanlar için temel kaynaklar olmuşlardır. Descartes'in evrendeki her şeyin konumunun birbirine dik kesişen üçlü doğrultuya göre tanımlanabileceği önermesi günümüzde tüm çizim ve modelleme programlarında kullanılan kartezyen koordinat sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Dijital ortamda yaratılan öklid dışı geometrileri mimarlık açısından ilginç kılan neden, nesnelere arasındaki eşlemelerin gelenekselden tamamen farklı olan üç boyutlu ortamlarda oluşturulmasında yatmaktadır. Dijital tasarım teknikleri, kavramsal, biçimsel ve tektonik keşifler için bilinmedik alanlar açarak yeni bir mimari morfoloji yaratırlar. Bu anlamda vurgunun, biçim üretmekten çok biçim bulmak üzerine kaydığı söylenebilir. (Köksal, 2005)

Bilgisayar teknolojilerinin tasarım geliştirme amaçlı kullanımları üzerine, özellikle son 10 yıldır, kuramsal ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım alanında parametrik tasarım, biçim gramerleri ve algoritmik tasarım gibi alt inceleme alanları özellikle

akademik ortamda araştırılmıştır.

Bazı tasarımcılar, yeni olanakları kullanarak ve tasarım ile üretim sürecini sıfırdan organize ederek tüm yapım sürecinin kontrolünü ellerinde tutmak istemektedirler. Dijital üretim teknolojileri mimarlara, dijital tasarım yöntemleriyle tasarladıkları öklid dışı geometrileri içeren binaları gerçeğe dönüştürebilme imkânı tanımaktadırlar. Bu yönde çalışmalar yapan mimari ofislerin, disiplinler arası bir çalışma ortamı oluşturmaları mecburiyettir. Bu sistemle çalışan bir ekipte mimar tasarım aşamasından ve üretim sürecinden sorumlu olduğu gibi oluşturulan sistemin (projenin) çalışabilmesi için inşaat, makine, elektronik ve bilgisayar mühendisliği gibi çeşitli bilim dallarının bilgilerinden de faydalanmak gerekmektedir. Tasarım sürecinde ortaya çıkan prensip kararlar sonucu tasarım yöntemi seçilmekte, daha sonra tasarım dijital ortamda geliştirilerek sonuç modeller, elde edilmektedir. Üretim aşamasında da bu modeller, dijital üretim teknikleri vasıtasıyla imal edilerek uygulanmaktadırlar. Böyle bir proje süreci, tasarımcıya yeni yöntemler sunmaktadır. Dijital teknolojileri kullanan tasarımcı, üretim ve uygulama sürecinde sorumluluk alan ekiplerin organizasyonunda merkez noktada bulunmaktadır.

## **1.1 Araştırmanın Amacı**

Günümüz mimarisinde bilgisayar çoğunlukla çizim ve görselleştirme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ancak dijital teknolojilerin gelişmesiyle mimarlar için bilgisayar sadece sunum amaçlı değil, tasarım ve üretim sürecinde kullanılacak bir araç konumundadır. Bu araçların ve tekniklerin mimaride kullanılması, farklı bir tasarım ve üretim süreci ortaya çıkarmıştır. Dijital üretim teknolojilerinin gelişmesiyle mimarlar üretim sürecinde aktif rol oynamaktadırlar.

Bu tezin amacı dijital tasarım ve üretim yöntemlerinin, mimarlık pratiğine entegrasyonu ile birlikte değişen tasarım ve üretim süreçlerini örnekler üzerinden incelemektir. Bu bağlamda dijital tasarım yöntemleri ve dijital üretimde kullanılan araçlar anlatılacaktır. Dijital teknolojilerin tasarım ve üretim amaçlı kullanımlarıyla ilgili bilgi sahibi olunması ve bu süreçlerin geleneksel tasarım sürecinden farklı yanlarının ortaya çıkmasının sağlanması hedeflenmiştir.

## **1.2 Araştırmanın Kapsamı**

Araştırmanın kapsamı ağırlık olarak dijital tasarım yöntemlerini ve dijital yöntemlerle oluşturulmuş tasarımların üretim aşamasında kullanılan sistem ve teknikleri araştırmaktır.

Tezde, ilk olarak dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin tarihi gelişim sürecinden bahsedilecektir. Bu tarihsel süreç içerisinde mimarın rolündeki değişiklikler incelenecektir.

İkinci bölümde dijital tasarım yöntemleri araştırılacaktır. Algoritmik tasarım, parametrik tasarım, üretici tasarım, performansa dayalı tasarım ve animasyon teknikleriyle tasarım yöntemleri olarak anlatılacaktır.

Üçüncü bölümde ise dijital üretim sisteminde kullanılan araçlardan ve bu araçların kullanım yerlerinden bahsedilecektir. Dijital üretim yöntemleri, stratejileri ve malzeme seçim analizi bu başlık altında incelenecektir.

Dördüncü bölümde dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin yapı endüstrisi ve farklı bir endüstride (gemi endüstrisi) kullanımı anlatılacaktır. Son olarak dijital tasarım ve üretim yöntemlerinin günümüz mimarisinde kullanımı değerlendirilecektir.

## **1.3 Araştırmanın Yöntemi**

Tez kapsamında öncelikle dijital mimarlık sürecinin tarihçesi literatür araştırılmasına dayalı olarak verilecektir. Günümüz mimarisinde araştırılan dijital tasarım yöntemleri belirli başlıklar altında örnekler verilerek anlatılacaktır. Mimaride kullanılan dijital üretim araçları ve uygulama teknikleri araştırılacak ve iki farklı endüstriden (yapı, gemi) örnek verilerek incelenecektir. İncelenen örnekler doğrultusunda yapılan çalışmaların günümüz mimarisine etkileri yorumlanacaktır.

## 2. DİJİTAL MİMARLIK SÜRECİNİN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

### 2.1 Dijital Tasarım Anlayışının Temelleri

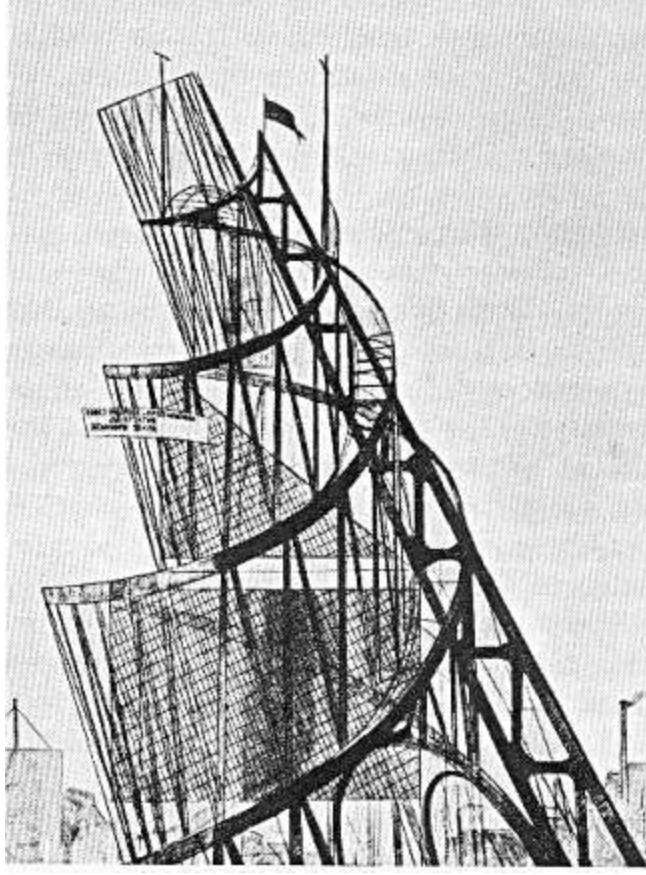
1917 Rus Devrimi ve Sovyetler Birliğinin kurulmasına kadar geçen zaman diliminde, Rusya merkezli olarak birçok ülkede yaratıcı sanat alanında kısa süren parlak bir devir yaşanmıştır. Empresyonizm, Ekspresyonizm, Süprematizm, Kübizm, Fovizm, Dadaizm, Fütürizm, Konstrüktivizm ve Sembolizm gibi akımlar bu dönem içerisinde ortaya çıkmıştır (Mimari Akımlar, 1996). Bu dönemdeki Rus sanatı, yirminci yüzyılın grafik tasarım ve tipografisinin biçimlenmesinde, uluslar arası boyutlarda etkili olmuştur. 1913 yılında Kazimir Malevich (1878-1935) saf renkler ve temel geometrik biçimlerden oluşan bir resim stili geliştirerek, Süprematizmi akımına öncülük etmiştir. Malevich önce fütürist ve kübist üslupta çalışmalar yapmış, sonra temel geometrik biçimlerin soyutlanmasından yola çıkarak, yeni ve yalın bir üslup yaratmıştır. 1915'te Petrograd'da açılan "Son Fütürist Resim Sergisi 0,10" da, beyaz zemin üzerine boyanmış siyah bir kareden ibaret olan tablosunu "Sıfır Biçim" adı altında sergilemiştir. Bu adlandırmayla, yeni sanatın geçmişle bütün ilişkilerini koparıp, sıfırdan, hiçten başlaması gerektiğini söylemek istemiştir. Eskiyle uzlaşmazlık ve gelenekleri yıkma, o yıllarda endüstri çağı bilincinin en karakteristik yanı olarak, sanatta bu şekilde belirginleşmektedir. İlk olarak kübistlerin sanatta ortaya attıkları aklın soyutlama ve eleme gücü Malevich gibi sanatçılar tarafından yıkma ve yok etme etkinliğine dönüştürülmüştür. Nesnelar dünyası Malevich'e göre, insanın kendi çıkarı için tasarlamış olduğu bir dünyayı simgelemektedir. "Sıfır Biçim" yalnız sanat için değil, insanlık için de kurtuluşun sembolü ve insanlık tarihinde nesneların, mal ve mülk hırslarının yok olacağı yeni bir çağın, her türlü çıkarın, bencilliğin ötesinde insanlara eşitlik, kardeşlik ve barış getirecek olan bir çağın habercisi olarak nitelendirilmektedir. Malevich bu çağa "Süprematizm-Nesnelar Dünya" çağı demiştir. Malevich süprematizm çağının yaratıcılık çağı olacağına ve süprematist sanatın insanları yaratma özgürlüğüne kavuşturacak tek yol olduğuna inanmıştır. (Banham, 1980)

Rus Devrimi'nin sanata sosyal bir rol vermesi, Rusya'daki sanat hareketlerine hız kazandırmış, "Solcu" sanatçılar eski düzene ve tutucu görsel sanatlara karşı çıkarak, 1917'de Bolşevikler desteklemek ve dünyayı değiştirmek üzere, kendilerini propagandanın hizmetine adanmışlardır. Dört yıl süren bu yeni yaşamın kurulma çalışmaları sırasında, tüm ülkedeki sanat okullarında reform yapılmış, müzeler inşa edilmiş ve ressam, aktör, yazar ve bestecilerin

yardımıyla politik festivaller düzenlenmiştir. Ancak, 1921’de Lenin’in ilan ettiği yeni ekonomi politikası ile kültür politikasının yönü birden bire değişince işçi sınıfı ile aydınlar arasında ilk sürtüşmeler başlamış ve yeni komünist devlette sanatçının konumunun yeniden tartışma konusu olması, sanatçılar arasında derin bir ideolojik ayrılığın doğmasına neden olmuştur. Malevich ve Wassily Kandinsky gibi bazı sanatçılar, sanatın toplumsal gereksinimlerden ayrı tutularak temelde tinsel bir etkinlik olarak kalmasının gerektiğini savunmuşlardır. Vladamir Tatlin ve Alexander Rodschenko önderliğindeki 25 sanatçı ise 1921’de karşı görüşlerini ileri sürerek, “sanat için sanat”ı reddetmişler ve endüstri tasarımı, görsel iletişim ve uygulamalı sanatlarda ürün vermişlerdir. Bu dönem içerisinde Tatlin tarafından inşa edilmiş olan “Tatlin Kulesi” (Şekil 2.1) yapısı konstrüktivizm akımını simgelemektedir. Bu yapı maket aşamasında kalmasına rağmen etkileri büyük olmuştur. Maket olarak çoğu ülkeyi dolaşmış olan Tatlin Kulesi Dünya çapında bir birliği sembolize etmektedir. En önemli özelliği de yapının bölümlerinin ay güneş ve dünyanın hareketlerine paralel olarak kendi çevresinde dönmesidir. Ayrıca sarmal formuyla Babil kulesini simgelemektedir. (Rocha, 2004)

Bu görüşü paylaşan sanatçılardan Aleksei Gan “Konstrüktivizm” broşürünü yazarak, Konstrüktivist ideolojiyi ilk defa formüle etme girişiminde bulunmuştur. Bu broşürde soyut sanatçıları, geleneksel sanatçılarla olan bağlarını koparamadıklarından dolayı eleştirirken, Konstrüktivizmin, bir laboratuvar çalışmasından çıkarak, pratikteki uygulamalara yöneldiğini söylemiştir. Gan, Konstrüktivizmin üç ana ilkesini, mimarlık, doku ve konstrüksiyon olarak belirlemiştir. Mimarlık, komünist ideolojinin görsel biçimde bütünleşmesini, doku malzemelerinin doğasını ve endüstriyel üretimde nasıl kullanıldıklarını, konstrüksiyon ise, yaratıcı süreci sembolize ederek, görsel örgütlemenin kurallarını araştırmaktadır. Konstrüktivist ideali en iyi kavrayan sanatçı, ressam, mimar ve grafik tasarımcısı El Lissitzky olmuştur. Mimarlığın matematiksel ve strüktürel özellikleri sanatçının sanatının temelini oluşturmuştur. Lissitzky, 1917 Devrimi’ni insanlık için yeni bir başlangıç olarak görmüştür. Onun görüşüne göre komünizm ve sosyal mühendislik yeni bir düzen kuracak, teknoloji toplumun gereksinimlerini karşılayacak ve sanatçı/tasarımcı-kendini konstrüktör olarak adlandıracak ve insanlığa daha verimli bir toplum ve çevre sağlamak için, sanatla teknolojiyi birleştirecekti. Bu idealizm, onun grafik tasarım üzerine artan ilgiyle eğilmesine neden olmuştur (Banham, 1980).





Şekil 2.1 Tatlin Tower – Vladimir Tatlin [24]

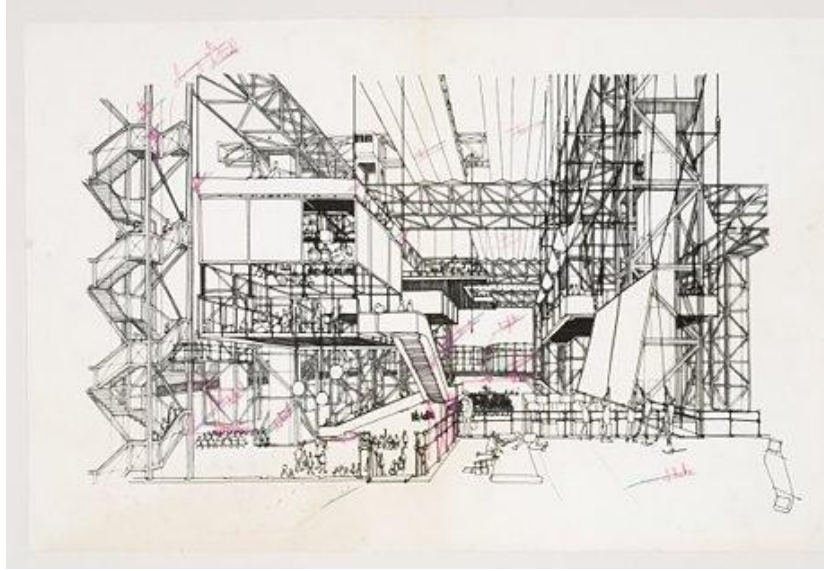
Suprematizm 1913 de bir tavır olarak Rusya'da doğan akım; çağın mekanik doğasına uygun bir karaktere sahiptir. Suprematizm doğa görüntülerinin taklidini reddederek, geometrik formların temelini teşkil ettiği bir ifadeselliği yeğlemektedir. Gelenekselleşmiş anlatım biçimlerini reddederek, yeni gerçekleri yakalamaya çalışan bir düşünce yapısına sahiptir. Konstrüktivistler gibi sanatın faydacılığı savunmalarına rağmen onlardan ayrılan kişisel bir tavrı benimsemişlerdir.

Konstrüktivizm akımının bir diğer önemli ismi ise Naum Gabo'dur. Heykeltıraş olan Naum Gabo "Agit-Prop" açık hava müzesine katılmış ve burada "yüksek sanat ve teknoloji" isimli bir fikir üretme toplantısına katılmıştır. Bu workshopta Gabo'un tasarım anlayışına geometri girmiştir ve hareketli (kinetik) heykel yapma denemelerine başlamıştır. Günümüz mimarisi için halen bir araştırma konusu olan kinetik sanatın (kinetik art) temeli bu dönem içerisinde atılmıştır. Hareketin tasviri anlayışından yola çıkarak ortaya çıkan bu harekete konstrüktivizmin etkisi büyük olmuştur. Eserleri hareketin kendisiyle değil hareket etkisi

yapmasıyla ilgilidir. Kinetik sanat için özgün etki eserin karşısında hareket eden seyirciden kaynaklanmaktadır. Seyirciler esere dokunabileceği gibi onu hareket de ettirebilir. Geleceğe yönelik tavrı ile futurizmden de etkilenen bu akım farklı olan hareketi biçimsel bir şekilde değil de bizzat hareketli bir nesne biçiminde ifade etmesidir. (Snow, 1998)

## 2.2 1960'lar – Makine Teknolojisi ve Mimarlık

Bu dönemden sonra mimarlıkta, endüstri döneminin de gelişmesiyle, makineleşme başlamıştır. Makineleşme ile birlikte mimari tasarımlarda, o dönem için imkânsız olabileceği düşünülmese rağmen bir hareketlilik (kinetizm) arayışına gidilmiştir. 1950'lere gelindiğinde işlemsel tasarım adına öne çıkan isim Cedric Price olmuştur.



Şekil 2.2 Fun Palace - Cedric Price [1]

Cedric Price'in en önemli projesi tiyatro yönetmeni olan John Littlewood ile birlikte yapmış olduğu "Fun Palace" projesidir. 1965'te tasarlanmış olan Fun Palace (Şekil 2.2) projesi yapılmamış olmasına rağmen birçok mimarın tasarımına fikir öncülüğü yapmıştır. Bu mimarlar arasında Paris'teki "Centre Georges Pompidou"<sup>1</sup> projesiyle tanınan Richard Rogers

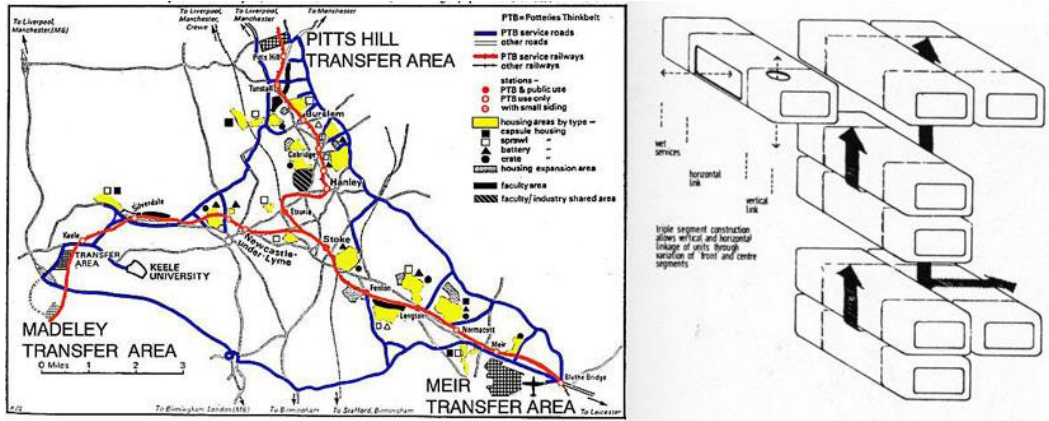
<sup>1</sup> Avrupa'da çağdaş tasarımın kalbi şüphesiz Centre Georges Pompidou'dur. 1969'da Fransa Devlet Başkanı Georges Pompidou'nun Paris için tüm sanatların kesişeceği bir merkez kurma isteği gerçekleşiyor ve 31 Ocak 1977'de Renzo Piano ve Richard Rogers tarafından tasarlanan merkez açılıyor. Günde 22,000 kişi tarafından ziyaret edilen merkez bugün bu sayı ile Notre Dame Katedrali'ni bile geride bırakmıştır. Tek yüzeyi transparan olan yapının en ayırt edici özelliği yapıdaki dolaşım elemanlarının yani yürüyen merdiven ve asansörlerin mekanın tamamen dışına alınarak alanın tamamen aktiviteler için tasarlanmasıdır.

ve Renzo Piano vardır. Price'ın Fun Palace projesinden etkilenerek gelişmiş olan bir diğer proje ise Londra'nın kuzeyindeki Kentish Town'daki Inter-Action Centre (Şekil 2.3) olarak gösterilebilir.

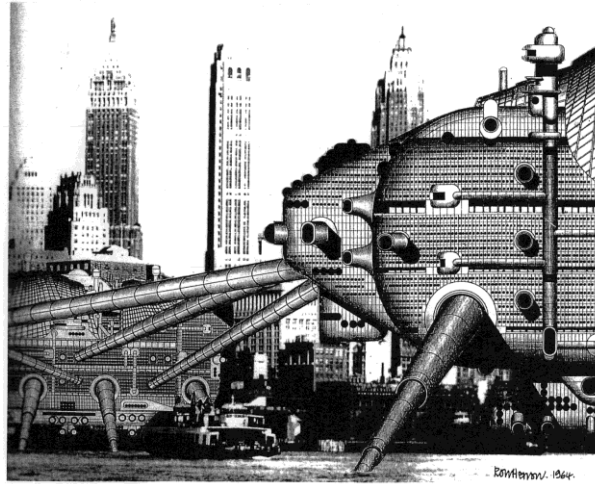


Şekil 2.3 Inter-Action Centre - Cedric Price [2]

Cedric Price'nın bir diğer önemli projesi 1964'te tasarlamış olduğu "Potteries Thinkbelt"dir (Şekil 2.4). Potteries Thinkbelt projesi daha büyük ölçekte olan bir projedir. Price bu projede öğrenciler için mobil (hareketli) bir üniversite kampusu yapmayı düşünmüştür. Bu proje geleneksel üniversite sistemine farklı bir bakış açısı getirme düşüncesiyle ortaya çıkmıştır. Bu üniversitenin içerisinde tasarlanmış olan raylar üzerinde hareket ederek birimleri istenilen ya da gereken yere götürecek şekilde düşünülmüştür. Ayrıca sınıflar kapsül gibi düşünüldüğünden dolayı üniversite popülasyonunun artması durumunda eklemeye yapılabilecektir. Bu proje mimaride endüstriyel gelişimde başlangıççı olarak kabul edilebilir çünkü bu projeye makinelerde mimariye girmeye ve kullanılmaya başlamıştır. Bu düşüncede mimaride disiplinler arası kavramının ortaya çıkışını göstermektedir. [3]



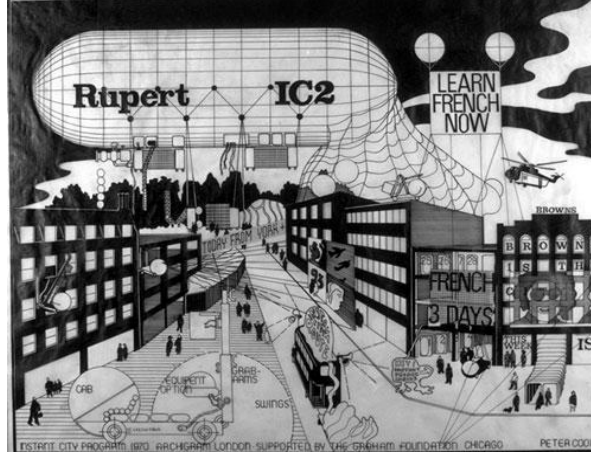
Şekil 2.4 Potteries Thinkbelt - Cedric Price [3]



Şekil 2.5 Walking City [4]

Yapılarda durağandan kinetiğe geçme çalışması bir grup üniversite öğrencisinin yayınladıkları bir dergi ile daha çok ilgi çekmeye başlamıştır. Bu öğrenci grubu projeleriyle derlemiş olduğu “Archigram” isimli dergi alışlagelmiş ütopyacıların aksine, farazi bir geleceği projelendirmekle yetinmeyişi ana fikrine sahiptir. Bu bağlamda archigram'ın ütopyalar çağını kapatan bir hareket olarak tanımlanması da mümkündür. Çünkü archigram bir yandan teknolojik olanakları sonuna dek zorlayarak mimarlıkta endüstri çağının en uç noktalarına işaret etmekte, öte yandan da ütopyayla düş ve fantezinin ve hatta mizahın sınırlarını belirsizleştirmektedir. Dolayısıyla, Archigram'ın kendi kendisiyle dalga geçme yeteneği geliştirebilmiş tek ütopyist yönelim olduğu düşünülmektedir. Archigram'cılar tasarlamış oldukları dünya üzerinde sabitlenmeksizin sürekli hareket eden Walking City (Şekil 2.5), bir anda kurulup bir anda çözümlenen Instant City (Şekil 2.6), bir otomobil gibi sürekli yeni yedek parçalarla yenilenen makine gibi çalışan Plug-in City, Inflatable Suit-Home en önemli

projeleridir. Bu öğrenci grubu mimarlıkta yenilikçi mantığı ve teknolojik gelişmenin sonsuzluğuna olan iyimser inancı sonuna dek zorlamışlardır. [4] (Rocha, 2004)



Şekil 2.6 Instant City [4]

1970 ve 80'lere gelindiğinde çok az sayıdaki mimar bilgisayarın mimariye katabileceği faydaların potansiyelini görmüş ve bu konuda çalışmalara başlamıştır. Bilgisayarın mimaride kullanılması ile oluşan akıma sibernetik sistem denmektedir. Sibernetikçilerin baş aktörleri Gordon Pask, Cedric Price, John Frazer ve Massachusetts Institute of Technology'den Nicholas Negroponte'dir. Bu kişiler gelecek nesiller için siber uzay hakkında paradigmlar yazmışlardır. Siber uzay kavramı için bu kişileri takip eden ve geliştiren Marcos Novak, Greg Lynn gibi isimler yeni teknolojiler geliştirerek mimarların vizyonunu etkilemiştir.

Sibernetik sistemlerin başında gelenlerden biri olan Gordon Pask, sibernetik ve sistem bilimi konularında araştırmalar yapmış ve çeşitli makaleler yazmıştır. Malzemelere yapay zekâ verilmesinin önemini savunmuştur. Yapay zekâ düşüncesini bilişim dünyasına ilk getiren araştırmacılarından biridir. Gordon Pask'ın en çok bilinen araştırmaları iletişim teorisi<sup>2</sup> ve katılımcıların etkileşimi teorisidir<sup>3</sup>. Andrew Gordon Speedie – Pask yazmış olduğu

<sup>2</sup> Conversation Theory: Bu çalışma Pask'ın kendi işi dışında ilgi göstermiş olduğu bir araştırmadır. Teori sibernetik ve mantıksal iletişimin bir arada çalışmasını öneren bir araştırmadır. Günümüzün yapay zekâ kavramının çıkış noktalarındandır. Pask bu teori sayesinde bilginin yapısını bulmayı hedeflemiştir. Genel olarak bilişimciler için değerli bir epistemolojik bir çalışmadır (Wikipedia, 2008).

<sup>3</sup> Interactions of Actors Theory: Bu teoride ise doğa bilimlerinin disiplinler arası ilişkisi olarak da tanımlanabilir. Pask bu teorisinde klasik pozitivistlerle doğa bilimcileri arasında bir analogi (benzerlik) yapmıştır. Pask bunu katı bilimlerin sonuçlarına daha kolay ulaşabilmek amacıyla epistemolojik bağımlılığın, bilimin kendi özelliklerini birlikte araştırılmasıyla önermiştir. Pask bu düşünceyle bütün bilgi ortamlarına yapay zeka ekleyerek bir işletim teorisi konseptini ortaya çıkarmıştır (Wikipedia, 2008).

makalelerin çoğunda makinelerin öğrenen organizmalar gibi davranmasını araştırmıştır. Bununla ilişkili olarak insan bilimi ve öğrenme metodu için çok karmaşık bir teori (iletişim teorisi) geliştirmiştir. Psikoloji dünyası, yapay zekâ ve kavramsal bilim için çok büyük adımlar atmıştır. (Rocha, 2004)

### 2.3 1980-2000 Sanal Ortam

1980'lere gelindiğinde kompleks bilgisayarların ortaya çıkmasıyla mimarlık da bu teknolojiye etkilenmeye başlamıştır. Zamanın mimarları ve mühendisleri bilgisayarı kendi bilimlerinde nasıl kullanabileceklerini araştırmışlardır. Ayrıca 1920'lerden beri süre gelen işlemsel tasarım kavramını da hayata geçirebilecekleri bir ortam yakalamak mimarların ilgisini çekmiştir. İnsan beyninin tek başına tasarlamakta zorlanacağı tasarımların, mimarların ilgisini çekmesinden dolayı bilgisayara yavaş ama ivmeli bir geçiş başlamıştır. “Yüzey Ötesi Mimarlık” kavramı bu dönemle ortaya çıkan bir kavramdır. Yüzey ötesi kavramı geometrideki Öklid geometrisinden Öklid dışı geometrisi kavramına geçişi temsil etmektedir. Yüzey ötesi geometri ile hesaplanması geleneksel yöntemle imkânsız yakın olarak kabul edilen tasarımların sanal ortamda tasarlanması ve bununla birlikte tasarımın bilgisayar destekli üretim araçlarıyla üretilmesine imkân sağlamıştır. 1920'lerde başlayan işlemsel tasarım kavramının gerçek hayatta uygulama imkânı bulması ve tam anlamıyla “işlemsel bir tasarım” yapılabilmesi mimarlık için büyük bir adımdır. Bu sayede tasarımlarda ulaşılamayan formlara ulaşabilmek mümkün kılınmıştır. (Rocha, 2004)

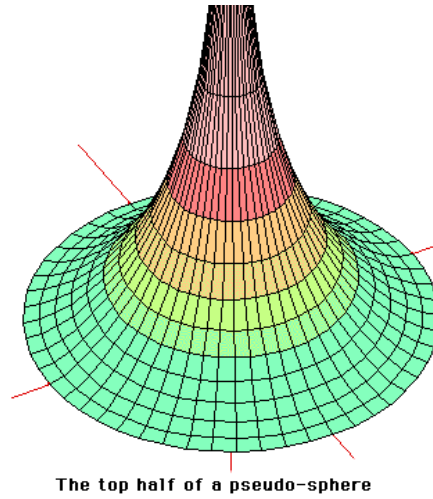
Bu dönemlerde ortaya çıkan sanal mimarlığın önde gelen isimlerinden birisi Marcos Novak'tır. Literatür Marcos Novak'ı bir transarchitect<sup>4</sup> (geçiş mimarı) olarak tanımlamaktadır. Marcos Novak hem mimar hem sanatçı hem yazar hemde algoritma teknikleri, görsel ve hibrit zeka konularındaki bir kuramcıdır. Novak mimariye tamamen elektronik ortam gözüyle bakmaktadır ve mimarlığı da sanal uzaydaki liquid architecture olarak tanımlamaktadır. Marcos Novak, Liquid Architecture kavramını “Formu şartlara ve algılayanın isteklerine bağlı olan mimari, sizi karşılamak için açılan ve korumak için kapanan

---

<sup>4</sup> Marcos Novak'ın ortaya attığı transarchitect kavramı, dijital teknolojiye dayalı olan felsefi ve kültürel değişimin doğurduğu yeni bir mimarlık türü (biyolojideki tür kavramına paralel olarak kullanılır) olarak tanımlanmaktadır. (Özsel, 2004)

bir mimari; kapıları ve koridorları olmayan, yan odanın “nerede olması gerekiyorsa” orada ve “ne olması gerekiyorsa” o olduğu bir mimari, dans eden ya da nabız gibi atan, dinginleşen ya da çalkantılı hale gelen bir mimari” olarak tanımlamaktadır. Novak’a göre sadece dijital ortamda var olacak bu mimari, mantık, perspektif, yerçekimi kanunlarından bağımsız kılınmalı ve öklid geometri sınırları ve kurallarına uymamalıdır. Novak mimaride uzayın yanı sıra zamanı da temel elemanları arasına dahil etmekte ve zamanı bütünleştirecek “4. boyutun” bir ifadesi olarak görmektedir. [24]

#### 2.4 2000 Sonrası



Şekil 2.7 Öklid Dışı Yüzey

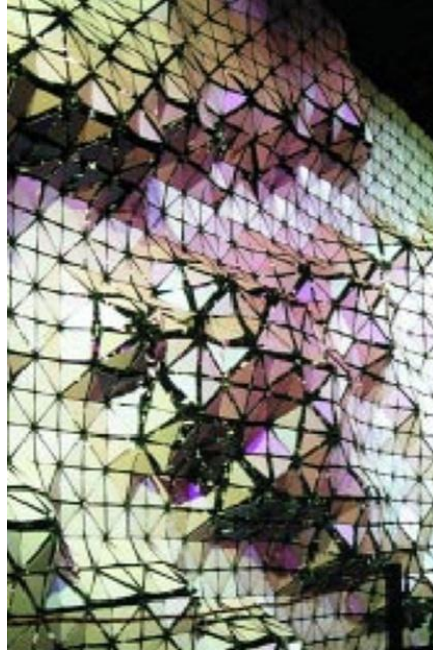
2000'lere gelindiğinde artık tüm bilim dallarında dijital çağ olarak da tanımlanan bir dönem başlamıştır. Teknolojinin doruk seviyelere çıkmasıyla her bilim bu gelişmenin nimetlerinden faydalanmaya ve kendi gelişimini hızlandırmaya çalışmıştır. Dijital tasarım teknolojilerinin mimaride kullanılmasıyla birlikte üretim biçimlerinde de farklılaşma başlamıştır. Bu farklılaşma, bilgisayarın geleneksel tasarım yöntemini farklılaştırabilecek tasarımlar yapabildiği gibi üretim sistemlerinin de dijital ortam yardımıyla yapılabilmesini sağlamıştır. Mimaride yüzey ötesi kavramı öklid dışı (Şekil 2.7) yüzeylerin tasarlanmaya başlanması bu tasarımların üretilme ihtiyacını doğurmuştur. Çünkü 1920'lerdeki Archigram akımında bazı deneme tasarımlar yapılmış ancak teknolojinin henüz yeterli seviyeye gelmemesinden dolayı üretime geçememiştir.

Öklid geometrisi ve Hypersurface kavramının temellerini oluşturan Öklid dışı kavramları şu

şekildedir.

Öklid geometrisi: Öklid geometrisi, ismini M.Ö. 300 yıllarında uzay geometrisini yeniden düzenleyen geometrici Euclid'den alır. Öklid geometrisi, Öklid dışı geometrisinden Öklid'in meşhur beş postulatı ile ayrılır. Bu postulatlar iki nokta bir doğruyu anlatır, bir doğrudan bir doğru parçası elde edilebilir, bir daire bir merkez ile yarıçapı ile anlatılabilir, bir dik açı bütünleyenine eşittir, bir doğru iki aykırı doğru tarafından kesildiğinde, meydana gelen iki iç açının toplamı  $180^\circ$ 'den küçüktür, şeklinde tanımlanmıştır.

Bunlar öklidin paralellik postulatlarıdır. Öklid dışı geometrinin 19. yüzyılda ortaya çıkmasından önce, öklid geometri, çözülemeyen mantıkî tündengelim sistemlerini ve uzay ifadelerini sadece matematik ifadeler kullanarak çözmeye çalışmıştır.



Şekil 2.8 Decoi'nin Aegis Projesi [5]

Öklid geometrisi iki boyutlu uzay üzerinde hesaplanan bir matematiksel kavramdır. Öklid dışı geometride ise öklidden farklı olarak üçüncü boyut kavramı düşünülmektedir. Hatta öklid dışı düşünürlerinin Öklid düşünürlerine karşı bu kavramı ortaya çıkarmaları bu yüzdendir. Öklid dışı düşünürlerinin savı “dünyadaki her şey üç boyutludur ve eğrisel yüzeyledir”e dayanır. Öklid dışı düşünürlerinin Öklid geometrisin beşinin beşinci postulatına itiraz etmektedirler. Beşinci postulata göre “bir doğru iki aykırı doğru tarafından kesildiğinde, meydana gelen iki iç açının toplamı  $180^\circ$ 'den küçüktür”. Ancak Öklid dışı geometrisine göre meridyenler ekvatoru dik açıyla



kesmektedir, aynı zamanda meridyenler kutuplarda kesişmektedir ve oluşan üçgenin iç açıları toplamı 180 dereceden fazla olmaktadır. [24]

## 2.5 Sonuç

İşlemsel tasarımın mimarideki gelişiminin bu uzun çerçevede izleyince görülen, sürecin gelişmesiyle teknolojinin çok etkin rol oynamış olmasıdır. 1920'lerde düşünölmeye başlanan kavram ancak 1980'lerde sonra kullanılabilmeye başlanmıştır. Buradan çıkarabileceğimiz sonuç bilgisayar sistemlerinin mimaride kullanılmasıyla büyük bir hız kazanan işlemsel tasarım ve üretim süreci mimarlıkta yeni bir çağ oluşturmuştur. Mimaride yeni olan bu süreçle birlikte geleneksel tasarım ve üretim yöntemlerine sanal ortam mimarisi eklenmiştir. Dijital mimari, endüstri devriminde oluşan makineleşme sistemiyle benzerlikler göstermesiyle birlikte farklılıkları da vardır. Benzerlikleri, makinelerin üretim aşamasında bir otomasyon sistemi ile çalışarak üretim sürecini oluşturmasıdır. Farkı ise endüstri döneminde olan seri üretim sistemi yerine kişiye özel üretim sisteminin kullanılabilmesidir. Bu sayede tasarım kavramı da yerini kaybetmemiş olmaktadır. Sonuç olarak dijital mimarlıkla birlikte tasarlanması ve üretilmesi geleneksel yöntemlerle çok zor ya da imkânsız olan yapıların yapılabilmesine imkân sağlanmıştır.

### 3. DİJİTAL TASARIM YÖNTEMLERİ

Dijital tasarım her hangi bir tasarım objesinin bilgisayar tekniklerinin kullanılmasıyla tasarlanması olayıdır. Dijital tasarım yöntemleri bilgisayar teknolojilerinin keşfedilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bilgisayarın işlemsel olarak çalışma tekniklerinden esinlenerek geliştirilen bu sistemler mimari tasarımda türetme, canlandırma, gibi birçok aşamada kullanılmaktadır. İlk olarak uçak, gemi ve araba gibi endüstrilerde kullanılan bu sistemler mimaride tasarımın daha ön planda olmasından dolayı başlarda soğuk karşılanmıştır. Dijital teknolojilerin farklı endüstrilerde kullanılması ve sonuç üründe elde edilen başarı mimarların ilgisini çekmiştir.

Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte 2000'li yıllardan itibaren mimarlıkta dijital tasarım tekniklerinin gelişmesi yönünde bir eğilim başlamıştır. Mimarlar için tasarımda farklılaşma içgüdüğü, dijital tekniklere geçişi hızlandırmıştır. Özellikle dijital üretim araçlarının gelişmesi bu süreci kısaltmıştır. Sanayi devriminden kalan seri üretim anlayışı aynı ürünü çok sayıda ve kısa sürede üretmeyi başarmıştı. Dijital teknolojiler ile sadece toplu üretim değil, çok sayıda tekil üretimde de istenilen miktarda ve aynı hızda yapabilecek teknoloji yakalanmıştır.

Üretim yöntemlerine gelen bu yenilik mimarları yeni tasarım yöntemleri arayışına yönlendirmiştir. Tez kapsamında algoritmik tasarım, parametrik tasarım, türetici tasarım, biçim gramerleri, performans dayalı tasarım ve animasyon teknikleriyle tasarıma değinilecektir. Dijital teknolojiler ile desteklenen bu tasarım yöntemleri algoritma tabanında geliştirilmiş parametrik sistemlerdir.

#### 3.1 Algoritmik Tasarım

Algoritma, matematikte ve bilgisayar biliminde bir işi yapmak için tanımlanan, bir başlangıç durumundan başladığında, açıkça belirlenmiş bir son durumda sonlanan, sonlu işlemler kümesidir. Algoritmalar bilgisayarlar tarafından işletilebilirler. Algoritmanın belirli bir sistematiği ve iyi kurgulanmış örüntüleri olması gerekmektedir. (Terzidis, 2006)

Algoritmanın bazı şartları vardır. Bunlar:

- **Girdi:** Sıfır veya daha fazla değer dışarıdan verilmeli.
- **Çıktı:** En azından bir değer üretilmeli.
- **Açıklık:** Her işlem (komut) açık olmalı ve farklı anlamlar içermemeli.
- **Sonluluk:** Her türlü olasılık için algoritma sonlu adımda bitmeli.
- **Etkinlik:** Her komut kişinin kalem ve kâğıt ile yürütebileceği kadar basit olmalıdır.

[25]

Mimari tasarım, algoritmik tasarım yöntemleriyle tasarımı oluştururken belirli örüntüler oluşturması yönünden benzerlik göstermektedir. Algoritmik düşünce yapısına sahip tasarım yöntemleri, geleneksel tasarım yöntemlerinden farklı olarak sayısal ortamda oluşturulmasından dolayı önemlidir. Tasarımcıya “el-göz koordinasyonu” dışında üretilebilecek geometrileri keşfetme ve diğer yanda geniş veri kümeleri kullanılarak türetilebilecek tasarımlarda “öngörülemeyenleri” kontrol edebilme imkânı bu yöntemle sağlamaktadır. Bilgisayar destekli tasarım araçları, diğer bilgisayar yazılımlarında olduğu gibi bir algoritmik kurgu ile çalışır ve kullanılırlar. Ancak bu yazılımlar genellikle araç olarak kullanılmak üzere kurgulandıkları için tasarım problemlerine çözüm olması muhtemel belirli nesne ve fonksiyonları hazır olarak sunmaktadırlar. Bu yüzden tasarım problemlerini çözmeleri konusunda yetersiz kalmaktadır. Tasarımcıdan beklenen ise bu nesne ve fonksiyonları bir araya getirerek soruna çözüm üretmesidir. *“Tasarımcı, yazılımın sunduğu nesne ve fonksiyonları değiştirmeye veya kendisi nesne ve fonksiyonlar üretmeye ve kullanmaya başladığı zaman yazılımın algoritmik yapısını da çözümlenmeye başlar. Bu sürecin devamında tasarımcının tasarım problemlerine algoritmik düşünce yapısını kullanarak çözüm araması ve bu çözümü bilgisayar yardımıyla doğrudan doğruya hayata geçirmesi beklenir. Tasarımcı, kullandığı en yakın araç olan bilgisayarın algoritmik dili ile konuşmaya başladığı zaman, düşündüğü çözümü doğrudan doğruya görme ve farklı alternatifleri talep etme özgürlüğünü elde eder.”* (Çolakoğlu & Yazar, 2007)

### 3.2 Parametrik Tasarım

Türk Dil Kurumu Sözlüğünde parametre, cebirde bir denklemin kat sayılarına giren değişken nicelik olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar dilinde ise değişkene atanan değerdir.

Parametrik tasarım bilgi ve değişkenlerden oluşan sayısal bir çizelge olarak kabul edilebilir. Tasarımda ön görülen bütün değişkenler bu çizelgede bir parametre olarak kabul edilmektedir. Bu çizelge ile tasarımda oluşabilecek tüm çeşitlenmeler tasarımın oluşum safhasında görülebilmektedir. Tasarımcı ise tasarımına uygun olan çeşitlenmeyi bu pencereden seçebilmektedir. Parametrik tasarımda malzeme seçimi, iç ve dış etkenler, tasarıma yönelik kararlar gibi bütün değişkenler parametre olarak kabul edilebilir. Parametreler sadece kartezyen geometrisine bağlı sayılardan oluşmazlar. Işık katmanları, yapısal mukavemet yükleri kullanılabilen parametrelerden bir kaçıdır.

Parametrik tasarım geçicilik içerir ve mimarlığı zamanla değişen esnek bir organizasyon olarak sürekli yenilenebilen bir yapıya sahiptir. Parametrik tasarımda; özellikler, bağımlılıklar, ilişkiler, kontrol noktaları, süreç tasarımın bir parçası olmadan önce sürecin stratejileri, etkileşimin sonucunda ortaya çıkan ilişkili ve beklenmedik sonuçlar bulunur. Genel olarak bütün parametrik işlemler birbirine bir şekilde bağımlı bir ilişkiler ağı şeklinde durmaktadırlar. İyi tanımlanmış bu ilişkiler ağına tasarımın algoritması denmektedir. Algoritma tasarımın aşamalarını, sürecini ve işleyişini belirler. Parametre ise bu süreç içerisindeki değişkenleri ifade eder. Sonuç ürünün farklılaşması algoritmanın adımlarındaki kurguya ve tasarımın parametrelerindeki çeşitliliğe bağımlıdır. Tasarımın algoritması iyi bir şekilde kurgulanmış ise tasarım değerlerine atanan farklı parametreler sonuç üründe büyük farklılıklara yol açacaktır. [13]

“Parametrik tasarım, tasarımın belirlenen parametrelerin üzerine kurulmasıyla ilgilidir. Mimari tasarım sürecinde parametrik tasarımın kullanıldığı örneklerde rüzgâr şiddeti, deniz tuzluluk oranı, su miktarı, insan akışındaki yoğunluk gibi çevresel veriler tasarım sürecinde parametreler olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar ortamında kurgulanan sistemler, parametrelere girilen farklı değerler sonucu oluşan değişim, tasarım aşamasında form üretimi için ya da fiziksel mekânda ışık, ses, biçim değerlerini ölçmek için kullanılabilir. Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımı için de kullanılmaktadır. İyi kurgulanmış bir prensip formüldeki parametrelerinin (ölçü, açı, kalınlık) gerektiği yerlere göre değişimi ile bu formül birçok detayda kullanılabilir.” (Özsel Akipek, 2004)

Parametrik tasarımın mimaride kullanılmasına yönelik olarak bazı yazılım firmaları çeşitli

yazılımlar üretmiştir. Parametrik tasarım esaslı çalışan Microstation firmasının geliştirmiş olduğu Generative Components (GC) programı bu konuda en gelişmiş örnektir. Halen deneme aşamasındaki GC programı tamamen parametrik olarak çalışmaktadır. Autodesk yazılım firmasının geliştirmiş olduğu Revit ya da Nemetschek firması tarafından geliştirilen yapı bilgi sistemi ile çalışan yazılımların aksine GC’de parametreler en küçük birimlere kadar indirgenmiştir. GC bu bakımdan mimari bir program olarak kabul edilememektedir. GC daha geniş bir dünyaya hitap etmektedir. GC’de kullanılan parametreler noktalardan ve bu noktaların belirli kurallar çerçevesinde birleştirilmesi ile oluşan çizgilerden oluşmaktadır. GC ile geliştirilmiş bir örnek için Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Ortamında Mimarlık ve Tasarım Bilim Dalı’nda Proje 2 dersi kapsamında geliştirilmiş olan konsept otobüs durağı projesi verilebilir. Otobüs durağı kinetik bir yapıya sahip olup tasarımında güneşlenme açısı ve kullanıcılar parametre olarak kabul edilmiştir. Konsept olarak durak, kendine yaklaşan kullanıcı ile arasında oluşan mesafeye göre formunu oluşturmaktadır (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Ayrıca durağın bulunduğu coğrafik konumun gün içerisindeki güneşlenme açısına göre üst örtünün boyutları ve biçimi değişmektedir. Bu sayede durakta bulunan kişiler direk olarak gelen güneş ışınlarından korunmuş olacaktır. İstanbul için düşünülen bu durağa her hangi bir kullanıcı yaklaşmaması durumunda ise durağın sabit bir düz yüzey olarak durması amaçlanmıştır. Bunun sebebi ise İstanbul’un metropol bir şehir olması ve bu şehir içerisinde gereksiz yere kullanılan kalabalığı azaltmak ve kaldırımlarda yürüyen insanlar için daha fazla yer ayırmaktır.

Durak, tasarım olarak oluşturulurken öncelikle tasarım algoritması oluşturulmuştur. Bu algoritmanın adımları:

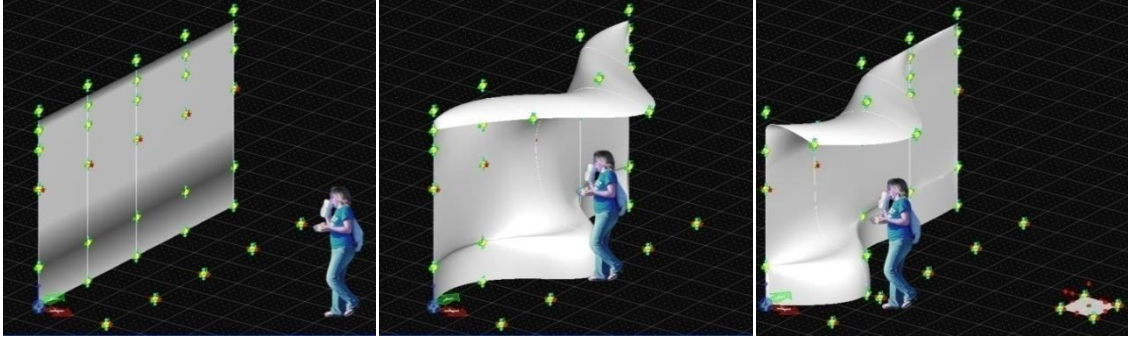
1. İnsanı temsil edecek noktanın oluşturulması,
2. Oturma birimi ile insan arasındaki limit noktalarının oluşturulması,
3. Durağı oluşturan ana kesit noktalarının oluşturulması,
4. Bu noktaların durak boyu çoğaltılması,
5. Her nokta için durağın hareketlenmesini sağlayacak kodların girilmesi,
6. Durağa dikey kesit oluşturacak şekilde bu noktalar arasında eğrilerin oluşturulması,
7. Bu eğriler arasında yüzeyin oluşturulması ve insanı temsil eden noktaların kontrolü

Durak projesinde kullanılan parametreler ise;

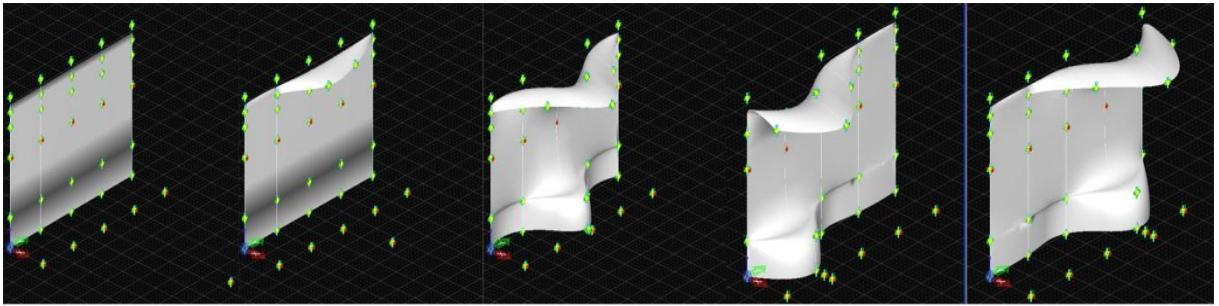
1. Güneş,
2. Kullanıcı (İnsan),
3. Durak boyutlarını belirleyen sayısal değerler,
4. Projenin gerçekleşeceği konumun coğrafik değerleri

Yazılım noktalar ve bu noktaların birbirine bağlanması ile çalışmasından dolayı öncelikle durağa yaklaşan kullanıcıyı belirten nokta oluşturulmuştur. Durağın yapısını oluşturan noktalar kullanıcıya bağımlı olacak şekilde kodlanmıştır. Bu sayede kullanıcı ile durak arasındaki mesafe ölçülerek noktaların koordinat sistemdeki yerleri belirlenmektedir. Daha sonra durağı oluşturan noktalar çoğaltılıp durağın ana şekli oluşturulmuştur. Noktalar birbirlerine eğrisel çizgilerle bağlanmıştır. Eğrisel çizginin seçilmesinin sebebi durak hareket ederken formunun bozulmaması istendiğindedir. Son olarak oluşturan eğriler bir yüzey (surface) ile kaplanır. Kaplanan yüzeyi aslında karelerden oluşmaktadır. Karelerin ölçüleri ne kadar küçük ve çok olursa o kadar düzgün bir yüzey elde edilir. Ayrıca bu yüzeyi oluşturan karelere istenilen malzemede giydirilebilmektedir. Durak yapısının amorf olması ve kullanıcıyla birebir temas halinde bulunması yüzünden kaplama malzemesinin elastik bir malzeme olması gerekmektedir. Ana strüktürün membran gibi dayanıklı ve esnek bir malzeme ile kaplanması, düşünülen biçime uygun bir yapı oluşmasını sağlayacaktır.

Otobüs durağının kinetik olması ile her an farklılaşabilecek bir yapıya sahip olmaktadır. Bu sayede aynı durak farklı bölgelere konulsa bile birbiri ile aynı biçime sahip olmayacaktır. Belirli bir yapay zekâya sahip olması, her an biçim değiştirmesine sağlayacaktır. Böylece seri üretimle üretilmesi halinde maliyet ve üretim süresi düşürülmüş olacaktır. Üretildikten sonra durağa yüklenen yazılımın farklılaşması onu farklı biçimlere girmesini sağlayacaktır. (Kutsal, 2007)



Şekil 3.1 Kullanıcı Girişine Bağımlı Olarak Durağın Biçimlenmesi (Kutsal, 2007)



Şekil 3.2 Parametrik Kinetik Durak Projesi (Kutsal, 2007)

### 3.3 Türetici Tasarım

Türetici tasarım metotları birçok sistemle kullanılmaktadır. Türetici gramerler; karakterler ve semboller kullanarak yeni tasarım dilleri aramak için kullanılabilir. Mimarlar ve bazı diğer tasarımcılar için yeni formlar türetebilmek amacıyla kullanılan en uygun yöntem biçim gramerleridir. Bu yöntem nokta, çizgi, yüzey ve kütlelerden oluştuğu için, tasarımcının algılama seviyesi diğer yöntemlere göre daha yüksektir. Geçmiş mimari tasarımlar üzerindeki analitik çalışmalar -dijital medyanın da desteğiyle- bazı yapıları tamamlayabilmek ve yeniden inşa edebilmek için veya aynı gramer kurallarını kullanan yeni yapılar yapmak için kullanılabilir.

Türetici tasarım; diğer tasarım yaklaşımlarından farklı olarak, tasarım sürecinde tasarımcının direkt olarak malzemeye veya ürünle değil bir türetici sistemle ilişkide olduğu bir tasarım metodolojisidir.

*“Türetici sistemler genel olarak tasarımda ürün grupları oluşturmak için kullanılabilirler. Gelişen*

*teknolojiler göz önüne alındığında üretici tasarımların dijital araçlarla beraber kullanılması, ürün gruplarının genişlemesi açısından önemlidir. Üretici tasarım farklı parametrik değerlerin birbirleriyle ilişkilerine göre farklı tasarım örnekleri oluşturması açısından çok güçlü bir tasarım metodolojisidir. Bu yüzden bilgisayarların hesaplama gücünden yararlanılması bu metodolojinin daha da güçlenmesine katkıda bulunacaktır. İyi tanımlanmış bir üretici sistem (bilgisayarın hesaplama gücü sayesinde) detaylı permutasyonlar sonucu çok geniş bir ürün grubu oluşturur. Bu ürün grubu tasarımcının tasarım uzayını genişlettiği için de tasarımcının yaratıcılığını tetiklemektedir. Ayrıca bilgisayarlar belli ölçütlere göre yaptırılan seçim işlemlerinde de başarılı olmaktadır. Ancak işin içine estetik gibi tanımlanması çok güç olan ölçütler girince seçim tasarımcıya kalmaktadır.” (Özsel, 2004)*

Türetici sistemlerde bilgisayarların kullanılmasındaki tek sorun, çoğu tasarımcının programlama bilmemesidir. Bunun sonucu olarak tasarımcıların programcılarla ortak çalışılması ya da bilgisayarın programlamasının kolaylaştırılması gerekmektedir. Türetici bilgisayar destekli tasarımlar için bazı sistemler kullanılmaktadır. Bunlar kendini organize eden sistemler (ör: hücreyel otomata), evrimsel sistemler (ör: genetik algoritmalar) ve türetici gramerlerdir (ör: biçim gramerleri). Bu sistemler matematik temeline dayanan güçlü ve üretken perspektifler sunan gelişmiş sistemlerdir.

### **3.3.1 Biçim Gramerleri**

Biçim gramerleri ana mantık olarak türetici bir yapı sergiler. Biçim gramerleri tasarım dilleri tanımlamak ve yaratmak için bir yol olarak düşünülebilir. Biçim gramerleri mekânsal kompozisyonun dilini yaratmak için kullanılan bir kurallar sistemidir. Bir dil, kullandığı sözcük dağarcığından ve bu dağarcığı bir araya getiren kurallardan oluştuğu gibi biçim gramerleri de bir biçim dağarcığından ve mekânsal ilişkilere yönelik kurallardan oluşur. [26]

Biçim gramerleri, biçim kompozisyonları üreten kural tabanlı bir tasarım sistemidir. Yazı karakterlerinin yerini geometrik elemanlar alır. Nokta, çizgi, yüzey ve kütlelerden gramerler oluşturulur. Biçimler çizgilerin iki boyutta veya üç boyutta düzenlenmiş hali olarak görülebilir. Buradaki kurallar matematik ve geometri temellidir. Basit aritmetik işlemler (toplama, çıkartma) ile kurallar tanımlanabileceği gibi, hareket ettirme, döndürme, yansıtma gibi temel öklid dönüşümleri de tanımlanabilir. Söz konusu biçim kuralları ana biçimlere ve



bu biçimlerden türeyen alt biçimlere tekrarlı olarak uygulanarak tutarlı bir dili olan kompozisyonlar meydana getirilebilir.

Biçim gramerleri 1972 yılında George Stiny ve Jim Gibs tarafından bulunmuştur. Bu yöntemin en büyük özelliği ve diğer üretici tasarımlardan farklılığı, soyut sembollerle veya harflerle değil, şekillerle ve biçimlerle çalışmasıdır. Bu tasarımın görselleştirilmesi açısından önemlidir. Ayrıca daha önce yapılmış olan tasarımların incelenmesi ve deşifre edilebilmesi açısından da gereklidir. (Stiny, Gibs, 1992)

Biçim gramer uygulamaları parça ve bütün kavramları üzerine kurulur. Basit bir konut problemi böyle bir yaklaşımla ayrıştırmak istenirse;

- Bir biçim dağarcığı (yaşama, yemek odası, yatak odası, banyo)
- Tanımlayıcı şema dağarcığı (oturma, yeme, uyuma, temizlenme)
- Tanımlayıcı şemaları, uygun biçimlerle eşleştirme (yaşama: oturma, yemek odası: yeme, yatak odası: uyuma, banyo: temizlenme)
- Uygun biçimsel kuralları uygulama (yaşama yemek odasına yakın banyodan uzak; gibi)
- Biçimlere ilişkin transformasyonları uygulama kuralları (yaşama yemek odasından daha büyüktür) gibi beş temel öge çıkarılabilir. [26]

#### *Biçim Gramerleri Çalışmalarına Örnekler*

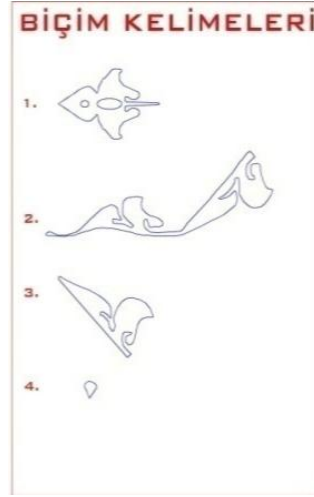
MIT, Harvard, Yale Üniversitelerinde Julia Eizenberg, Carnegie Mellon Üniversitesi'nde Flemming, University of California & Los Angeles ve Massachusetts Institute of Technology'de Terry Knight, Yıldız Teknik Üniversitesinde Birgül Çolakoğlu biçim gramerlerini mimari atölye eğitiminde kullanan kişilerden bazılarıdır. Biçim gramerlerinde analitik, hibrit ve özgün olmak üzere üç yöntem kullanılmaktadır. Bir mimarın, belirli bir stilin veya bir dönemin mimarisini analiz ederek tasarım kurallarını çıkarması analiz yöntemidir. Çıkarılan kurallara eklemeler yapılarak aynı dil ailesinden farklı tasarımlar elde edilmesi hibrit gramerlerdir. Özgün gramerler ise tasarımcının kendi geliştirdiği kural veya kural setine göre tasarımlar yapmasıdır. (Çolakoğlu, 2007)

Aşağıdaki örnekte Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Ortamında Mimarlık Bilim Dalı'nda biçim gramerleri dersinde [22] geliştirilmiş olan analitik gramerlere örnek olarak kabul edilebilecek olan bir çalışma bulunmaktadır. Bu örnekte Osmanlı dönemi nakış sanatında kullanılan desen ve semboller sentez edilerek biçim gramerleri belirlenmiştir. Parametrik desen çalışması için öncelikle Osmanlı döneminde kullanılan el sanatlarından nakış sanatının detaylı bir analizi yapılmıştır. Analiz çalışmasında çeşitli kaynaklardan desenler araştırıldığı gibi el işi zanaatının halen icra edildiği yörelerimizden Gaziantep'teki nakış ustalarıyla da röportajlar yapılarak bilgiler alınmıştır. Bu bilgiler ışığında nakış ustalarının desene nasıl baktığı, deseni biçime nasıl oturtulduğu ve Osmanlıda sıkça kullanılan simetriyi biçime nasıl yerleştirdikleri belirlenmiştir. Analizler sonucunda nakış ustalarının çalışma prensipleri günümüzde kullanılan dijital tasarım tekniklerinden çok farklı olmadıkları görülmüştür. Desen oluşturulurken yansıtma, döndürme, ölçek değiştirme gibi rotasyonları kullandıkları görülmüştür. Bu kullanılan teknikleri parametrikleştirebilmek için tasarımın biçim kelimeleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bu dönemde daha çok doğal objeler olan çiçek, yaprak, dal gibi nesnelere kullanılmış olduğunu görülmüştür. Osmanlı döneminde kumaşlarda ya da başka bir obje üzerinde kullanılan nakışların sarayın nakkaşhanelerinde üretilmesi ve zamanla desen üretmenin bir sistematığa oturtularak çoğaltılması biçim grameri mantığının temelini oluşturmaktadır. Desende kullanılan biçim kelimelerini bulabilmek için deseni olabildiğince temel bileşenlerine indirgemeye çalışmak gerekir. Desenlerde görünen bileşen elemanlar çiçek, yaprak, dal ve tomurcuklar olarak belirlenmiştir. Bu elemanlar arasında birinci derece eleman çiçek, ikinci derece eleman çiçekleri birbirine bağlayan dallar üçüncü derece elemanlar ise dallardaki yapraklar ve desene süs katan tomurcuklardır. Ayrıca desenler arasında zengin desen ve basit desen diye iki sınıflandırma vardır. Basit desenler yukarıda belirtildiği gibi birkaç çiçek, bu çiçekleri birbirine bağlayan dallarla ve dallar üzerindeki yapraklar ile oluşan desenlerdir. Zengin desenlerde ise desen içinde desen vardır. Çiçekler daha detaylıdır, yaprak içinde yapraklar vardır, dallar arasında zincirlenmeler oluşmuştur. Zengin desende de uygulanan kurallar basit desendeki ile aynıdır.

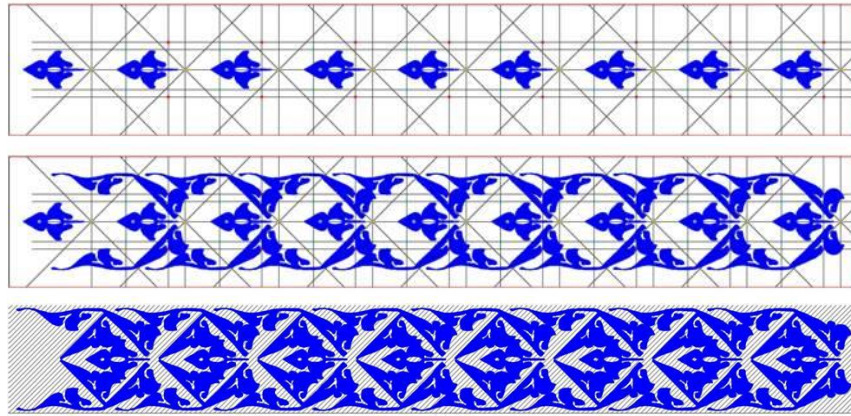
Bu sistemleri temel alarak geliştirilen bir örneğin oluşum aşamaları şu şekildedir.

Şekil 3.3'de görülen oluşturulacak desenin biçim kelimeleridir. Desen bu biçim kelimelerinin belirlenen kurallar çerçevesinde oturtulmasıyla oluşturulacaktır. Verilen kurallar dizgisi

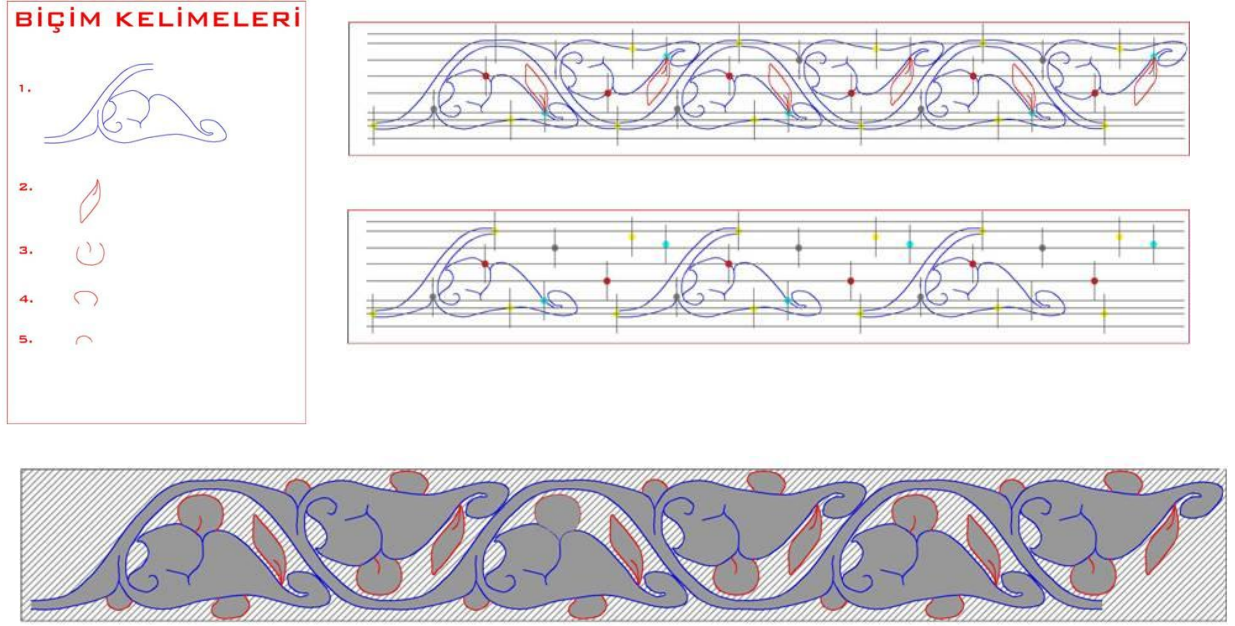
çerçevesinde biçim kelimelerinin sırayla yerleştirilme aşaması Şekil 3.4’de görülmektedir. Biçimler dönüşüm kurallarıyla türetilerek ana şekil oluşturulmaktadır. Ana şekli oluşturan biçim kelimelerini ve birleştirme kurallarını belirlenebilmesinden dolayı ana şeklin çeşitli varyasyonlarını oluşturulabilmektedir. Tasarımın parametrikleştirmiş olması sayesinde biçim kelimelerinde yapılan değişiklikler sonuç üründe değişikliklere yol açmaktadır. (Şekil 3.6)



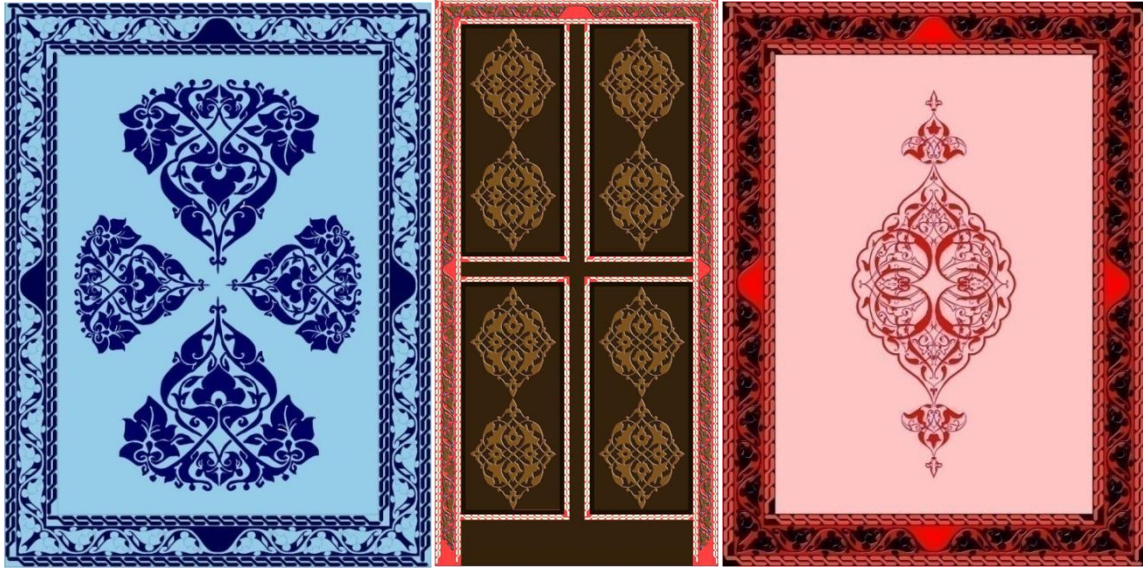
Şekil 3.3 Biçim Kelimeleri (Kutsal, 2007)



Şekil 3.4 Desenin Oluşturma Aşaması ve Sonuç Ürün (Kutsal, 2007)

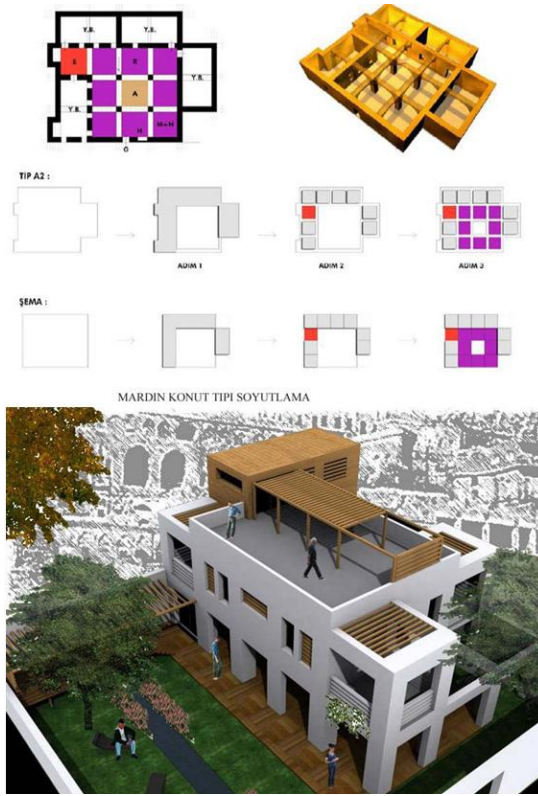


Şekil 3.5 Bir Başka Desenin Oluşturma Aşamaları (Kutsal, 2007)



Şekil 3.6 Biçim Gramerleri ile oluşturulmuş desenlerle üretilen tasarımlar (Halı ve Kapı işlemleri) (Kutsal, 2007)

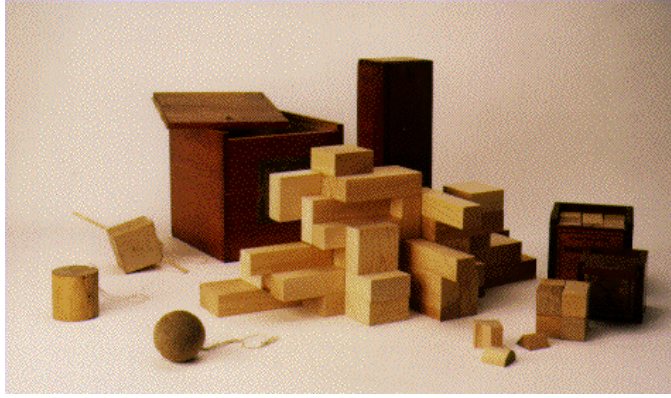
YTÜ Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Ortamında Tasarım Yüksek Lisans Programında yürütülen Gramer Tabanlı Tasarım Atölyesinde, “Mardin’de Yeni Konut Tasarımı” projesi bu yöntemle geliştirilmiştir. [36]



Şekil 3.7 Gramer tabanlı konut tasarımı, Mardin, YTU, Togay Özkaraduman [6]

Bu çalışmada yüksek lisans tez çalışması (Özbek, 2004) kapsamında belirlenen “Mardin konut grameri kuralları” tasarıma başlama noktası olarak kullanılmıştır. Bu kuralları inceleyerek Mardin de tespitlerde bulunan öğrenciler tasarım sürecinde iklim, mekân ilişkileri, malzeme, mekân kullanışlarını dikkate alarak yeni Mardin konutları için kendi tasarım kurallarını oluşturmuşlardır (Şekil 3.7) [36].

Özgün gramerlere örnek olarak Froebel Blokları verilebilir (Şekil 3.8, Şekil 3.10). Frederick Froebel’in anaokulu çocukları için tasarladığı ahşap bloklar ile oluşturulan gramerlere froebel blokları denmektedir. Bu bloklar, çocukların geometrik bilgisine ve soyut düşünme becerisine katkıda bulunmuştur.



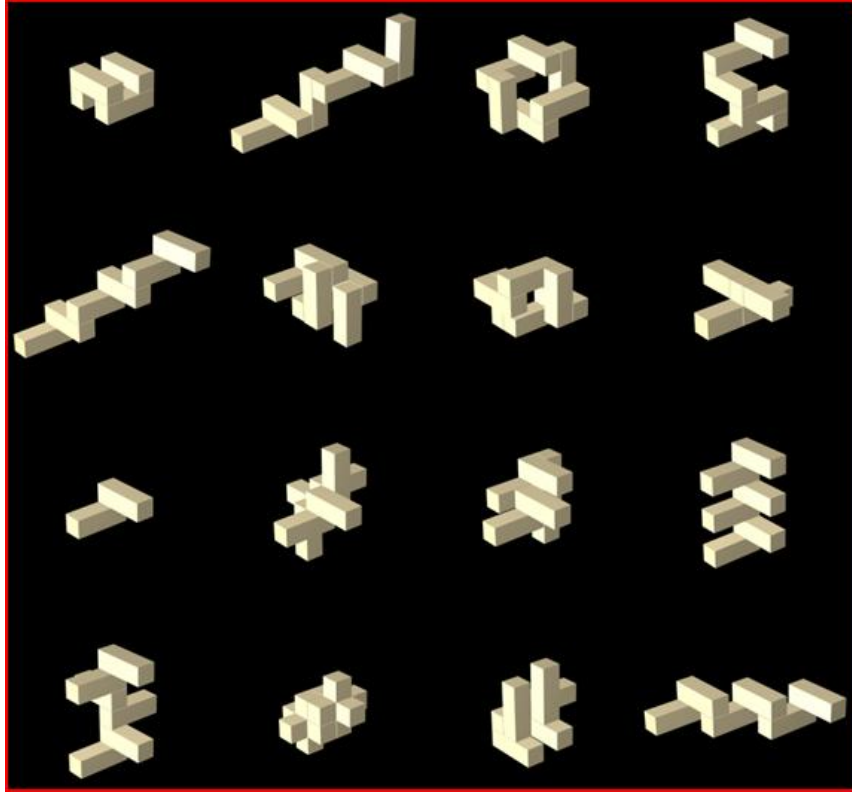
Şekil 3.8 Froebel Blokları [33]

Bu ahşap bloklarla oynayarak büyüyen çocuklardan biri de Frank Lloyd Wright'tır. Frank Lloyd Wright'ın yaptığı pek çok binaya baktığımızda bunun etkisini görmemiz mümkündür. Bunlardan en ünlüsü (şelalenin üzerine yapılmış olması ve organik mimarlığının en başarılı örneklerinden biri olması dolayısıyla) Şelale Evi'dir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Şelale Evi-F. L. Wright [34]

Biçim gramerlerinde bu blokların kullanılması 1980'de Stiny tarafından olmuştur.[32] 1x2x4 boyutunda olan ahşap dikdörtgenler prizmasını başlangıç biçimi olarak alınarak, bundan çeşitli biçim gramerleri türetmeleri yapılmıştır. Temel aritmetik ve Öklidsel dönüştürme kuralları uygulanmıştır. Bu türetmelerde simetri ilişkileri etkilidir. Oluşan biçim uzayı; eleman sayısına, kural sayısına simetri ilişkisine bağlıdır.



Şekil 3.10 Froebel Bloklarının Belirlenen Kural Çerçevesinde Türetilmesi [32]

Bu türetmeleri çeşitli programlar yardımıyla veya belli programlara programcılar ekleyerek yapmak da mümkündür. Buradaki biçim uzayı kullanılan programın ve programlama dilinin sınırlarına olduğu kadar, programcıyı yazan kişinin yazma amacına ve becerisine de bağlıdır.

Burada göz ardı edilmemesi gereken bir konu da seçim ve son üründür. Yapılan seçim tasarımcını beğenisine kalmıştır ve sezgiseldir. Son ürün ise türetilmiş formdan çok daha öte bir noktadadır. Matematik tabanlı soyut bir form -geometrik biçim- ile mimari bir form aynı değildir [31]. Dolayısıyla biçim gramerleri soyut bir form üretmeyi amaçlar. Türetilen formlardan birinin mimari bir mekâna veya herhangi bir fonksiyonlu tasarım ürününe dönüşmesi ise tasarımcının yeteneklerine ve seçimlerine bağlıdır. (Torus, 2005)

### 3.4 Performansa Dayalı Tasarım

Performansa dayalı tasarım, tasarımı oluştururken bina konfor koşullarının ve dışarıdan gelen fiziksel etkenleri göz önüne alarak tasarımı biçimlendirmek demektir. Bu dış etkenler rüzgâr,

güneş, akustik gibi etkenlerle birlikte yapının maliyet, strüktür ve sosyal yaşam gibi etkenlere göre de düzenlenebilir. Performansa dayalı tasarım tekniğinde ürün bilgisayar ortamında oluşturulmuş bir simülasyon ile oluşturulur. Bu simülasyona istenilen performans değerleri girilerek sonuç ürün şekillendirilebilir ya da düşünülen tasarımın etkileri görülebilir. (Lobsinger, 2000)



Şekil 3.11 Decoi'nin Geliştirmiş Olduğu "Aegis" Projesinin Yapım Aşaması [5]

Performansa dayalı sistemlere örnek olarak Decoi'nin geliştirmiş olduğu "Aegis" (Şekil 3.11) projesi verilebilir. Aegis, akışkan bir yüzey elde etmek adına üç boyutlu ekranların fiziksel hareketlerinden oluşan, uygulamalı olarak bilgi sistemlerinin yüzeyde dinamik değişkenliklere dönüşmesiyle sınırsız çeşitlilik sağlayan esnek bir mimari yüzeydir. Sistem, küçük metal plakalar, elektronik verilerle etkileşime giren kontrollü pnömatis bileşenlerden oluşur. Yüzey son derece dışa vurumcu bir yaklaşımla tasarlanmış ve organik bir görüntüye sahiptir. (Lobsinger, 2000)



Şekil 3.12 Aegis – Decoi [5]



Etkileşimli sistemlerin mekânsal yapılandırma için kullanıldıkları yüzey, üç boyutlu motiflerin ritim ve grafik olarak yayılması ile yüzeyi ikinci boyuttan üçüncü boyuta geçirmesi ile geçici bir medya aracı olmasını sağlar. Sistem gelişmiş prototipleriyle geniş bir matris olanağı sunar, bilgiyi forma dönüştürür. (Rahim, 20

Sistem, üretken algoritmik programlar kullanılarak üç boyutlu birtakım şablonların kopyalanması ile girdilerin grafik ve video görseline dönüşümünü sağlar. Hareket ve ses ile etkileşime geçen ve sayısız kombinasyonları ile akışkanlık yaratan bu “dijital deniz”, aynı zamanda görsel bir enstrüman olarak da kullanılmaktadır. [27]

### 3.5 Animasyon Teknikleriyle Tasarım

Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre canlandırma anlamına gelen animasyon mimariye önceleri bir sunum özelliği olarak girmiştir. Animasyon ile bilgisayar ortamında iki boyutlu çizimler ya da üç boyutlu modeller kullanılarak hareketli görüntüler oluşturulabilmektedir. Teknik olarak bu hareketli görüntüler aslında sabit görüntü karelerinin sırayla belirli bir hızda gösterilmesiyle elde edilir. İnsan gözü saniyede minimum 16 kare görmesiyle görüntüyü hareketli olarak algılayabilmektedir. Ortalama bir animasyonda ise ortalama saniyede 24 kare kullanılmaktadır.

Animasyon tekniği, önceleri mimarlıkta projenin tasarımı ve modellenmesi bittikten sonra mekânın daha iyi anlatılması amacıyla bir sunum tekniği olarak kullanılmaktaydı. Halen animasyon mimarlık dünyasında genel olarak bu amaçla kullanılmaktadır. Ancak araştırmacı mimar Greg Lynn animasyonu tasarıma yardımcı bir teknik olarak kullanılabilirliği konusunda bir takım araştırmalar yapmıştır. Lynn “Animate Form” kitabında animasyonun mimariye hareketi ve dolayısıyla zamanı eklemesi yönünden dördüncü boyuta ulaşıldığından bahsetmiştir (Lynn, 1999). Lynn zamanın tasarıma katılmasıyla hareketin tasarımda belirleyiciliğinin önemini vurgulamıştır. Greg Lynn kitabında animasyon ile oluşturulacak tasarımın dış etkenler karşısındaki davranışını önceden algılayabileceğimizi dolayısıyla tasarıma bu yönde bir kritik getirebileceğimizi anlatmıştır.

Animasyon teknikleri ile bilgisayar ortamında oluşturulmuş simülasyonlara dinamik bir yapı sistemi kazandırılmış olur. Animasyon ile tasarımda kullanılan kartezyen koordinat sistemine doğal, gerçekçi bir ortam eklenmiş olur. Örneğin bir gemi tasarımında sudaki akıntının yönü, şiddeti, türbülans ve suyun yoğunluk derecesi gibi değerler simüle edilir. Oluşturulan simülasyonlara hareketlilik katılarak geminin tepkisi animasyonla ölçülebilmektedir. Dış etkenler karşısındaki geminin tepkisini görmek ve tasarımı o yönde geliştirmek faydalı olacaktır. Oluşturulan form hareket ederken vereceği tepkileri önceden sezebilmek ancak iyi simüle edilmiş bir animasyonla gerçekleştirilebilmektedir. Dış etkenlerin fiziksel form için önemsiz olduğu ortam ancak statik koordinat sisteminde olacağından dolayı tasarım için dış etkenler oldukça önemlidir. (Andritsos, Juan, 2000)

Yapı örneği için ise deprem karşısında vereceği tepkiler animasyonla rahatlıkla görülebilir. Simülasyona depremin yönü, şiddeti, yapıya uzaklığı gibi parametrik değerler girilerek yapının tepkisi animasyonda ölçülebilir ve bu tepkilere karşı önlem alma şansı doğar. Animasyon ile özellikle çok katlı yapılar için deprem, rüzgâr, gibi dış etkenler karşısında yapının vereceği tepkiyi önceden görebilmek büyük avantajdır. Tasarım aşamasında formu bazı dış etkenlere göre tasarlamak içinde animasyon teknikleri kullanılabilir. Örneğin rüzgârın akış yönüne göre yapıyı biçimlendirmek ve böylece yapının havalandırmasını sağlamak için animasyon teknikleri kullanılır. Bernhard Franken'in tasarlamış olduğu Frankfurt kentindeki BMW pavyonu, BMW 7 serisi arabanın yapının içinden geçmesi ile havada oluşan sirkülasyonu modellenerek form oluşturulmuştur (Şekil 3.13). Havada oluşan sirkülasyonun tasarımda kullanılması animasyon teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. (Kolarevic, 2003)



Şekil 3.13 Bmw Pavyonu - Bernhard Franken [7]

Parametre olarak kabul edilen ışık, rüzgâr, yağış ve ses gibi dış etkenler karşısında yapının davranışının öngörülebilmesi dijital tasarım tekniklerinden animasyon tekniklerinin en büyük avantajıdır. Performansa dayalı tasarımda kullanılan tepkimeli sistemler simüle edilir ve animasyon ile tepkisi ölçülür. Tepkimeli sistemlerde kullanılan parametreler karşısında oluşturulan tasarımın davranışı ancak animasyon ile görülebilmektedir.

Lynn bilgisayar ile oluşturulan tasarımın, bilgisayar ile oluşturulan sunumdan farkını üç önemli özellik ile vurgulamaktadır. Bunlar topoloji, parametre ve zamandır. Bu şekilde gösterilen bir yaklaşıma göre ise zaman ve hareketin tasarıma katılabilmesi için animasyon tekniklerinin bir tasarım teknolojisi olarak tasarım sürecine katılması gerekliliğini vurgulamaktadır.

#### 4. DİJİTAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Bilgisayar ortamında oluşturulan çizimlerde bilgisayar çizimdeki her noktayı, çizgiyi ve katı modeli ayrı ayrı eleman olarak görür ve bu elemanlarda modifikasyon yapma olanağı sağlamaktadır. Bu yüzden uzun süren teknik çizim süreleri kısalmıştır. Çizim süresinin kısılmasıyla birlikte çizimlerde oluşan teknik hata payı düşürülmüştür. Bu pencereden yola çıkarak bazı araştırmacılar sadece çizimi değil tasarımın da bilgisayar ortamında yapılabilişliğini araştırmışlardır. Ancak geleneksel sistem ile çalışan mimarlar tasarımı sadece bilgisayarda değil, elle dokunarak, hissederek oluşturmak istemişlerdir. Fiziksel bir maketin tasarımı okumak açısından daha iyi olacağını düşünmektedirler. Bununla birlikte bilgisayar ortamında oluşturulmuş organik formlu tasarımların geleneksel yöntemlerle üretilmesinin sonuç ürünün oluşmasında, hem süre uzunluğu olarak hem de hata payının yüksek olması gibi bazı negatif sonuçları vardır. Bu aşamada yine teknoloji devreye girerek “dijital üretim araçları” kavramını ortaya çıkarmıştır. Sadece mimaride değil diğer disiplinlerde de ihtiyacın büyük olduğu dijital üretim araçları, bilgisayar ortamında oluşturulmuş sayısal veriyi fiziksel ortamda çeşitli yöntemlerle ürettirebilmektedir. (Seely, 2004)

Dijital üretim sistemlerinde çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerin kullanım esası oluşturulmuş olan tasarıma bağlıdır. Tasarımın aşağıdaki özelliklerine göre dijital üretim aracı seçilir. Bunlar:

1. Tasarımın iki ya da üç boyutlu olması,
2. Tasarımın büyüklüğü,
3. Ürettirilecek tasarım sayısı,
4. Malzemesi,
5. Yapıda kullanılıp kullanılmayacağı

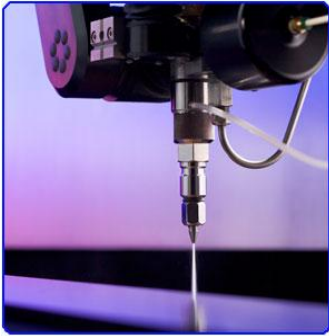
Tez kapsamında bu çerçeveden bakarak öncelikle dijital üretim araçları daha sonra ise dijital üretim teknikleri anlatılacaktır.

#### 4.1 Dijital Üretim Araçları:

Dijital üretim araçları genel olarak CNC olarak bilinmektedir. Açılımı ise sayısal ortamda oluşturulan tasarımı makineye okutturarak, makinenin insan gücü olmadan üretim yapabilmesidir. Branko Kolarevic dijital üretim yöntemlerini dört başlık altında sınıflandırmıştır (Kolarevic, 2003). Bunlar:

- İki boyutlu üretim sistemleri,
- Çıkarma işlemine dayalı üretim sistemleri,
- Ekleme işlemine dayalı üretim sistemleri,
- Biçimlendirmeye dayalı üretim sistemleri

##### 4.1.1 İki Boyutlu Üretim Sistemleri

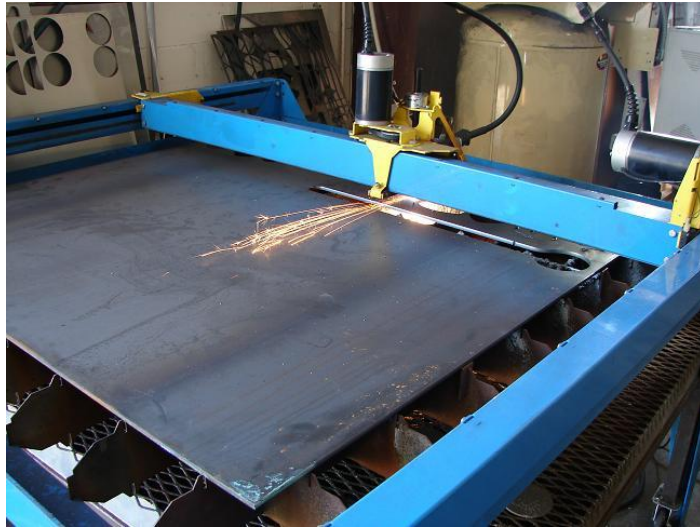


Şekil 4.1 Su Jeti [8]

İki boyutlu üretim araçlarında ana özellik kesimdir. Yani genellikle belirli kalınlıktaki iki boyutlu kabul edilebilen bir malzemenin makineye yüklenen sayısal veriye göre çeşitli yöntemlerle kesilmesi tekniğidir. Bu tekniklerde lazer ışını, su jeti, plazma-arc ve çeşitli kesici uçlu metaller (elmas) kullanılmaktadır. Lazerin temeli atom veya molekül enerji düzeyleri arasındaki elektron geçişleri ile oluşan ışık fotonlarına dayanır [35]. Işın fotonlarının dalga boyu (foton sayısı) değerlerine göre lazerin kesici özelliği oluşmaktadır. Belirli seviyede radyasyon oluşturan sistem doğadaki birçok maddeyi kesebilecek kadar güçlüdür. Su jeti ise yüksek basınçlı su ile malzemeyi aşındırma mantığıyla kesim yapmaktadır (Şekil 4.1). Suyun ince bir kanaldan çok yüksek basınç verilmesiyle çalışan sistem çelik dâhil doğadaki her malzemeyi kesebilmektedir. Plazma-arc ise gaz esaslı bir kesim sistemidir(Şekil 4.3). Yüksek ısıdaki gazın bir ağızlıktan geçirilmesiyle eritme ya da yanma ile oluşturulan bir üretim sistemidir. Yüksek basınçlı iyonize edilmiş gazlar ve elektrotlar kullanılır. Gazlar dar ve derin bir ağızlıktan geçirilerek enerji yoğunlaşması sağlanır ve yoğunlaşan enerji malzemeye verilerek kesim işlemi yapılır.

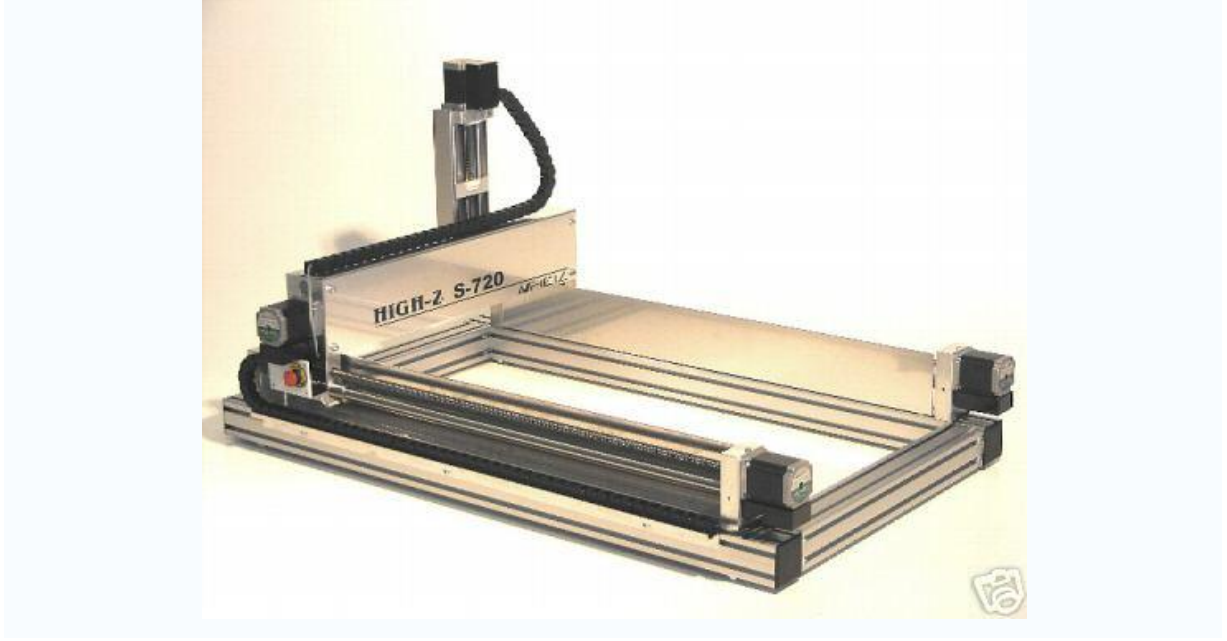


Şekil 4.2 Lazer kesici ile iki boyuttan üç boyuta oluşturulmuş bir dijital üretim örneği [9]

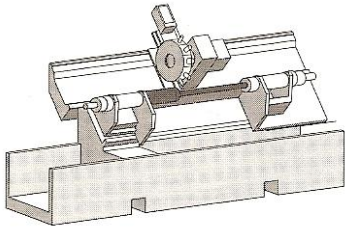


Şekil 4.3 Plasma-Arc Kesici [10]

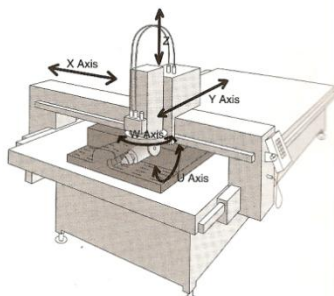
Kesici uçlu metallerde ise ana mantık her zaman sert olan malzeme yumuşak olanı keser. Bu bütün malzemeler için geçerlidir. Elmasın doğadaki en sert madde kabul edilmesinden dolayı genellikle bu malzeme kullanılır. Elmasın endüstride kullanılan çeşidine sanayi elması denir. Rengi ve biçimi açısından kıymetli taş olarak kabul edilemeyen ve sanayide çeşitli maksatlarla kullanılan elmaslardır.



Şekil 4.4 İki Akslı CNC Kesici [11]



Şekil 4.5 İki Akslı CNC Kesici (Kolarevic,2003)



Şekil 4.6 Beş Akslı CNC Kesici (Kolarevic,2003)

#### 4.1.2 Çıkarma İşlemine Dayalı Üretim Sistemleri

Dijital üretim yöntemlerinden çıkarma işlemine dayalı üretimin çalışma prensibi ana malzemedен eksiltme yöntemi uygulanarak yapılan biçimlendirmedir. Eksiltme yönteminde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar elektronik, kimyasal ve mekanik azaltma yöntemleridir. (Kolarevic, 2003)

Çıkarma işlemine dayanan dijital üretim iki boyutlu kesim sisteminden çok farklı değildir. İki boyutlu kesim sistemlerinde kullanılan makineler iki akslıdır (Şekil 4.5). Kesim ucu belirli mesafeler sınırları içerisinde sadece x ve y koordinatları doğrultusunda hareket eder. Çıkarma işleminde ise bir de z koordinatı eklenmiştir. Böylece üç eksen doğrultusunda hareket ederek üç boyutta kesim yapabilmektedir. Ancak üç akslı CNCler de bütün formları oluşturamamaktadır. Bu aşamada özellikle araba ve uçak endüstrisinde kullanılan dört, beş ve altı akslı CNCler ortaya çıkmıştır (Şekil 4.6). Çok sayıda aksı olan kesicilerin özelliği aslında üç

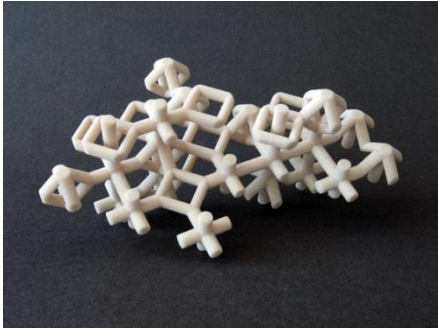
akslılar ile aynıdır. Ancak bu sistemlerde akslarda dönme imkânı da verilebilmektedir. Altı akslı kesiciler bu sistemdeki en gelişmiş araçlardır. Organik formlu olan tasarımların büyük bölümünü tek seferde ürettirebilmektedirler. Üretim aşamasında özellikle mimaride büyük parçalar kullanılması ihtiyacından dolayı farklı sistemler bir arada kullanılması gerekmektedir. Mimaride Bernard Franken'in BMW Pavyon'u için tasarladığı "Bubble" (1999) ilk örneklerdendir. Bubble projesinde çift yönlü eğrilerden meydana gelmiş karmaşık eğri çizgisel yüzeyli cam elemanlar kullanılmıştır. [7]

### 4.1.3 Ekleme İşlemine Dayalı Üretim Sistemleri



Ekleme işlemine dayalı üretim kesme ve çıkarma işlemine dayalı dijital üretimlerden oldukça farklıdır. Ekleme işleminde üç çeşit sistem vardır. Birincisi objeyi belirli kalınlıkta katmanlar ekleyerek (layer) oluşturan katman ekleme metodudur. İkincisi ise kontur işleme metodu olarak geçen stereolitografidir. Üçüncüsü ise malzemenin eriyip bir kalıp içerisinde tekrar donmasıyla oluşturulan döküm yöntemidir. (Kolarevic, 2003)

Şekil 4.7 Z-Corp Printer [12]



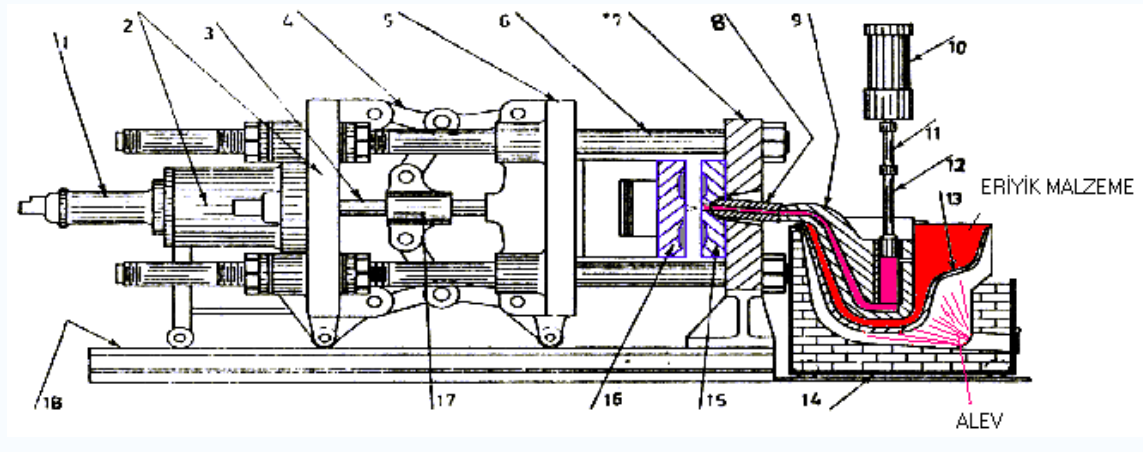
Şekil 4.8 Z-Corp Printer ile Üretilmiş Bir Örnek

Katmanlı üretim çoğunlukla hızlı prototiplendirme sistemlerinde kullanılan pahalı ve sınırlı bir yöntemdir. Bu sistemde üç boyutlu yazıcılar kullanılmaktadır. Z-Corp Printer (Şekil 4.7) olarak ismi geçen bu yazıcılar dijital ortamda hazırlanan modelleri 0.1 mm'lik hassasiyete sahip katmanlar halinde tozları üst üste ekleyerek modeli fiziksel olarak üç boyutlu şekilde ortaya çıkarır. Sınırlı boyutlar çerçevesinde her türlü formu oluşturabilmesi gibi avantajları bulunmasına rağmen

oldukça uzun süren bir üretim süresi ve yüksek maliyetinden dolayı kullanıma yönelik değil de ilk örnek (prototip) oluşturma aşamasında kullanışlı bir sistemdir. Renkli ya da renksiz üretebilen sistemleri bulunmaktadır (Şekil 4.8). [28]



Stereolitografi ilk olarak matbaacılıkta iki boyutlu baskı için kullanılan daha sonraları ise üç boyutlu üretim için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, bir lazer kaynağından elde edilen ışık enerjisi ile sıvı halde bir kaptaki birikmiş olan fotopolimer<sup>5</sup> yüzeyinin taranmasıyla gerekli kısımlar kür edilerek sertleştirilir. Bir katman bittikten sonra parçanın bulunduğu platform (elevatör) katman kalınlığı kadar aşağı indirilir ve bir kanat yardımıyla yeni bir kat sıvı fotopolimer kaplanır. İnşa bittikten sonra platform yukarı çekilir ve manuel olarak destek sütunları kopartılır. Çoğunlukla ulaşılan ilk kür derecesi yeterli olmadığından parça bir süre daha özel bir fırında UV (morötesi) lamba ışığı altında bekletilerek kür reaksiyonunun tamamlanması sağlanır. Bu teknik İngilizce'de "postcuring" olarak adlandırılmaktadır. [29]



Şekil 4.9 Kontur İşleme Tekniğiyle Sıvı Döküm Makinesi (Ay, 2004)

<sup>5</sup> Fotopolimer, ışık enerjisine maruz kaldığında kimyasal reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen bir tür polimerdir.

Döküm yönteminin çalışma prensibi erimiş metali çelikten yapılmış bir kalıba dökerek boşluğun doldurması şeklindedir (Şekil 4.9). Erimiş malzeme kalıba yüksek basınçla dökülür. Katılaşma sona erinceye kadar basınç uygulanmaya devam edilir. Hızlı soğuma nedeniyle parçaların mukavemeti yüksek olur. Genellikle çok sayıda ve küçük parça üretimi için kullanılmaktadır. Kalıp tekrar tekrar kullanılabilir. Kalıp malzemesi özel çeliklerden ve dökme demirden yapılır. Katmanlı üretim sisteminin aksine bu sistemin üretim maliyeti oldukça düşük olmasına rağmen elinizde bulunan kalıp çeşitliliği sınırında üretim yapabilmektedir. Bu yüzden seri üretime uygun olan parçaların üretiminde kullanılmaktadır (Ay, 2004).

#### 4.1.4 Biçimlendirmeye Dayalı Üretim Sistemleri

Biçimlendirmeye dayalı üretim malzemenin çeşitli fiziksel dış güçler ile biçiminin bozularak oluşturulan bir dijital üretim sistemidir. Malzemenin eğilip bükülmesini ısı (Şekil 4.10), mekanik güçler (Şekil 4.11) veya buhar sağlar. Malzemeyi eğerek oluşturulan sistemlerde malzeme seçimi önemli bir etkidir. Eğilebilme değeri olan malzemeler ancak bu sistemde kullanılabilir. Isı sistemi demir, çelik, bakır, alüminyum gibi malzemelerin, yeterli biçimlendirme sıcaklığına kadar ısıtılarak bükme, delme, yığma, yayma, dövme ve kalıpta biçimlendirilmesi sistemine dayanmaktadır. Buhar ise daha yumuşak malzemeler için kullanılır. Örneğin plastik esaslı malzemelerin eğilerek biçim verilmesinde bu sistem oldukça uygundur.



Şekil 4.10 Isı ile Eğim Yapan Makine [13]



Şekil 4.11 Eğme Makinesi [14]

Mimaride, dijital üretim sistemleri için teknoloji çok önemli olmasına rağmen sadece bu araçları kullanmak yeterli değildir. Teknolojide kullanılan araçların üretim çapları, makinelerin boyutları kısıtlı olmasından dolayı yapı ölçeğinde kullanabilmek için bazı üretim teknikleri gerekmektedir. Bu teknikleri Branko Kolarevic şu şekilde sınıflandırmıştır; (Kolarevic, 2003)

1. Uygulama teknikleri
2. Yüzey teknikleri
3. Üretim teknikleri
4. Malzeme seçimi

#### **4.2 Uygulama Teknikleri**

Tez kapsamında önceki bölümde dijital yöntemlerle yapılan üretim teknolojilerinden bahsedilmiştir. Bu bölümde üretilen parçaların yerlerine yerleştirilmesi ve montaj işlemlerine yönelik tekniklerden bahsedilecektir.

Dijital üretim yöntemleri ile yapılan üretimlerde üretilen parçaların montajlanabilmesi için çeşitli kriterler bulunmaktadır. Bunlar;



Şekil 4.12 Philibert De L'Orme's Pavyonu (Objectile) (Kolarevic,2003)

1. Parçaların kolayca tanımlanabilir olması,
2. Parçaların kolayca yerleştirilebilir olması,
3. Parçaların birbirlerine bağlantı noktalarının özelleştirilmiş olması

Parçaların birbirine yönelik bağlantı noktalarının özelleştirilmesi ile puzzle örneği gibi bir parça sadece bir noktaya takılabilir ve böylece yanlış konumlandırma olasılığı sıfıra indirgenmiş olur. Özellikle birbirine benzer çok parçalı üretimlerde bu tekniğin kullanılması faydalıdır. Parçalar arasındaki görsel ve fiziksel farkları artırmak da montaj işleminde kolaylık sağlayacaktır. Oluşturulan parçalarda asimetriyi kullanmak özellikle iki boyutlu parçalar için ters-düz sorununun çözümünde faydalı olacaktır. Bu yöneme örnek olarak Objectile isimli mimari ofisin tasarlamış ve üretmiş olduğu Philibert De L'Orme pavyonu (Şekil 4.12) verilebilir. Bu pavyon 45 ayrı panelden ve 180 çeşit birleşme noktasından oluşmuştur. Bununla birlikte özdeş olan parçalarda birleşme biçimlerinde kullanılan, simetri ve bağlantı noktalarını aynı olması üretimde hızı artırır.

Mimaride yapı ölçeği büyüyüp, bileşenler küçüldükçe bileşen sayısı artacaktır. Bileşenlerin sayısı fazlalaşınca özellikle de bileşenler özerk biçime sahipse birleşim noktalarının farklılaşmasının çok büyük bir faydası olmayacaktır. Birleşim noktalarını farklılaştırmak ancak kısıtlı sayıda parçadan oluşan kütleler için kolaylık sağlayacaktır. Bileşen sayısı fazla ise barkotlama sistemi kullanılmalıdır. Geleneksel üretim yöntemlerinde yapı, proje üzerinden ölçüm yapılarak çeşitli ölçü aletleri ve teknikleri ile üretim yapılır. Barkotlama sisteminde ise

üretileen her parçaya bir kimlik gibi kodlama işlemleri yapılır. Bu kodlar dijital ortamda oluşturulan GPS sistemi ile okutulurak dijital ortamda yerleri belirlenir. Daha sonra parçalardaki kodlara göre hangi parçanın koordinat sisteminde nerede olacağı CATIA gibi yazılımlar hazırlanmış olan modellerden okutulurak yerlerine yerleştirilir. Örnek olarak Frank Gehry'nin Berlin'de yapmış olduğu DG Bank projesi (Şekil 4.13) ya da Guggenheim Müzesi verilebilir. DG Bank projesindeki üst örtü benzer ancak aynı olmayan bileşenlerden üretilmiştir. Böyle bir üretim için sadece birleşim yöntemlerini farklılaştırmak yeterli olmayacaktır. Aynı zamanda iç kısımda oluşturduğu kabuk da tamamen özerk parçalardan üretilmiştir. Guggenheim projesinin yapımında ise cetvel ölçümü gibi teknikler kullanılmamış tamamen lazer konumlama ve GPS sistemleri kullanılmıştır.



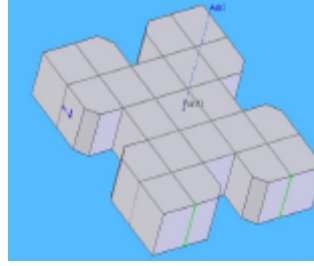
Şekil 4.13 DG Bank (Frank Gehry) [15]

Dijital tasarım ve üretimde olduğu gibi montajlama sisteminde de disiplinler arası bir çalışma sistemine ihtiyaç vardır. Geleneksel mimaride yapıyı oluşturmak için mimar, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi ve makine mühendisi gerekiyorken, gelişen teknoloji ile günümüz mimarisinde farklı disiplinlere de (bilgisayar, elektronik vs...) ihtiyaç duyulmaktadır.

### 4.3 Yüzey Teknikleri

Günümüzde kullanılan bilgisayar destekli üretim teknolojilerinin gelişmesiyle her türlü iki boyutlu ya da üç boyutlu objeleri ürettirebilir hale gelinmiştir. Ancak üretim nesnenizin ölçeğine ve çözünürlüğüne göre tasarımınızın ürettirilebilmesi uzun sürebilmektedir. Üretim süresinin artması da işçilik süresini artıracığından dolayı maliyeti artırmaktadır. Yapım ve üretim endüstrisinde ürünü en kısa sürede ve en ucuza mal edecek şekilde olması önemlidir. Bütün üretim endüstrilerinde ürünün üretiminde basitlik, ucuzluk ve hızlı üretim önemlidir. Örneğin Lego'lar küçük parçalardan oluşan ve bu parçaların birleştirilmesiyle sonuç ürün elde edilen bir tür çocuk oyuncaktır. Lego'da genellikle plastik esaslı malzemelerden oluşan parçalar kullanılır. Özellikle plastik maliyeti çok ucuz ve biçimlendirilmesi çok kolay bir malzemedir. Bu yüzden bu tür oyuncakların fiyatları çok yüksek değildir. Çocuklar Lego parçalarını kullanarak hayal güçleri sınırlarındaki her türlü objeyi parçaları birleştirerek oluşturabilirler. Mimarlıktaki dijital üretim teknolojilerin kullanılmasında da bu sistem çok önemlidir. Örneğin bir yapının üst örtüsü boyut olarak büyük olduğundan bu büyüklükte malzeme bulmanız zor ve pahalıdır. Ancak Lego'daki gibi örtüyü bileşenlerine ayırdığımızda hem seri üretim yöntemlerini kullanılabilir hem de daha küçük parçalarla üretim yaptığımız için malzeme bulmak kolaydır. Ayrıca küçük parçaların dijital üretim araçlarıyla üretilmesi üretim makinelerinin belirli limitleri olmasından dolayı daha kolaydır.

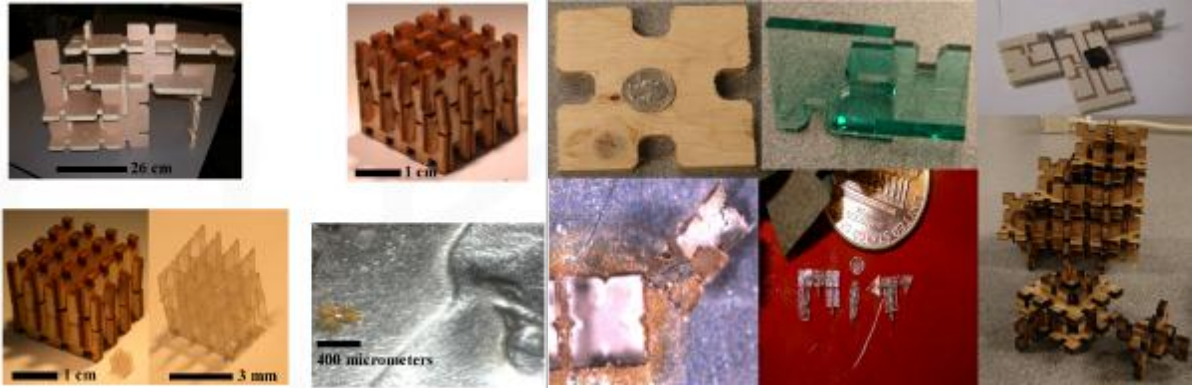
Dijital üretim tekniklerinde nesneyi bileşenlerine ayırarak üretim yaptırmanın birçok avantajı vardır. Malzemeyi bileşenlerine ayırarak birçok farklı bileşeni kendinden montajlı olarak tasarlayıp ürettirebiliriz. Bu sayede parçaları birleştirmek daha kolay olur. Farklı birleşim teknikleri kullanarak sonuç ürünün oluşturulmasında hata payı en aza indirilir. Ancak üretim sürecini kısaltmak ve kolaylaştırmak için öncelikle bir montajlama programı oluşturmak gerekmektedir. Çünkü oluşturulan bileşenler bir puzzle gibi farklı boyutlarda olmasından dolayı bileşenleri kodlayıp, bu kodlar doğrultusunda montaj işlemi yapılabilir.



Şekil 4.14 GIK (Grace's Invention Kit) Projesi (Popescu, Mahale, & Gershenfeld, 2006).

George A. Popescu dijital üretim teknikleriyle oluşturulacak nesnenin aşağıdaki özellikleri sağlaması gerektiğini savunmaktadır (Popescu, Mahale, & Gershenfeld, 2006). Bunlar:

- Bütün bileşenlerin daha küçük belirli geometrik formlara bölünebilmesi,
- İki bileşenin sınırlı sayıda bağlantı ile form oluşturabilmesi,
- İki bileşen arasındaki bağlantının ters-yüz edilebilmesidir.

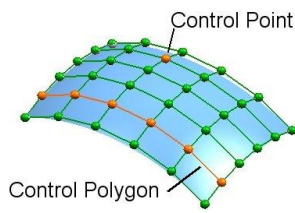


Şekil 4.15 Bileşenlerin Farklı Birleştirme Yöntemleriyle İlk Biçimden Daha Farklı Biçimler Oluşturulabileceği Örnekler (Popescu, Mahale, & Gershenfeld, 2006).

Şekil 4.14 de görülen GIK (Grace's Invention Kit) projesinde bir dijital malzeme örneği görülmektedir. GIK tuğlaları şekilde görülebildiği gibi iki boyutlu kesim için belirli parçalara bölünmüştür. Şekilde de görülebildiği gibi parçaların kolayca birleştirilebilmesi için birbirine olabildiğince eş değer parçalara bölünmüştür. Bölümlenmelerde önemli olan arada boşluk kalmayacak şekilde birleştirilebilmesine olanak sağlayacak şekilde bölünmesidir. Şekilde de görüldüğü gibi iki bileşen arasındaki birleşme alanı oldukça geniş ve boşluksuz olarak bölünmüştür. Şekil 4.15 de bu bileşenlerin farklı birleştirme yöntemleriyle ilk biçimden daha farklı biçimler oluşturulabileceği örnekler mevcuttur. Şekil 3te ise aynı bileşenlerin

farklı malzemelerle oluşturulmuş örnekleri görülebilmektedir.

Dijital teknolojilerin kullanıldığı yapılarda yapı kabukları tasarlanırken oluşturulan eğrisel yüzeyler (NURBS – Non Uniform Rational B-Spline) dijital ortamlarda üretilip yine dijital ortamlarda manipüle edilmektedir. Eğrisel yüzeylerin dijital ortamda üretilmesinin sebebi sadece estetik kaliteyi artırması amacıyla değil, aynı zamanda mimari ve geometrik karmaşıklığın çözülmesinde de faydalı olmasındandır. Bu yüzden yapıların dış yüzeyinin (kabuk) NURBS sistemi ile çalışan yazılımlar ile tasarlanması önem kazanmıştır. (Şekil 4.16)

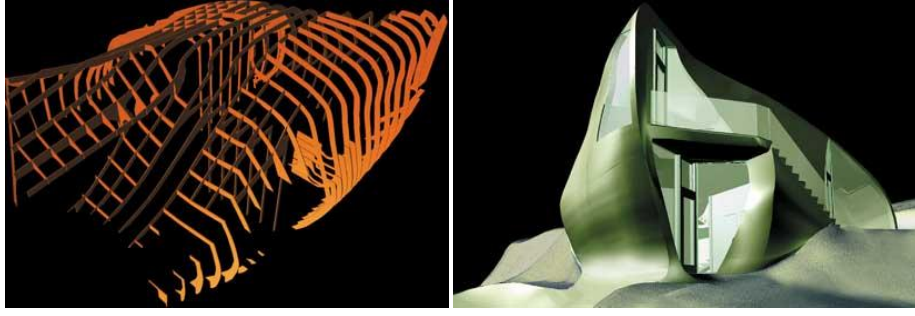


Şekil 4.16 NURBS - Non Uniform Rational B-Spline [16]

Geometrik karmaşıklığın üretilebilirliğinin yenilikçi dijital projelerde araştırılması kabuk yapısının yeniden düşünülmesine sebep olmuştur. Yapılardaki kabuk düşüncesi yapı örtüsü oluşturulmasındaki öneminin artmasına ve kabuk birleşim detaylarının tekrar düşünülmesine sebep olmuştur. Yapı örtüsünün bir kabuk olarak düşünülmesi ile taşıyıcı sistem bu örtüye gömülmüştür. Böylece kabuk sadece bir mimari öge değil aynı zamanda taşınması gereken bir konstrüksiyondur. Bu düşüncenin

ana fikri mimari eleman ve taşıyıcı elemanları bir elemana dönüştürmek ve kendini farklı bir elemana ihtiyaç olmadan taşıyan bir objeye dönüştürmektir. Bu fikir de daha önce yapılarda pek kullanılmayan yeni malzeme araştırmalarına yol açmıştır (yüksek ısıdaki köpük, kauçuk, plastik, kompozit vs.). Araştırmacı Joseph Giovanni'ye göre taşıyıcı örtü fikri sadece yeni malzeme araştırmalarına yol açmamış, aynı zamanda yapının statik sisteminin devamlılığını sağlayacak eğrisel ya da katlanan geometri araştırmalarına sebep olmuştur. Kabuk tek başına bir taşıyıcı olması yeni geometrilerin ortaya çıkmasına, yeni geometrilerde yeni malzemelerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Örnek olarak, Kolata ve Mac Donald'ın Raybould House projesinde (Şekil 4.17) yapı CNC'de kesilmiş yumurta sandığı şeklindeki kalıplar poliüretan köpük sprey ile doldurularak strüktür oluşturulmuştur. Daha sonra yumurta sandığı şeklindeki kalıplar çıkartılınca donmuş olan poliüretan köpük istenilen formu oluşturmuştur. (Kolarevic, 2003)





Şekil 4.17 Raybould House - Kolatan, Mac Donald [17]

Yapıdaki kabuk ve strüktürün aynı malzeme üzerine birleştirilmesi ile malzemeye bazı teknik sistemler yerleştirilebilir. İnce katmanlar halinde oluşturulmuş yapı malzemesi olarak kullanılan bu yeni malzemeler otomotiv, uçak ve gemi üretim endüstrilerinde kullanılmaktadır ve uzun ömürlü olması dolayısıyla tercih edilmektedir. Örnek olarak uçak üretiminde uçağın iskelesini oluşturan yapı alüminyum alaşımlı malzemelerden oluşmaktadır ve bu iskelet alüminyum kabuklarla kaplanmıştır. (Andritsos, F., & J. P.-P., 2000)

Mimaride ise Future Systems tarafından tasarlanan Londra Lord's Cricket Ground'daki NatWest Media merkezi (Şekil 4.18) örnek olarak verilebilir. Bu merkezin yapımında alüminyum malzeme kullanılmıştır. Alüminyumun malzeme olarak seçilme sebebi ise paslanmazlığı, su geçirmezliği ve yüzey olarak biçimlendirmeye elverişli olmasından kaynaklanmaktadır. Buradaki kabuk aynı zamanda taşıyıcı olmasından dolayı başka bir strüktür çerçevesi ve kaplamaya ihtiyaç duyulmamaktadır. 12 mm incelikteki kabuk CNC makinesi ile üretilmiştir. (Kolarevic, 2003)

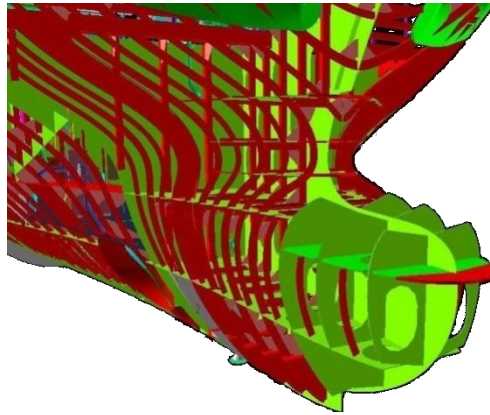


Şekil 4.18 NatWest Media Centre - Future Systems [18]

Eğrisel kabuk üretiminde uygulama teknikleri geometrik karmaşıklıklarına ve seçilen malzemenin dirençlerine bağlıdır. Böylece tasarımdaki biçimlerin çözümlenmesi önem kazanmaktadır. Dijital tasarım teknikleri ve gelişen teknolojiler ile mimarlar geometri denetimini sağlayabilir ve yapı maliyetinin düşürülmesi imkânı sağlar.

#### 4.4 Üretim Teknikleri

İki boyutlu üretim araçları üretim tekniklerinde genellikle kontur işleme, üçgenlere bölmek veya düzenlenebilir yüzeyler oluşturmak için kullanılmaktadır. Bütün tekniklerde ana amaç formu oluşturan kütleyi iki boyutlu daha basit geometrilere indirgemektir. İki boyutlu üretim yapan sistemlerin en büyük amacı karmaşık geometrilere sahip olan üç boyutlu formları, üç boyutlu üretim yapan araçlara göre daha ucuz bir sistem olan iki boyutlu üretim yapan araçlara ürettirebilmektir. (Schodek, Bechthold, Griggs, Kao, Steinberg, 2005)



Şekil 4.19 Gemi Taşıyıcı Kaburgası

Kontur işleme yönteminde genellikle yapısal bileşenleri oluşturan düzlemsel kesitlerin birbirine paralel olarak bir araya getirilmesi şeklinde oluşur. Kontur işleme tekniği bir modelleme yazılımı ile oluşturulur. Birbirine paralel düzlemsel kesitler belirli bir düzen içerisinde sıralanır. Kontur işleme yönteminin konsept olarak en çok kullanıldığı yer gemi inşaat tekniklerinde geminin ana kaburgasında kullanılmaktadır. Geminin taşıyıcı omurgası oluşturan iskelet düzlemsel kesitlerin belirli bir sıraya göre bir araya getirilmesi ile oluşturulur. (Şekil 4.19)



Şekil 4.20 Guggenheim Museum - Frank Gehry [19]



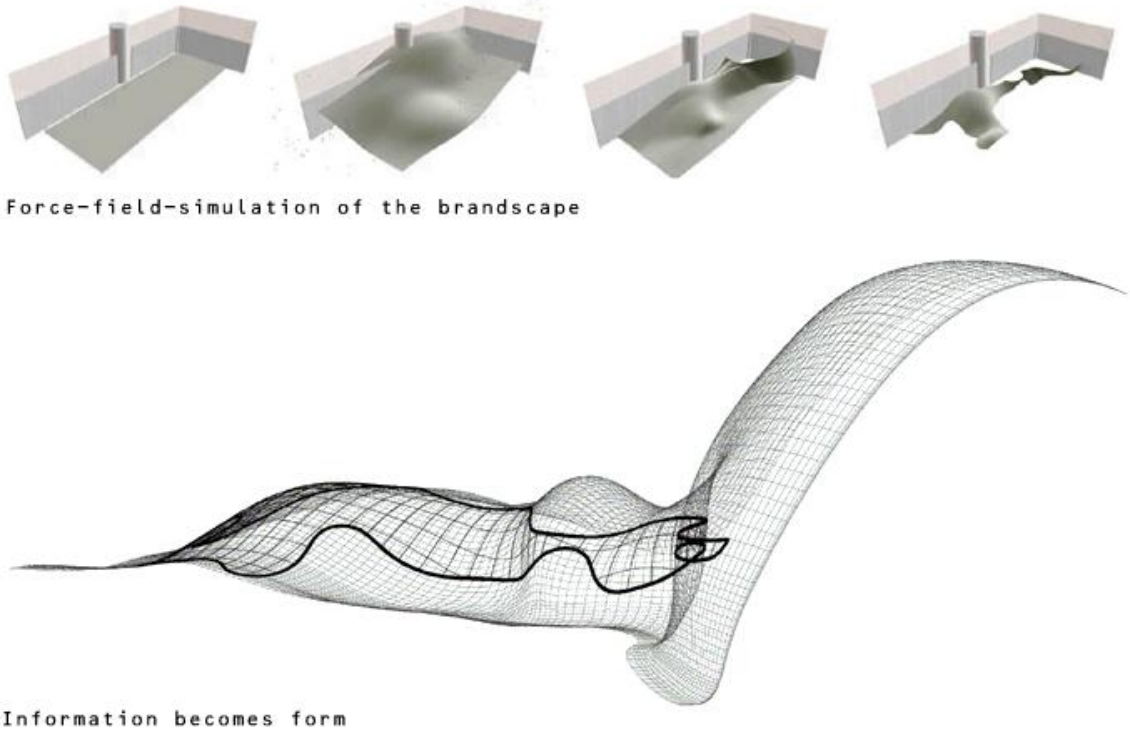
Şekil 4.21 Walt Disney Concert Hall – Frank Gehry [19]

Kontur işleme yönteminde tel kafes olarak üretilen ana formun biçiminin yanı sıra taşıyıcı özelliği de ön plandadır. Bu yüzden statik hesaplamalar da dijital model üzerinden yapılır. Örneğin Frank Gehry'nin Bilbao (Şekil 4.20) projesinde üretici firma Bocad isimli bir yazılım ile dijital model üzerinden formu oluşturan düzlemsel kesitlerin ölçülerini ve biçimlerini alabilmektedir. Formu oluşturan kesitlerin ölçü ve biçimleri ile statik hesaplar yapıp, taşıyıcılığı kontrol edilmektedir. Daha önemli olarak aynı yazılım sayesinde iki boyutlu ya da üç boyutlu hazırlanan çizimler ile dijital üretim araçlarına otomatik olarak üretim yaptırılmaktadır. Benzer bir strüktürel çelik detaylandırma ve üretim yazılımı ile üretilen bir diğer örnek ise Frank Gehry tarafından tasarlanıp üretilmiş olan Walt Disney Concert Hall projesidir (Şekil 4.21).

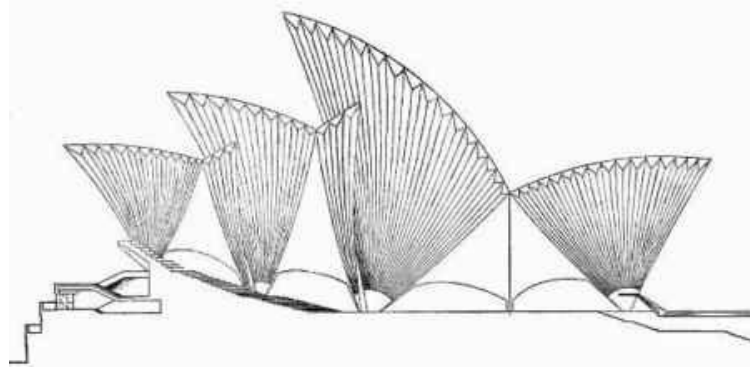


Şekil 4.22 “Brandscape” Bmw Pavilyonu – Bernhard Franken (AAB Architekten) [7]

Kontur işleme yönteminde NURBS yüzey üretmek için kullanılan isoparametrik eğriler oluşturma ise farklı bir tekniktir. İsoarametrik eğrilere sahip tel kafes düzende sadece düzlemsel kesitler değil üç boyutlu geometrik formlar oluşmaktadır. Böylece tel kafes iki boyutlu yüzeylerden değil üç boyutlu eğrisel yüzeylerden oluşur. Bu yönteme örnek olarak ABB mimarlıktan Bernhard Franken’in *Brandscape* isimli BMW pavilyonu projesi verilebilir (Şekil 4.22). Brandscape, boru şeklindeki çift eğrili geometrik formlardan oluşmaktadır. Bu formlar NURBS’ler yardımıyla tasarlanmış ve CNC ile üretilmiştir (Şekil 4.23). Boru şeklindeki elemanlar dijital eğim makineleri ile eğilerek şekillendirilmiştir. Ancak bazı zamanlarda bütçe daraltmak için pahalı bir yöntem olan eğim makineleri kullanılmamaktadır. Onun yerine karmaşık geometrik formu oluşturan çift eğrili elemanlar parçalara bölünüp, daha küçük parçalar halinde üretilmektedir. Böylece pahalı bir yöntem olan çift eğrili form yerine tek eğrili modüller oluşturulur. Bu modüllerin belirli kurallar çerçevesinde birleştirilmesi ile istenilen form elde edilir. (Kolarevic, 2003)



Şekil 4.23 “Brandscape” Bmw Pavilyonu Tasarım Aşaması – Bernhard Franken (AAB Architekten) [7]



Şekil 4.24 Sydney Opera House - Jørn Utzon [20]

Karmaşık eğrisel yüzeylerin üretiminde ise iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler düzlemsel bölümlenme metodu olan “üçgen oluşturma” yöntemi ve iki eğrisel çizginin birleşimi şeklinde olan “çift eğrili yüzey” oluşturma yöntemidir. Eğrisel yüzeyler, CNC gibi makinelerde tek seferde üretilebilmesine rağmen büyük ölçekli bileşenlerde oldukça pahalı bir yöntemdir. Bu yüzden eğrisel yüzey daha küçük parçalara bölünerek üretim yapılır. Çift

eğrili yüzey oluşturma yöntemi ile üretilmiş en çok bilinen örneklerden biri Jørn Utzon tarafından tasarlanmış olan Sydney Opera House projesidir (Şekil 4.24). Utzon ilk olarak serbest formlu biçimleri oluşturabilmek için üçgen oluşturma tekniğini kullanmıştır. Utzon yüzeyleri değişken çaplardaki küre parçalarından oluşturmuştur. Ana formu oluşturan eğrisel yüzeyleri üçgenlere bölerek üretimi daha basite indirgemıştır. Öncelikle boyutları küçük olan üçgenler üretilip kodlanmıştır ve üretim aşamasında kodlara uyumlu olarak yerlerine yerleştirilmesi ile istenilen form elde edilmiştir.



Şekil 4.25 British Museum Great Court - Foster and Partners [21]

Üçgen oluşturma tekniği özellikle düzlemsel mozaik oluştururken kullanılmaktadır. Düzlemsel mozaikleştirme yöntemine örnek olarak Foster and Partners tarafından tasarlanan British Museum'un Great Court avlusunun cam örtüsü verilebilir (Şekil 4.25). Karmaşık eğrisel yüzeylerin rasyonalize edilmesi küre, koni, silindir, torus biçimlerinden oluşan parçaların tasarımda gereken bölgelere yerleştirilmesi sonucunda gerçekleştirilir. Böylece üretimi daha basit parçalar ile oluşturulmuş eğrisel formun oluşturulması oldukça kolaylaşacaktır.

Dijital üretim yöntemlerinden kontur işleme tekniği gibi birçok yöntemde dikkat edilmesi gereken, istenilen form verilirken biçimi olabildiğince bileşenlerine ayırmaktır. Oluşan form aynı zamanda taşıyıcılık görevini de üstlendiğinden dolayı strüktürel analizlerin yapılması ve bileşenlerin analize uyumlu olması oldukça önemlidir. Maliyet de göz önüne alınca küçük parçaların üretiminin maliyeti büyük parçalara göre daha düşüktür.

#### 4.5 Yeni Malzemelerin Dijital Üretim Teknolojilerine Etkisi

Form mimarlık ve tasarımcı için vazgeçilmez bir arayış kaynağının temelidir. Teknolojinin gelişmesi ve dijital tasarım ve üretim yöntemlerinin gelişmesi de geleneksel yöntemlerle üretilebilmesi zor olan karmaşık formları oluşturabilme olanağı sağlamıştır. Ancak yaklaşık son 50 – 75 yıldır yeni malzemelerin bulunması ve bu malzemelerin mimaride kullanılmasına başlanması da yeni formların üretilebilmesine olanak sağlamıştır. Sadece teknolojinin gelişmesi değil, yeni malzemelerin mimarlıkta kullanılması da mimaride dijital üretim tekniklerinin gelişmesini sağlamıştır.

Mimari form ve ifadelerdeki gelişmeler ve yenilikler mimarlarda malzeme konusunda yeni araştırmalara itmiştir. Form arayışı içerisindeki estetik ve özel efekt gibi unsurları ekleyebilmek için malzemenin özellikleri ve üretim kapasitesi konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Geometrik formdaki gelişmeler ancak yeni malzemelerin bulunması ve kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Beton ve plastik gibi serbest biçimlenebilen malzemeler 1950 ve 60larda eğrisel formları oluşturabilmesi yönünden ilgi çekici olmuştur. (Rahim, 2002)



Şekil 4.26 Crawford Municipal Art Gallery - Eric van Egeraat [15]

Çağdaş kabuk sistemlerinin ilgi çekmesinin nedeni yeni malzemelerin mukavemetinin iyi olması ve istenilen formun elde edilmesine daha çok olanak sağlamasıdır. Yeni malzemeler, yapısal kabuklarda ince yapıya, dinamik değişken özelliklere, fonksiyonel eğimli kompozisyonlara ve çok çeşitli yüzey oluşumlarına imkân sağlamaktadır. Örnek olarak Frank Gehry'nin Bilbao kentinde yapmış olduğu Guggenheim müzesinin yüzeyi sadece 0.38 mm

kalınlığındaki titanyum malzeme ile kaplıdır. Fakat bu incelikteki malzeme bile araştırmacılara yetmemektedir ve yeni malzeme arayışları devam etmektedir. Bu malzemelerin aynı zamanda taşıyıcı özelliği olması daha çok ilgi çekmektedir. Bina kabuklarında kullanılan yeni kompleks malzemeler içine dijital ve mekanik ağlar da gömülebilmektedir. Taşıyıcı kabuk olan malzemedeki dinamik davranışlar malzemenin yapısal özellikleri ve sürekliliği ile yarışmaya başlamıştır. (Kolarevic, 2003)



Şekil 4.27 Einsteinturm - Eric Mendelsohn [15]

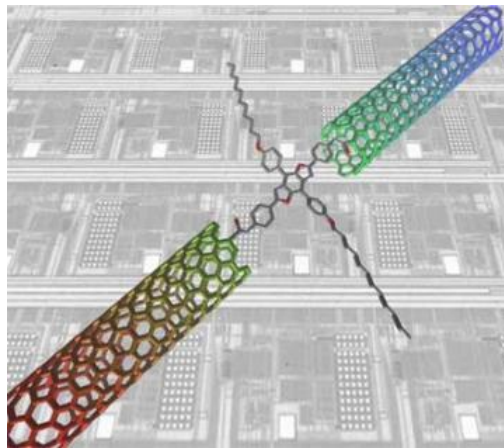
Tuğla gibi eski ve tanıdık malzemeler Eric van Egeraat Architects tarafından tasarlanan Crawford Municipal Art Gallery'deki (Şekil 4.26) kavisli duvar örgüsünde olduğu gibi yeniden yorumlanarak kullanılmaktadır. Van Egeraat'ın tasarımı Eladio Dieste'nin binasındaki tuğla ve harçla oluşturulmuş akışkan formların modern versiyonudur. Sıvanmış eğimli dış yüzeylere bir örnek de Frank Gehry tarafından Düsseldorf'da üretilmiş olan Zollhof ofis kulesidir (Şekil 4.28). Zollhof ofis kulelerinde CNC ile kesilmiş çelik çerçeve sistem duvar örgü sistemi ile doldurulmuştur. Bu yapı geleneksel ile modern yapı sistemi birlikte kullanıldığından dolayı değerlidir. Bir başka örnek de Almanya Potsdam'daki Eric Mendelsohn tarafından tasarlanan Einsteinturm binasıdır (Şekil 4.27). Einsteinturm'daki akışkan formlar betonla tasarlanmış ancak tuğla ve alçı ile uygulanmıştır.





Şekil 4.28 Zollhof Office Towers - Frank Gehry [19]

Geleneksel malzemeler farklı yöntemlerle yeniden yorumlanmaktadır. Örnek olarak çelik belirli bir grid sistem oluşturularak betonun içerisine oturtulmaktadır. Bu sistem aşınmayan karbon fiber grid sisteminin yerini almaktadır. Böylece beton daha hafif ve sağlam olmaktadır. İskelet sistemde kullanılan çelik 21. yy'da yerini karbon nano tüplerinde kullanılan karbon fiberlere bırakmıştır. Karbon atomları uygun katalizörlü ince formlu ve nano ölçekli kenarsız tüpü (nano tüp) (Şekil 4.29) olan kürelerden oluşmaktadır. Bu atomların çok güçlü ve çelik atomundan daha kuvvetli bağlara sahip olan yapısı vardır. Nano tüpler ile çok ince ve güçlü kirişler ve duvarlar yaratılabilmektedir. Mimar Antoine Predock "*Örümcek ağının yapısı bizi hayal edebileceğimizin ötesindeki uzaysal bir âleme taşıyacaktır*" demiştir. [30]



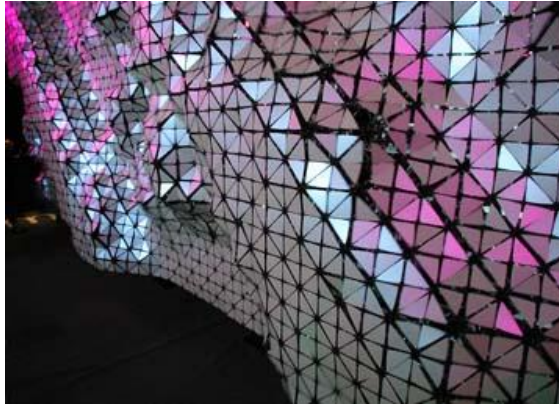
Şekil 4.29 Nanotube [15]

Fiberglass, polimer ve köpük gibi karbon nano tüplerinden üretilen malzemeler farklı malzemelerle kullanılıncaya birçok avantaj sağlamaktadır. Bu malzemeler hafif, güçlü ve kolay

şekil alabilen malzemelerdir. Örnek olarak fiberglass'ın fiziksel karakteristiği kompleks formların üretimi için çok uygundur. Kolatan ve Mc Donald tasarımı olan Ost/Kuttner Apartmanlarında olduğu gibi eğimli duvarlarda pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir.

Akışkan malzemeler mimarların ilgisini, kompozit malzemelerin diğer malzemeler ile birleşmesiyle performans kriterlerinin artırmasından dolayı uyandırmıştır. Bu katmanlı malzemeler genel olarak otomotiv, havacılık, gemicilik ve diğer endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır ve bu malzemeler dijital tabanlı tasarımın mimaride kullanımı için deneme aşamasındadır.

Kompozitlerle birçok katı malzeme türetilebilir. İki veya daha çok malzemenin birleşmesiyle çok farklı özellikler içeren malzemeler ortaya çıkarılabilir. Bileşim sonucunda oluşan yeni maddeler kalite ve performans bakımından daha üstün orijinal bileşimlerdir. Bir kompozit malzeme iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunun yanında doldurucu ve ek malzemeler eklenebilir. Hafif dolgu malzemeler kullanılarak hacim verilen kompozit malzemeler hafif bir yapıya sahiptir ve çeşitli kimyasallar kullanılarak istenen renge ve ısısal performansa ulaşabilir.



Şekil 4.30 Aegis Hypersurface - Goulthorpe [5]

Plastik olarak adlandırılan polimer kompozit malzemeler kolay form verilebilmesi, düşük fiyatı, minimum bakım ihtiyacı ve hafif olmasına rağmen dayanıklı olmasından dolayı mimarların ilgisini çekmiştir. Plastikler kolay şekil alabilmelerinden dolayı 1960 ve 70lerde çok fazla kullanılmıştır. Fakat hava geçirimi çok düşük olmasından dolayı 1970lerin sonu ve 1980lerin başında kendisine olan ilgisini yitirmiştir.

Işık, ısı ve mekanik etkiler gibi iç ve dış uyarıcılar kullanılarak malzemelerin özellikleri dinamik olarak değiştirilebilir. Kolatan ve Mac Donald kuramsal projelerinde basınç altında yeniden şekillenen plastikler, hava ve ışık koşullarına yanıt veren akıllı camlar, anti bakteriyel tekstil fiber-glass duvar kaplamaları gibi sistemleri araştırmaktadırlar. (Schodek, Bechthold, Griggs, Kao, Steinberg, 2005)

Goulthorpe, Aegis Hypersurface (Şekil 4.30) projesindeki dinamik kabuğun kompleks elektromekanik hibrit yapısı, sensorları pnömatik sistemler içeren zeki olarak adlandırılan bir malzemeye sahiptir. Malzemenin bu özellikleri sayesinde yüzey bir sinir sistemine sahipmiş gibi davranmaktadır.

Zeki, uyumlu, akıllı olarak adlandırılan kompozit malzemeler his, hareket, kontrol ve zekâ gibi özelliklere sahip olabilmektedir. Bu akıllı malzemeler çeşitli uyarıcılara adaptasyon sağlamak için programlanabilir. Akıllı malzemelerin hisleri ve hareketleri sınırlandırılabilir. Örnek olarak duyuşal malzemeler ses, opaklık, renk ve direnç gibi dış uyarıları anlamak için uygun sinyaller gönderir. Bir hareketli malzeme duyu ve hareket sensorunun ikisini bir arada buldurmasına rağmen sensorlerden aldığı uyarılara aynı anda tepki verir.

21. yy'da yeni gelişen malzemeler ve teknolojiler mimarlık ve malzeme arasındaki ilişkiyi yeniden yorumlamaktadır. Geleceğin dijital mimarisi konsept olarak dış ortamdan aldığı uyarıcıları iç ortama farklı yorumlarla aktaracaktır. Böylece yapılar bir canlı gibi davranış gösterecektir. (Kolarevic, 2003)

#### **4.6 Dijital Üretim Teknikleri Ve Kitlese Benzersiz Üretim**

Kitlese benzersiz üretim, kitle üretimi paradigmasındaki standartlaşmanın yerine, yeni kitle üretiminin ucuzluk avantajını kullanıp, buna ek olarak bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerine dayalı sistemlerle kişiye özel üretim çeşitliliği sağlamayı ifade eden bir terimdir. Kitlese benzersiz üretim ile rasyonel üretim geometrileri basitleşmeye zorlamış ve

sürekli üretim maliyetin düşmesini sağlamıştır. Fakat bu esnek olmayan üretim çok uzun sürmemiş, dijital tabanlı makinelerle çok fazla maliyeti olmayan, tek parça karmaşık şekilli bileşenler üretilmiştir. Bu üretimin sonucunda çeşitlilik sağlanmış verimli ve ekonomik üretim ortaya çıkmıştır.

Kitlesel benzersiz üretim kavramı, çok farklı olan bina bileşenleri üretimini standartlaştırmada da olduğu gibi fazlasıyla kolaylaştırmıştır (CNC milling makineleri 1000 adet aynı ürün üretimi yapabildiği gibi 1000 adet farklı ürün üretimi de yapabilmektedir.). Kitlesel benzersiz üretim 21. yy ekonomisi için Joseph Pine tarafından bulunan postfordist üretim modellerinden biridir. Kitlesel benzersiz üretimdeki amaç; çeşitliliği arttırmak, üretimdeki büyük maliyet artışlarını önlemektir.

Ekonominin her dalı bu üretim biçiminden etkilenmiştir. Tekstil, giyim, ayakkabı, araba tasarımı ve üretimi gibi çeşitli alanlarda yaygınlaşan ve kişiye özgü tasarım anlamına gelen bu üretim modeli mimarlık için de yeni tasarım ve üretim imkânları sunmaktadır (Kolarevic 2003). CNC'ye dayalı üretim süreçleriyle yeni bir seri üretim mantığına geçildiğini belirtmektedir (aynı seriye ait ama her biri birbirinden farklılaşan serilerin üretimi). CAD/CAM sistemlerinde her biri aynı özellikte ve ölçüdeki birimlerin üretilmesiyle her biri farklı ölçüdeki birimlerin üretilmesiyle her biri farklı ölçüde ve geometrideki birimlerin üretimi arasında maliyet farkı yoktur. Örneğin Levi's çeşitli beden ölçülerine göre pantolonlar üretmiş, bunu mağazalarında satmaya başlamıştır ve maliyetin düştüğünü görmüştür. Motorola; renk, melodi, yazılım gibi çeşitli seçeneklere sahip telefonlar üretmiş ve bunu diğer ürünlerle aynı fiyatta satmıştır (Bu telefonlar 29 milyon kombinasyona sahiptir).

Kitlesel benzersiz üretim, yapı endüstrisi için de uygun bir sistemdir (Kolarevic, 2003). Bir "özel" ev toplum için yaygın bir ev tipi olabilir. Sonuç olarak tüketilen ürünler uygulanan teknoloji ve üretim sistemleri bina üretimi için geliştirilebilir. Binalarda tekil üretim yapılan parçalar çeşitli uygun değişkenler kullanılarak kitlesel benzersiz üretime dönüştürülebilir. Değişkenler çeşitli bölgesel koşullar ve çeşitli yapı sistemleri göz önünde bulunularak değerlendirilebilir. (Ör: pencere şekilleri ve boyutları)



Şekil 4.31 Embryologic Houses [23]

Mimaride dijital tabanlı üretim yöntemleri birçok farklı yöntemi kapsar. Bunlardan biri de bölgesel çeşitlilik ve farklılaşmadır. Mimaride seri üretimle tutarlı, kesin sonuç veren ve gerçekten ucuz bileşenler üretmek mümkündür. Peter Zellner'e göre; mimari bir aygıt yazılımı (firmware) olmaktadır. Dijital bina, bir yazılım üretimi gibidir. Bu Greg Lynn'in Embryologic houses tasarımında da gözükmemektedir (Şekil 4.31). Lynn bu evlerde tekil evleri doğrusal olmayan dinamik yöntemlerin çeşitli varyasyonlarını kullanarak kütleli üretimle üretmeyi başarmıştır.

Bernard Cache'e göre uzun süre tasarlanmamış fakat hesaplanmış objelerle karmaşık formlar ve çeşitli eğrisel yüzeyler üretilebilir. Cache'ın ürünleri (genellikle mobilya ve paneller) dijital ortamda tasarlanmış ve CNC ile üretilmiş standart olmayan tasarımlardır. Cache'e göre; tasarım parametrelerindeki rastgele yapılan değişiklikler aynı seri içerisinde yapılan üretimde farklılaşmayı sağlamaktadır. Bu da tekil endüstriyel ürünlerde kütleli benzersiz üretimin oluşmasını sağlar.

Mimaride ve yapı endüstrisinde kütleli benzersiz üretimin içeriği çok derindir. Catherine Slessor'un gözlemine göre benzersizlik konsepti ekonomik, tekrarı kolay, modernizmin varsayımlarına göre daha basit, yeni bir potansiyel öneren, post endüstriyel paradigmaya göre geliştirilmiş elektroniğin yaratıcılık kapasitesini mekaniğe göre daha çok tercih eden bir konsepttir. (Kolarevic, 2003)

Yenilenen mimari anlayışa göre estetik anlamda konut üretilmiş bir ürün olarak kabul

edilmektedir (yaşamak için makine). Konutların kitlesel benzersiz üretimi, geniş ürün yelpazesine sahip olmak için en iyi yöntemdir ve tasarım artık sadece seçkinler için olmayacaktır. Endüstriyel üretim, kitlesel benzersiz üretimin bütün amaçlar için standartların tamamını sağladığı anlamına gelmez. Teknoloji ve kitlesel benzersiz üretimin yöntemleri, tek ve benzersiz bina ve bina bileşenleri üretmek için uygundur. Farklılıklar dijital kontrollü varyasyonlarla sağlanır. (Kolarevic, 2003)

## **5. DİJİTAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İLE GELİŞTİRİLMİŞ ÖRNEKLER**

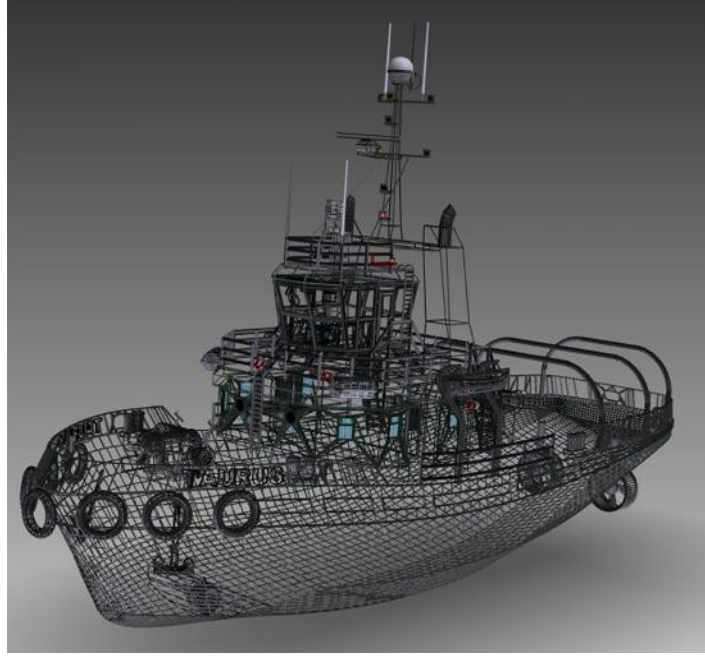
### **5.1 GEMİ ENDÜSTRİSİ ÖRNEĞİ**

Dijital tasarım ve üretim tekniklerinin kullanıldığı endüstrilerden bazıları uçak, gemi, araba ve endüstriyel tasarım ürünleridir. Tez kapsamında dijital tasarım ve üretim teknikleri ile üretilmiş örneklerden gemi konusunun seçilmesinde günümüz gemi tasarım ve üretim tekniklerinin zamanla dijitalleştirilmeye başlanması ve özellikle yolcu gemilerinin yapı mimarisine yakın durması etkili olmuştur. Gemilerdeki tasarım ve üretim biçimi modern mimari örneklerin tasarım ve üretim biçimleriyle büyük benzerlik göstermektedir. Bu benzerliklere geminin taşıyıcı strüktürü, iç ve dış kabukları, ısıtma ve havalandırma sistemleri, tesisat, yangın kontrolü, elektrik, ses ve bilgi sistemleri verilebilir. (Kieran & Timberlake, 2004)

Günümüzde tersaneler ve gemi tasarımı üzerine çalışan kişiler, mimaride olduğu gibi, gemi tasarım ve üretim sürecine dijital teknolojilerin entegrasyonu ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar. Tersanelerin gelişmesinde en büyük etken tasarım, fabrika otomasyonu ve sistemlerin entegrasyonunda CAD/CAM/CIM (Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli Üretim / Bilgisayar Entegrasyonlu Üretim) konularının artan oranda kullanılmış olmasıdır.

Gelişen teknolojilerle birlikte dijital üretim araçlarının gemi üretim endüstrisinde kullanımı artmıştır. Otomasyon sistemleri ve insansız üretim teknolojilerinin gemi üretimine entegrasyonu ile beraber gemilerde de kitlesel benzersiz üretim (mass customization) teknikleri konusunda araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Dijital teknolojilerin gemi üretimine katılmasının bir diğer sebebi ise üretim hızının artmasıyla birlikte yoğun insan gücü odaklı üretim sistemlerinden, teknoloji odaklı üretim sistemlerine geçmektir.

CAD/CAM/CIM sistemleri bugün bütün gelişmiş tersanelerde uygulanmaktadır. Sistemler FORAN, TRIBON ve CATIA (Şekil 5.1) gibi ticari programlar veya bazı tersanelerin kendileri için geliştirdikleri HICADEC ve MATES gibi programları içerir. Uygulanmaları halinde ön tasarımda daha çabuk sonuç alınmakta ve tek veya seri gemilerin üretim ve tasarımı da süratle sağlanmaktadır. (Batur, 1999)



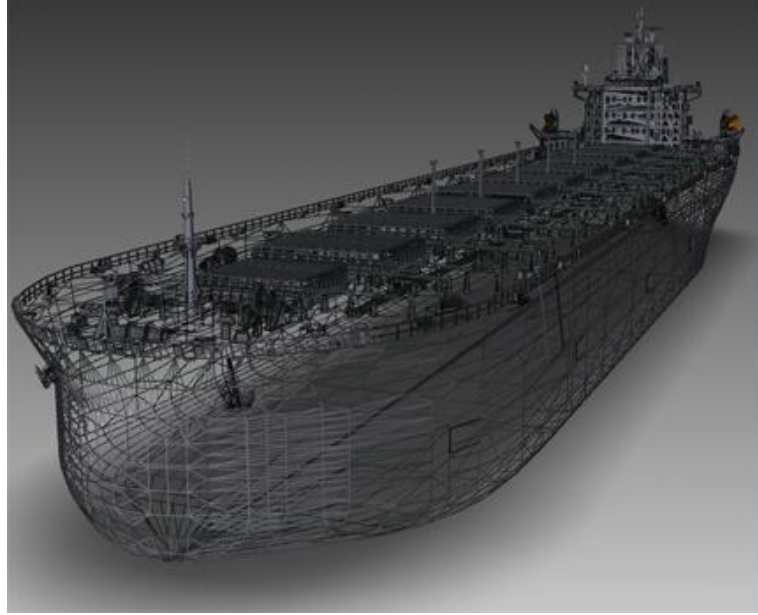
Şekil 5.1 Gemi Tasarımı - CATIA Modeli (Batur, 1999)

### 5.1.1 Tasarım Aşaması

Tersanelerin kendileri için geliştirdikleri seri gemi üretim sistemi HICADEC yazılımı seri halindeki VLCC (*very large crude carrier*- büyük petrol tankeri) ve Konteynır gemilerinin tasarımını desteklemek için kullanılır. HICADEC tasarım safhasında önemli bir rol üstlenmesine rağmen en büyük yararı üretim sürecinde belirginleşir. HICADEC yazılımı Japon Hitachi-Zosen tersanesi tarafından geliştirilmiş olup CAD sistemlerinin gemi üretim sürecine entegrasyonunu sağlayan bir yazılımdır. HICADEC Danimarka'nın Odensa ve Japonya'nın en modern tersanesini olan Arieka tersanelerinde kullanılır. Hitachi-Zosen ve Odensa bu konuda birlikte çalışarak her tersanenin kendi ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde sistemi ayrı ayrı geliştirmektedirler. Arieka tersanesinde HICADEC detay tasarımı ve imalat tasarımının büyük bir bölümünü gerçekleştirerek çeliğin kesilmeye başlanması süresini 7-8 ay gibi kısa bir süreye indirilmesini sağlamıştır. Üretim planlaması (bloklara ayrılma ve imalat



sıralaması planlaması) ayrıca yapılmaktadır. HICADEC de olduğu gibi tersanelerin kendileri için geliştirdikleri üretim yazılımlarından biri de Mitsubishi Heavy Industry (MHI)'nin geliştirdiği MATES'dir. Bu yazılım ile tersanenin üretim stratejisine uygun olarak seri üretim yerine kitlesel benzersiz üretim tekniği dikkate alınmıştır. Yani MATES gemi inşaatının tasarım bölümüne yöneliktir. MATES yazılımında tasarım aşamasında oluşturulan modelden gemi yapısını oluşturan parçaların parametrik modellerini verebilmektedir. Bu sistem mimaride CATIA (Şekil 5.2) ve Bentley firmasının geliştirmiş olduğu Generative Components programlarında kullanılmaktadır. Frank Gehry Fred & Ginger – Dancin House projesinde bu teknikten yararlanmıştır. Parametrik modellemede eski tasarımlardan elde edilen bilgiler ile tasarım değişikliklerinin kolayca uygulanacağı gemi konstrüksiyonu dijital ortamda ortaya çıkartılmaktadır.



Şekil 5.2 Gemi Tasarımı - CATIA Modeli (Batur, 1999)

Frank Gehry gibi dijital tasarım ve üretim yapan birçok mimar gemi tasarım ve üretim sistemlerindeki stratejileri kullanmaktadır. Gemilerin ana kütlelerini oluşturan kabukların dijital ortamda tasarlanması ile parametrik bir sistemin kullanılabilmesine olanak sağlanmıştır. Bu parametrik sistem ile kabuğu oluşturan parçaların ölçülerinde yapılan değişikliklerin etkileri anında görülebilmektedir. Parçaların birleştirme bölgelerinin detaylarını oluşturabilmek için parçaların dijital verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler ile hata payı düşürülmüş üretim stratejileri geliştirmek mümkün olmaktadır.

Gemi üretim maliyetleri oldukça yüksek olmasından dolayı tasarım aşaması tamamlanmış gemilerin üretimi öncelikle dijital ortamda yapılmaktadır. Dijital ortamda hazırlanan model ile gemi yapısını oluşturulan parçalar üretilir ve bu parçaların birleştirme detaylarına uygun olarak montajı yapılır. Dijital ortamda üretilmiş olan gemi daha sonra iyi simule edilmiş bir ortamda animasyonu oluşturulur. Bu simülasyonda gemi yapısının dış etkenlere verdiği tepki ölçülür. Bazı firmalar ise simülasyon yerine maket sistemini kullanır. Gerçek yapısına uygun olarak oluşturulmuş belirli ölçekteki maketler dijital üretim araçları ile üretilir. Bu sistemde önemli olan her parçanın gerçekte hangi araçla üretilmesi öngörülüyorsa maketinde o araçta üretilmesidir. Bunun sebebi gerçek üretime geçişte parça üretiminde oluşabilecek sorunları önceden görebilmek ve gerekli düzenlemeleri yapabilmektir.

### 5.1.2 Üretim Aşaması

Gemi üretim sürecinin birden çok aşaması vardır. Bu aşamalar tasarlama, planlama ve üretim aşamalarıdır. Üretim sürecinin ana maddeleri şunlardır:

- a. Temel Tasarımın Detay Tasarımına Eklenmesi: Gemi tasarımı aynı mimari tasarımına benzemektedir. Gemi tasarımında insanların tasarım yetenekleri ön plana çıkmaktadır. Son zamanlarda çıkan üç boyutlu modelleme araçları bu sürece yardımcı olmaktadır.
- b. Detay Tasarımının Üretim Tasarımına Eklenmesi: Üç boyutlu tasarım sistemleri üretim sürecini kolaylaştırmıştır. Bu sistemlerden alınan veriler ile yüzey kesimi ve form verilmesi işlemleri kolaylaştırılmıştır.
- c. Üretim Aktivitelerinin (Kesme, Eğme, Şekil Verme Gibi) Detay Tasarımına Eklenmesi (Üretimin Planlaması): Gemi üretimi için büyük bir alana, ekipmana, insan gücüne, malzemeye ve projeye gerek vardır. Geminin üretilmesini birçok önemli sistemin bir arada doğru yönetilmesi ile ilişkilidir. Malzemeler doğru zamanda doğru şekilde monte edilmelidir. Örnek olarak büyük gemi motorları verilebilir. Bu da çok iyi bir iş programı yapılması ve bu iş programına zamanında uyulmasıyla

gerçekleştirilebilir. Geminin simülasyonu bu montaj sürecinde çok büyük önem taşımaktadır. Benzer yöntemler otomotiv endüstrinde de kullanılmaktadır.

- d. Dış Kaynak Kontrolünün Üretim Planlamasına Eklenmesi (Üretimin Modellenmesi): Gemi üretim sürecini daha iyi geliştirebilmek için 4D model üretilmiştir. Bu işlemi ilk olarak Delta Marine Ltd. şirketi uygulamıştır. 4D model üzerinde üretime uygun hale getirebilmek için iki yıl çalışılmıştır. İlk olarak VR (virtual reality) gemi modeli 1998 yılında büyük yolcu gemisinin dış cephe projesi için hazırlanmıştır. Modeli test etmek için dış cephesinde bulunan her şey (kabinler vs) modelin üzerine eklenmiştir. Bu bütün endüstriler için geminin formunu anlamakta kolaylık sağlamıştır. Model sayesinde hızlıca birçok alternatifler ve çözümler üretilmiştir.
- e. Üretim Yönteminin Simülasyonu: üretim sürecinin daha kolay yönetilebilmesi için simülasyon yapılırken aşağıdaki adımlar izlenmelidir.
- Strüktürün tamamını içeren 4D dijital modelin hazırlanması,
  - Güvertede kullanılan aletlerin nasıl çalışacağını belirlenmesi,
  - Konstrüksiyon sürecinin simülasyonunun yapılması.

Bu durum bilgisayar sistemlerinin (CAD, CAE, Lojistik) gemi üretim sürecine eklenmesi için ideal koşullardır. Genel olarak Avrupa'daki gemi üretimlerinde bu tip sistemler kullanılmaktadır. Bilgisayar sistemlerinin gemi üretiminde kullanılmasının nedeni, gemilerin büyük bir bölümünü oluşturan motor dairesi büyük kabin alanları restoranlar gibi bölümlerde tamamen çeliğin kullanılmasındandır. Bu tasarım sistemlerinde bilgisayarın kullanılması malzeme ve proje yönetim sistemleri için büyük kolaylık sağlamaktadır. Bilgisayar sistemlerinin kullanılmasından dolayı birçok farklı malzemenin gemi üzerine uygulanmasının kontrolünde kolaylık sağlamaktadır. Genel olarak bilgisayar sistemleri tersanelerde ve güverte yönetiminde de kullanılmaktadır. Gemi üretimi mimaride olduğu gibi disiplinler arası bir çalışmayı gerektirmektedir.

#### **5.1.2.1 Fabrika Otomasyonu**

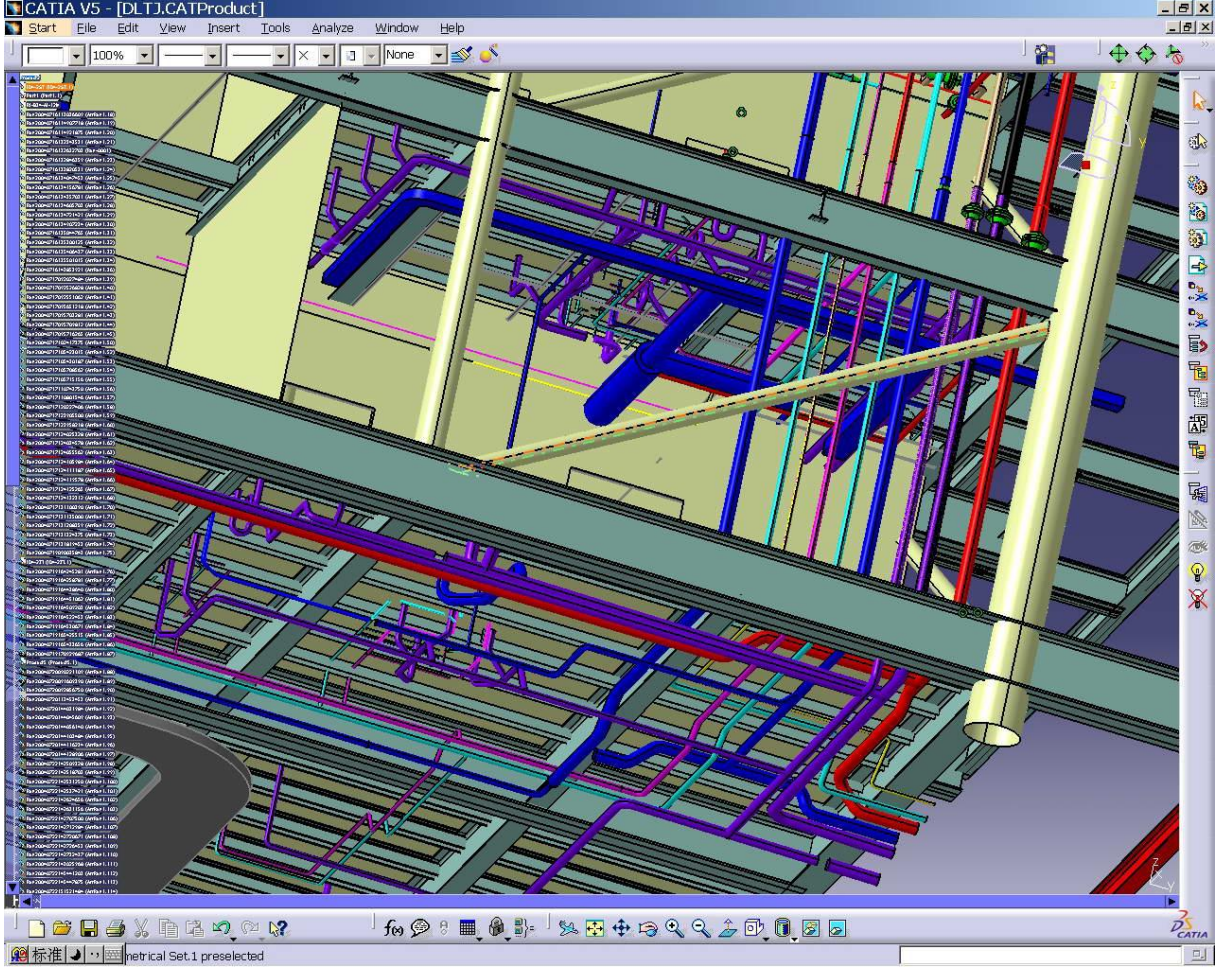
Son yıllarda önde gelen Avrupa ve Japon tersaneleri imalat yöntemlerine fabrika otomasyonu ve robotikle entegre etmek ve geliştirmek için önemli çalışmalar yapmışlardır. Genelde birçok

endüstri alanında olduğu gibi 21. yüzyılda rekabet edebilmek için tersaneler tarafından Fabrika Otomasyonunun önemi artmıştır. Ortak Avrupa Komisyon Merkezi (JRC-ISIS) “Gemi İnşaatında Üretim Sürecinin Otomasyon ve Entegrasyonu” konulu bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın anahtar hedefleri;

- Avrupa tersanelerindeki rekabeti yükselterek üretimi artıracak teknolojilerin tanımlanması,
- Robotik tasarım çalışmalarında gerekli olan ölçülerin ve faaliyetlerin net olarak tanımlanması,
- Gemi üretim sistemlerinin gelişimi için diğer sektörlerdeki teknolojik gelişmelerinin tanımlanması şeklindedir. (ANDRITSOS & Juan, 2000)

Dünya çapında Avrupa ve Japon tersaneleri gemilerin yapım ve tasarımında geçen zamanı azaltmak için devamlı bir çaba içindedirler. Bu süreyi azaltmanın bir yolu da robot kullanmaktır. Robot teknolojisi ile birleştirme kaynakları değişik ara kademeleri yerine hücre kademesinde bir kerede gerçekleştirilerek üretim kademesi sayısı azaltılır. Böylece işin dağılması olasılığı azalır, taşınan blok adedi azalır, malzeme hareketleri ve kaynak bozulmaları ile elle düzeltme işlemleri azalır. Bütün bunlar daha az işlem adedi ve dolayısı ile toplam yapım süresinin azalması demektir. Modern tersanelerde yönetimler metal işleme, boya ve şekil verme işlerinde, özellikle bu iş kollarına talebin yüksek olduğu dönemlerde uzman işçi düzeyini koruyabilmekte zorlanmaktadırlar. Yalnızca inşaata yüklenmenin yüksek olduğu bu dönemler için eldeki personeli muhafaza etmek veya yeni personel yetiştirmek, eğitmek genelde pratik olmayan bir yöntemdir. Bu yüzden mimaride olduğu gibi dünya tersanelerinin çoğu bilgisayar destekli teknoloji ve üretim sistemlerine yönelmektedirler. Bunu yapan tersanelerde fabrikasyon ve montajda kalite kontrol daha iyi ve imalata yönelme zamanında azalmalar olur. Üretimdeki otomasyondan ve robotlardan yararlanılması üretim tahminlerinin daha sağlıklı yapılmasına ve sonucunda da montaj işlemlerindeki süreç değişkenliğinin azaltılmasına neden olur. Aynı makine operasyonlarının yüksek oranda tekrarlanabilmesi, makine yerine insan gücü kullanılması halinde yapılamayacak kadar sağlıklı iş akışı tahmini olanağını tersane yöneticilerine sağlar. Bu hassasiyetle yöneticiler

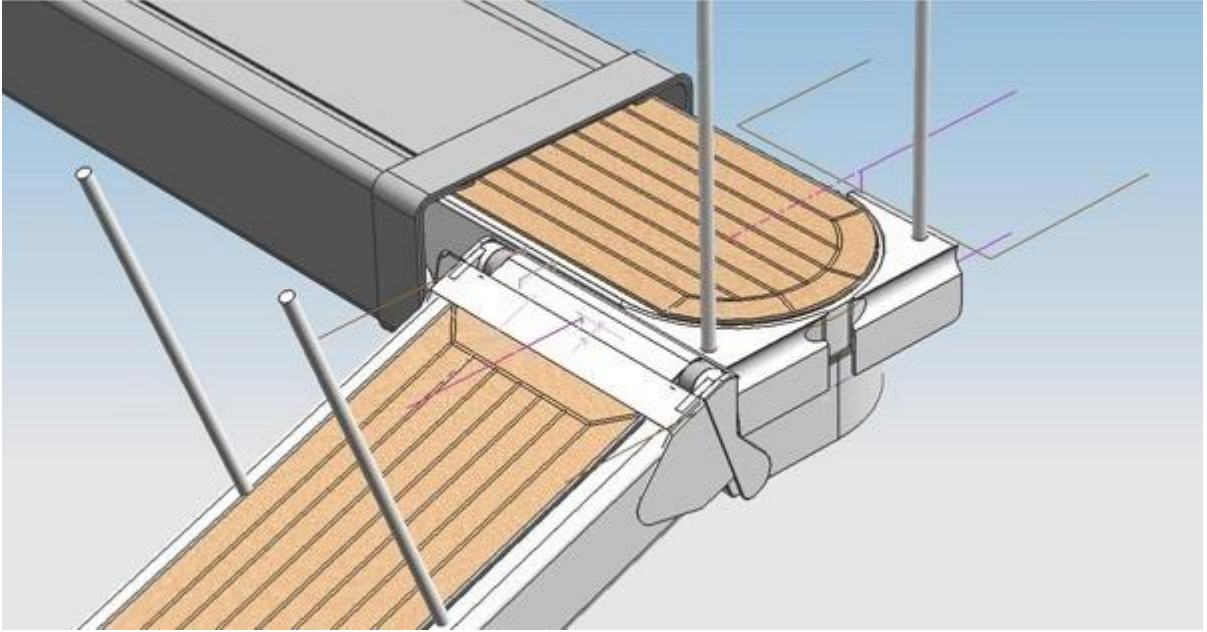
programlama hata paylarını azaltarak zamanlamayı daha cesaretle kısaltabilirler (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 CATIA Ortamında Geminin Elektrik ve Boru Tesisatı Detayları (Andritsos, F., & J. P.-P., 2000)

Otomasyonsuz operasyonlarda doğruluk kontrolü daha uygundur. Otomasyon gemi inşaatında işçiler üzerinde daha disiplinler etki yapar. Örneğin Robot kullanılması ile yukarıda belirtildiği gibi tekrar tekrar aynı işi yapmak yeteneği olan robotların gücünden yararlanır. Aynı zamanda robotların zafiyeti olan uyarlama eksikliğinden de yararlanır. Robotların son 20 yıldır gelişerek kullanılmasına rağmen uyarlamada (hataları düzeltmede) işçiler hala üstünlüğünü korumaktadır. Bununla beraber tüm üretim sürecinde tolerans standartlarını sağlıklı bir şekilde koruyarak işlemdeki değişkenlikleri asgariye indirip daha verimli ve kârlı duruma geçildiğini tersaneler anlamışlardır. Alınan sonuçlar geminin inşasında toplam masraf ve zamanın azaldığını açık olarak göstermektedir. Böylece dezavantaj olarak fark edilen (uyarlama zayıflığı) robotlarda (değişken zayıflığını) önleyen bir üretime dönüşür. Bu gerçeği anlayan gelişmiş tersaneler robotik sistemleri üretim sürecine entegre ederek bütün detay ve

ara montaj parçalarında doğruluk kontrolünü yapmaktadırlar (Şekil 5.4). (Batur, 1999)



Şekil 5.4 Tasarımı CATIA ile Hazırlanmış Gemini Detay Çözümü (Andritsos, F., & J. P.-P., 2000)

### 5.1.2.2 Fabrikasyon ve Montaj İşlemlerinde Otomasyon Durumu

Robotlar gelişmiş tersanelerde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Otomasyonlu konveyörler<sup>6</sup> vasıtası ile malzeme ayırma ve elleme ile uyum içinde olarak profil kesme, markalama ve etiketleme işlemleri robotlara kumanda edilerek Plazma ve Oksi-Yakıt kesme sureti ile yapılır. Kesilmiş olan parçaların yerleştirilmesi ve montajlama işlemi ise bilgisayar destekli planlama sistemi, teknik gurubun modelleme sistemi ile uyumlu olarak saptanır. Bu sistem mimarideki dijital üretim ve uygulama sistemleri ile büyük benzerlik göstermektedir. Frank Gehry'nin Bilbao'daki Guggenheim müzesinin titanyum cephe elemanlarının kesilmesi, şekil verilmesi ve montaj işleminde bu sistem kullanılmıştır (Şekil 5.5).

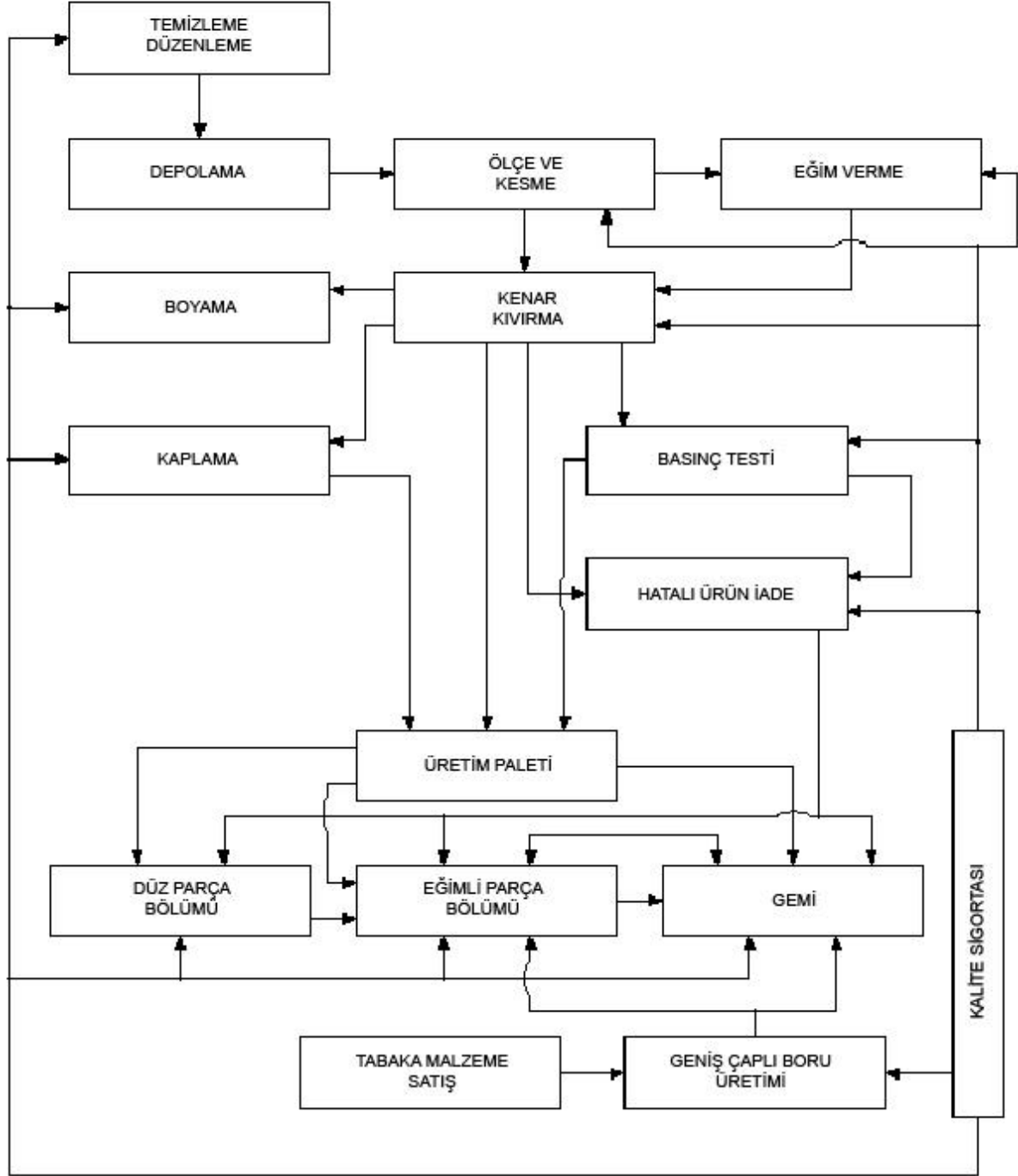
<sup>6</sup> Konveyör: Fabrika otomasyon sistemlerinde malzeme taşınmasını sağlayan banda verilen isimdir.



Şekil 5.5 Guggenheim Müzesi (Bilbao) - Frank Gehry [19]

Kaynak robotları, yumurta kutusu şeklinde düzenlenmiş panellerde üst güverte ve iç dip saçları montajı ve eğimli konstrüksiyonlarda kullanılır. Bu sistemler kızıl ötesi (Infrared) ve dokunma hassasiyetli (Touch Sensing) devreler ile kusur düzeltme, ayarlama yaparlar. İşlem ve sıra programlaması CAD modeli yardımı ile hazırlanır ve otomasyona verilir. Portatif raylı sistemde çalışan robotlar montaj esnasında üst güverte ve iç dip saçlarının birleştirme kaynağında kullanılır. Portatif ve tavan köprüye monte edilmiş robotların dünya çapında tersanelerde kullanılması artık olağan hale gelmiştir. Ayrıca tersanelerin bir kısmında tekne boyası ve termik deformasyon çözümleri robotlar ile gerçekleştirilmiş durumdadır. Bu son uygulamada önemli bir zekâ faktörü (ustalık, know-how), robot programı ve kontrol sistemleri içine sokularak ara bilgiler düzenlenip üretimin devamlılığı sağlanır. (Batur, 1999) Geleneksel olarak gemi üretiminde teknolojinin kullanılması, özellikle metal levha ve metal kabuk transformasyonlarında kullanılmaktadır (Andritsos & Juan, 2000).

Gemi üretiminde fabrikaya malzemenin girişinden son kontrol aşamasına kadar geçen süreç aşağıdaki şema ile daha iyi anlaşılabilir.



Şekil 5.6 Gemi Üretim Süreci (Andritsos, F., & J. P.-P., 2000)



### 5.1.2.3 Sistemlerin Birleştirilmesi

Bütün dünya tersanelerinin çabalarının yoğunlaştığı konu tasarım, mühendislik, üretim, planlama, yönetim ve tedarik konularının birleştirilmesidir. Tam birleşmiş bir yaklaşıma CIM (Bilgisayar birleştirmeli üretim-*computer integrated manufacturing*) denilmektedir. Böyle bir yaklaşım bilgisayar teknolojisine çok bağlıdır. Hitachi firmasının CIM tanımı ise bilgisayar birleştirmeli üretimden çok genişletilmiş bilgisayar birleştirmeli yönetim (*computer integrated management*) demektir. Hitachi Zosen firmasının bugünkü amacı grafik CAD bilgilerini üretim planlama ve yönetim için gerekli yönetim bilgileri ile birleştirmektir. Hitachi'nin yaptığı üretkenlik çalışmalarında (AR-GE) gayretlerin ancak %30'unun gerçek tasarım çalışmaları ile ilgili olduğu, geri kalan %70'inin ise dokümanların üretimine, bilgilerin araştırılmasına, talepler ve haberleşmeye harcadığı görülmektedir. Odena tersanesi ise kendi içinde çalışma yaparak HICADEC ve diğer otomasyon sistemleri arasındaki birleştirme araçlarının geliştirilmesi konusunda önemli çalışmalar yapmıştır. Ayrıca Odena tersanesinin gerek tersane içinde gerek tersane dışında malzeme satıcıları ve taşeronlar ile kurmuş olduğu bilgi iletişim ağı ile daha geniş bir coğrafyada tersane dışındaki şehirler ile CIM kapsamı içinde iletişim sağlanmıştır. Örneğin, Odena ile Hitachi arasında yüksek performanslı telefon sistemi (*local area network – LAN*) kurarak Hitachi'nin HICADEC programında yaptığı gelişmeleri anında, bir gece içinde gerekirse bütün bağlantılara geçmesi sağlanmıştır. Aynı şekilde IHI Küre tersanesi Tokyo'daki ana ofis bütün yardımcı tersanelere bağlantılıdır. Bu yerlerdeki dijital ağlar ile birbirlerine bağlıdır (Batur, 1999).

Yerel ağ teknolojisi ile çalışma sistemi mimaride araştırma konusu olan "Yapı Bilgi Sistemi" ile benzerlik göstermektedir. Yapı bilgi sistemi ile mimari, statik, tesisat gibi disiplinlerin ortak çalışabilme imkânı sağlanmaktadır. Projenin herhangi bir kısmında yapılan değişiklikler veritabanında kaydedilmesi ile projeye ilgilenen diğer kişiler bu değişiklikleri görebilmekte ve gerekli düzenlemeyi yapabilmektedir.

## 5.2 YAPI ENDÜSTRİSİ ÖRNEĞİ

### “Fred & Ginger” Dancing House Projesi (Prag, Çek Cumhuriyeti)

Kaynak: Schodek, Bechthold, Griggs, Kao, & Steinberg, 2005

Ofis binası olarak Frank Gehry ve Vlado Milunic tarafından tasarlanan “Dancing House” projesi (Şekil 5.7) Çek Cumhuriyeti’nin başkenti Prag şehrinde yer almaktadır. Orijinal ismi Fred & Ginger olan Dancing house projesinin bulunduğu arazide 19. yy sonlarında neo-rönesans stilinde inşa edilmiş bir konut binası 1945’teki bombalamayla zarar görmüş ve 1960 yılında tamamen kaldırılmıştır. Yıkılan binanın yan tarafında çocukluk yıllarından 1960’ların ortasına kadar oturan Çek Cumhuriyeti’nin eski başkanı Vaclav Havel, çek mimar Vlado Milunic’e bu araziye yeni bir ofis binası yapması için istekte bulunmuştur. Daha sonra Hollanda bankası olan ING Bank bu araziye Prag şehrine simge niteliğinde olacak bir binanın yapılması için sponsor olmayı kabul etmiş ve Vlado Milunic’ten bu görev için dünyaca ünlü bir mimar davet etmesini istemiştir. Vlado Milunic, ilk olarak Jean Nouvel’e teklif göndermiş ancak Nouvel arazinin küçük olmasından dolayı (491 m<sup>2</sup>) kabul etmemiştir. Milunic daha sonra Frank Gehry’ye teklif götürmüştü ve Gehry, ING Bank’ın bu proje için limitsiz bir bütçe ayırmasını beğenerek teklifi kabul etmiştir. Yapının inşaatına 1994’te başlanmış ve 1996’da bitirilmiştir. [24]

Yapı alışılmışın dışında şekliyle dekonstrüktivist mimariye bir örnek olarak kabul edilmektedir. Yapı dünyaca ünlü Ginger Rogers, Fred Astair isimli dansçıları ifade etmektedir (Şekil 5.8). Yapı birbirinden farklı 99 beton panel içermektedir ve her panel için farklı tekil ahşap kalıplar hazırlanmıştır.



Şekil 5.7 Fred & Ginger "Dancing House" - F. Gehry, V. Milunic



Şekil 5.8 Ginger Rogers, Fred Astair

### **5.2.1 Tasarım Aşaması**

Frank Gehry daha önce tasarlamış ve uygulamış olduğu “The Great Fish” projesinde elde ettiği eğrisel yapı üzerindeki deneyimlerini Dancing House projesinde kullanmıştır. Yapıdaki bir çok kompleks eğimli bina hacimlerinin detaylandırılmasında tasarımın ilk aşamasından itibaren bilgisayar destekli tasarım ve üretim tekniklerine ihtiyaç duyulmuştur. Özellikle eğrisel camlarla kaplanan ve Ginger olarak adlandırılan bölümdeki bölge için bu teknik kullanılmıştır. Yapının dijital modelinin hazırlanması sekiz ülkeye dağılan mimar, yüklenici ve uygulamacı firmaların ortak çalışabilmesine kolaylık sağlamıştır. 1996 yılında açılışı yapılan yapı dokuz kattan oluşmaktadır. Ofis binası olarak tasarlanan yapının zemin katında kafe ve mağazalar en üst katında ise bir restaurant bulunmaktadır.

#### **5.2.1.1 Bilgisayar Destekli Şematik Tasarım Süreci**

Fred ve Ginger yapısının tasarımı eskizler ve fiziksel model ile geliştirilmiştir. Bu eskizler ve fiziksel model dijital ortamda üç boyutlu olarak sayısallaştırılmıştır. Bilgisayarın formları rasyonelleştirmesiyle fiziksel modeldeki noktaların matematiksel olarak yerleri belirlenmiştir. Tasarımın uygulanmasından önce bilgisayarın rasyonelize ettiği verilerden faydalanılarak yapı dijital ortamda üretilmiştir.

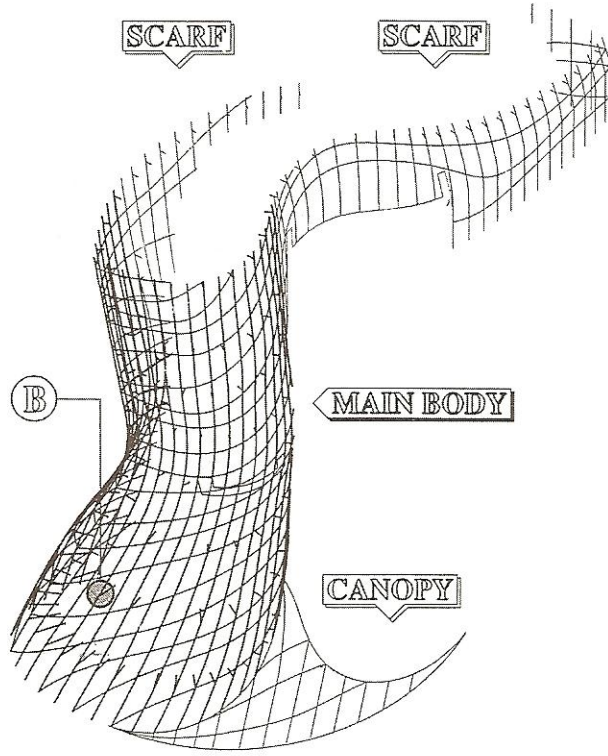
Fred & Ginger projesinin mimari projesi için IBM RISC6000 bilgisayarlarında CATIA yazılımı, statik projesi için Pro/ENGINEER yazılımı kullanılmıştır. CATIA yazılımı poligonlar yerine eğrisel yüzey tabanlı olarak çalışmaktadır. Bu özellik sayesinde yüzeylerin matematiksel tarifi yapılmış bütün noktaların eğrisel sürekliliği sağlanabilmiştir. Diğer CAD programlarında ise eğrisel yüzey yerine, eğri biçimi oluşturacak poligonlar kullanılmaktadır ve böylece eğriselliğin sürekliliği sağlanamamaktadır.

Fred & Ginger projesinin ilk tasarım süreci Frank Gehry'nin geçmiş projelerinde kullandığı üç boyutlu dijital sayısallaştırmayla benzerlik göstermektedir. Yine de bu proje Frank Gehry'nin CNC teknolojisi kullanarak, bilgisayarda oluşturulmuş dijital modelden fiziksel

model oluşturmasıyla göze çarpmaktadır. Gehry ve ekibi ilk olarak yapının kütlesini tasarlamıştır. Daha sonra Fred & Ginger kulelerini ve yüzeylerini 1:100 ölçekli alçıdan fiziksel maketi yapılmıştır. Oluşturulan maket CATIA’da yüzey modelinin yapılabilmesi için sayısallaştırılmıştır. CATIA’da oluşturulan model ile binanın 1:50 maketi CNC’lerle üretilmiştir. Bu büyük ölçek mimarların kule üzerindeki detaylarda çalışmasını kolaylaştırmıştır. İkinci fiziksel maket mimarlara yüzeyleri tasarlama şansı vermiştir. Gehry bilgisayarda yapılan tasarımlardaki değişlikleri doğrulamak için sıklıkla yeni bir doğrulama modeli yapmaktadır. Bu doğrulama maketi de 1:50 ölçekte ve sadece CATIA modeli tarafından yapılmaktadır.

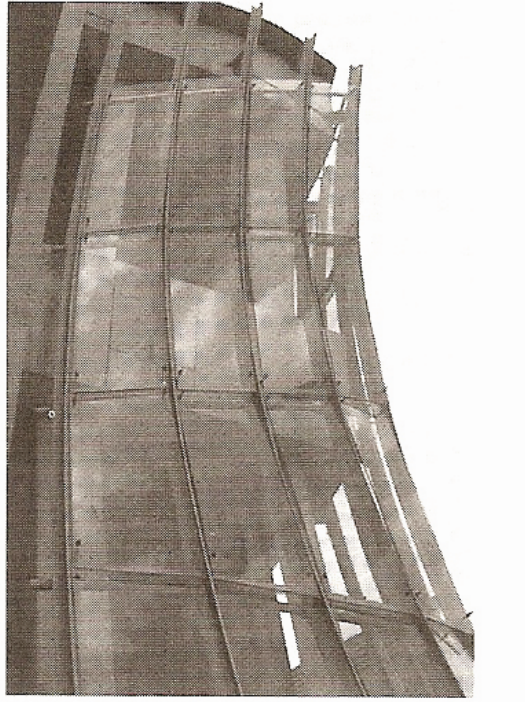
#### **5.2.1.2 Ginger Kulesinin Dış Cam Cephesinin Tasarımı**

Planda ve kesitte karmaşık eğriler içeren yüzey, Ginger kulesinin hacmini tanımlamaktadır. Yapıyı çevreleyen çift eğrili strüktürel elik binanın kütlesinin oluşumunda bir tasarım problemi yaratmaktadır. Bu problem cam cephenin iki katmana ayrılması ile çözülmüştür. Birinci katman üç boyutlu eğime ve elik taşıyıcılara sahip olan dış duvarın cam paneli, ikinci katman ise beton yüzey üzerine oturan çift camlı i duvarlardır. İki katmanın bu şekilde düzenlenmesiyle arada hava bariyeri oluşturulmuştur. Ginger kulesinin dış cam cephesi elik taşıyıcının belirli bir düzen içerisindeki sıralanışına uygun olarak düzenlenmiştir. Bu elik strüktür dikey olarak sıralanan elik taşıyıcılar ve bu elik taşıyıcıları diyagonal olarak kesen eğimli galvanize elik taşıyıcılardan oluşmaktadır. (şekil 5.9)



Şekil 5.9 Ginger Kulesi Dış Cam Cephesi Konsepti

Projenin ilk aşamalarında eğimli kaburgadaki bağlantılı cam yüzeylerden bir tanesini çıkarmak Frank Gehry'nin Barselona'da tasarladığı "The Great Fish" projesinde olduğu gibi uygulama aşamasında bir problem oluşturmaktadır. Bu problem sürgülü cam sistemi uygulanarak çözülmüştür. Sürgülü sistem binanın taşıyıcı sistemine döşemeye en yakın yerden bağlanmaktadır. Binadaki her bağlantı noktası bulunduğu yere göre çeşitli uzunluklarda ve açılarda olabilmektedir. Bu, tasarımcılar için aşılamaz bir problem olmamakla beraber iki çeşit bağlantı noktası üzerinde odaklanmışlardır. CATIA programında oluşturan grid yüzey ile her bağlantı noktasının yeri, açısı ve uzunluğu belirlemişlerdir. (Şekil 5.10)

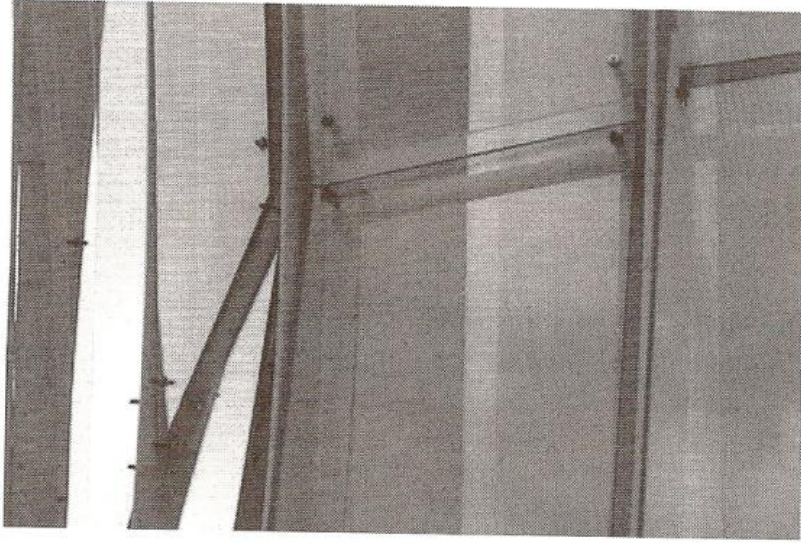


Şekil 5.10 Ginger Kulesi Dış Cam Cephesinden Bir Kesit

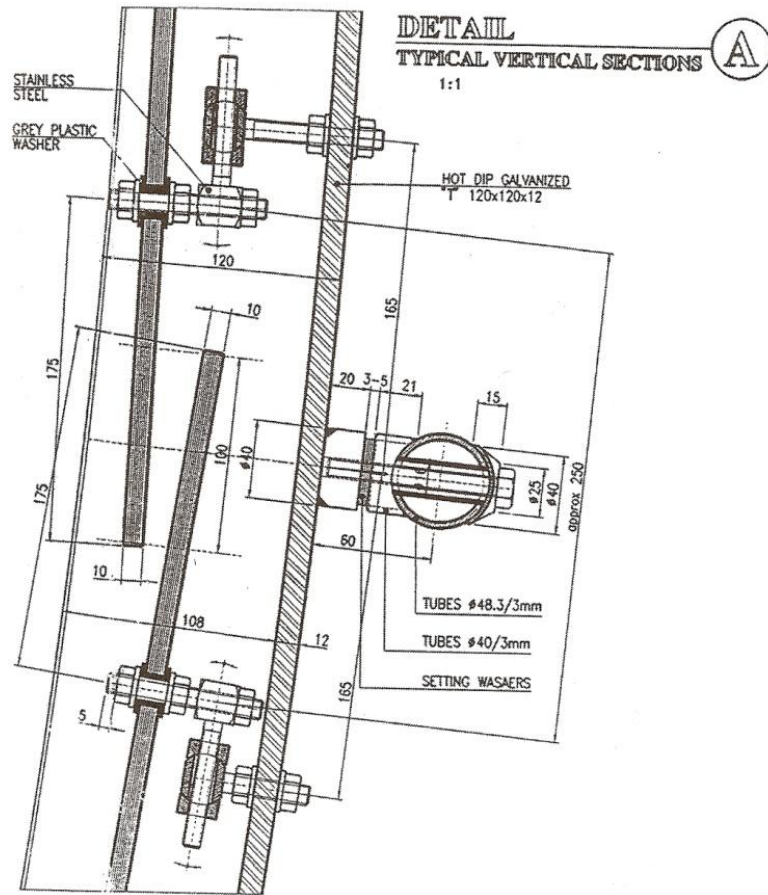
## 5.2.2 Uygulama Süreci

### 5.2.2.1 Ginger Kulesinin Üretim ve Montajlama Süreci

Mimarlar Ginger kulesinin dış duvarının yapısı kulenin ana kütesini oluşturmak için CATIA’da düzenlenmiş dijital verileri, çelik yapı firmasına göndermişlerdir. Ginger kulesinin daha önceki yapılan örneklerin haricinde çelik strüktürünün iki yönde eğimli olmasından dolayı zorluk yaşanmıştır. Çünkü iki yönde eğim yapabilen makine yoktur. Taşeron firmanın bu konuya önerisi ise strüktürü tek parçada üretmek yerine iki parçada üretmektir. Bu iki parçanın birisi çubuk taşıyıcılar, diğeri ise çubukları birbirine bağlayan bağlantı elemanlarıdır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 Ginger Kulesi Cam Panel Detayı

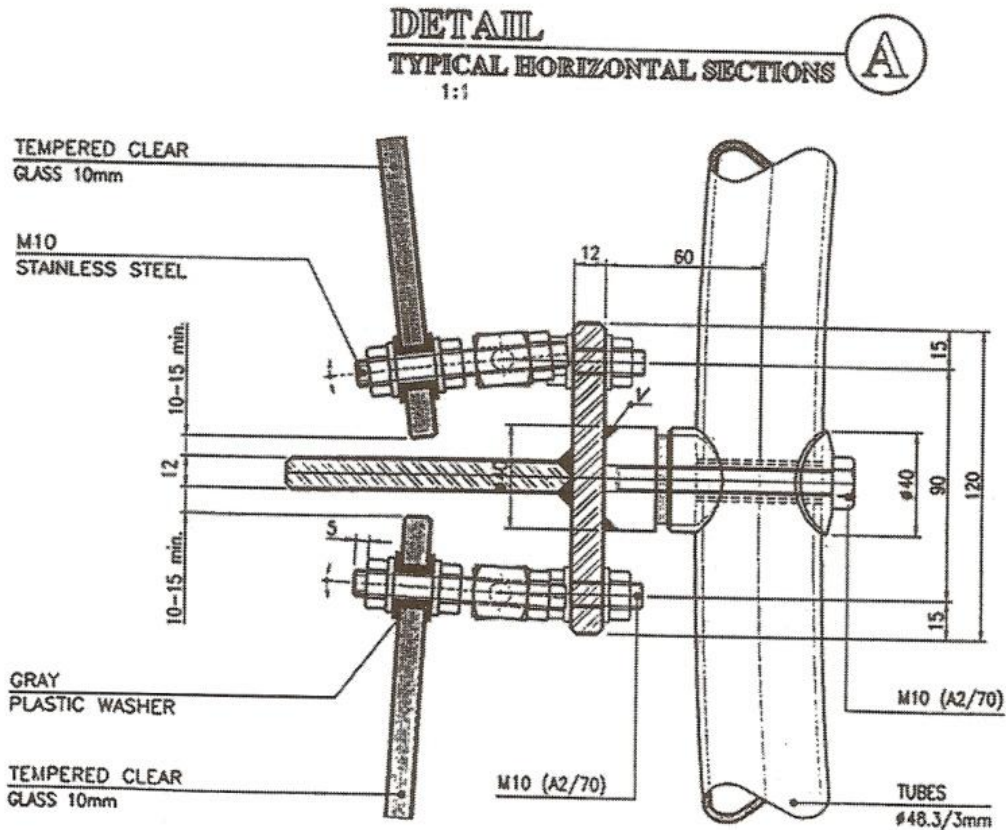


Şekil 5.12 Ginger Kulesi Cam Paneller ile Çelik Strüktürün Detay Çizimleri



Bu öneri mimari tasarımda sorun oluşturmamasından dolayı üretim tekniği olarak kabul edilmiştir. CATIA yazılımı ile yapının dijital modelinden bağlantı ve çubuklarının boyutları alınabilmektedir. Bu veriler ile çelik firması çubukları ve bağlantı noktalarını barkotlamıştır.

İlk başta düz olarak üretilen ana strüktürün çubukları pnömatik pres yardımıyla yerine uygun olarak eğilmiştir. Çubuklar iki aşamada eğilmiştir. İlk olarak tek yöne eğilmiş, eğilen nokta bir yere sabitlenmiş ve sonra ikinci yöne doğru eğilmiştir. Aynı yaklaşım bağlantı noktalarını eğme işleminde de kullanılmıştır. Bağlantı elemanı ilk olarak eğilen taşıyıcı üzerine monte edilmiş ve bağlantı elemanı aşağıya doğru eğilerek taşıyıcıya hizalanmıştır. (Şekil 5.12, Şekil 5.13)



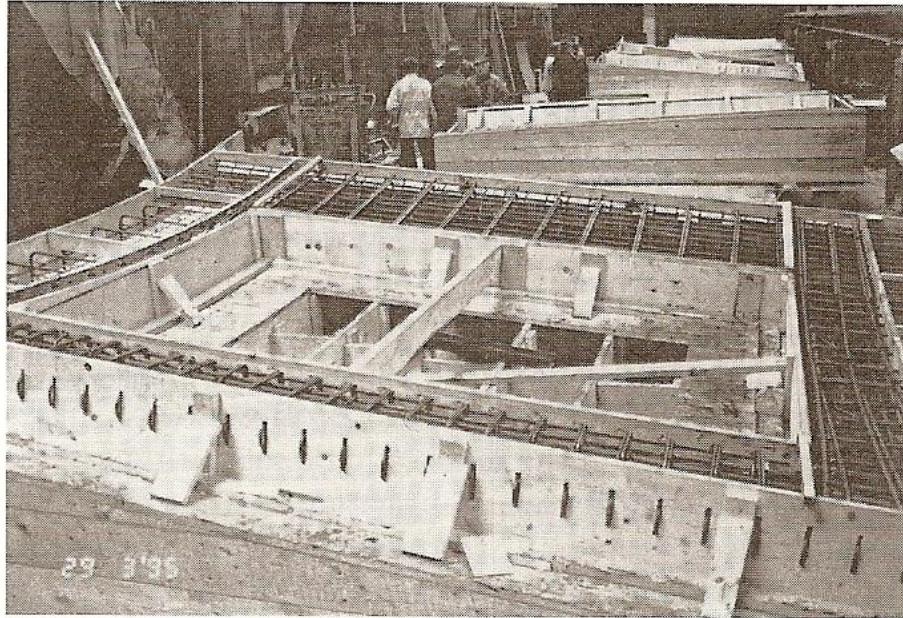
Şekil 5.13 Taşeron Firmanın Ginger Kulesi için Cam Cephe ile Çelik Strüktürün Bağlantı Detayı Önerisi

Ginger kulesinin ana konstrüksiyonunda galvanizli çelik kullanılmıştır. Strüktürün taşıyıcıları yapının döşemeleri olduğundan dolayı tek başına kendi kendini taşıyamamaktadır. Bu yüzden

bütün dış strüktür üretici firmanın İtalya'daki atölyesinde birleştirilmiştir. Bu montaj işlemi için bir kalıp dizgisine ihtiyaç duyulmuştur. Bunun nedeni ise strüktürdeki her çelik taşıyıcının birbirinin üzerine gelmesidir. Kalıp sistemi bu kurgunun oluşturulmasına referans oluşturmuştur. Kalıp sistemi üzerinde montajı yapılan strüktürün doğrulama ve hatalarının düzeltilme işlemi yapılmıştır. Doğrulama işlemi tamamlandıktan sonra bütün strüktür tekrar parçalanmıştır ve paketlenerek yerine monte edilmesi için Prag'a gönderilmiştir.

### 5.2.2.2 Fred Kulesinin Beton Panellerinin Tasarımı Ve Uygulaması

Fred kulesinin beton panel formları ve dalgalı duvarlarının üretimi sırasında CATIA'nın kullanımına ve yeni bir üretim sistemi geliştirilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Panellerin üretim sürecinde, planda ve kesitte eğilen duvar yüzeylerini sayısallaştırmak için üç boyutlu bilgisayar modeli kullanılmıştır. Yüzeyin düzenli bir şekilde iki yöne eğilmesinin tarifi için AutoCad ortamı yeteli olmuştur. CATIA'nın yerine AutoCad programının kullanılması panel taşeronları için de bir avantaj sağlamıştır. Plan ve kesitte her panelin kalıbının şeklini oluşturabilmek için AutoCad'de 30x30 cm gridlerden oluşan tel kafes model üretilmiştir. (Şekil 5.14)



Şekil 5.14 Fred Kulesi Prekast Pencerelelerinin Üretimi

Panel taşeronlarından Kappa S.R.O Fred kulesinin yüzeyini ve dalgalı duvar yüzeyini 3x3 metre gridlere bölmüştür. Ölçüsel olarak bu organizasyon tasarımı uyumaktadır. Her panel

bir adet pencere içermektedir ve pencereler içerisindeki dikey bölücüler ile çeşitlendirilmiştir. Panellerin üretimi için Kappa personeli atölyelerinde bir adet kalıp inşa etmiştir. Kalıp yapılırken dijital model ve 30 cm arayla alınan dikey kesitlerden faydalanılmıştır. Kalıbın malzemesi ise 30 cm genişliğindeki playwoodlardan üretilmiştir. Panellerin eğiminin az olması ve ahşabın kolay eğilebilmesinden dolayı kalıp malzemesi olarak playwood seçilmiştir. Ürünün cephedeki yerine uyumu için paneller kalıba tek seferde dökülmektedir. (Şekil 5.15)



Şekil 5.15 Fred Kulesi Prekast Pencereleri Montaja Hazır Hali

Fred & Ginger yapısının bazı kompleks bileşenlerinin üretilmesinde, CNC donanımı kullanılmamasına rağmen; projenin ilk aşamalarından itibaren bilgisayar destekli tasarım ve üretim tekniklerinin kullanılması, tasarım ve üretim sürecinin bütünü oluşturmaktadır. Dijital tasarım ve üretim yöntemleri Ginger kulesinin çelik strüktürünün üretilmesinde büyük öneme sahiptir. Ginger kulesinin çelik strüktürü ve Fred kulesinin panellerinin üretim süreçleri geleneksel yaklaşım ve CAD/CAM tekniklerin entegrasyonu ile oluşturulmuştur. Diğer bir deyişle tasarımdaki birçok adım otomatik olarak değil yaratıcı bir yaklaşımla oluşturulmuştur. Bu proje düzlemsel ve eğrisel yapı elemanlarının birlikte tasarlanması ve üretilmesine iyi bir örnektir.

## 6. SONUÇ

Tez kapsamında dijital teknolojilerin mimaride kullanılması kavramı 1920'li yıllardan bu yana geçirmiş olduğu evreler ve günümüz mimarisinde tasarım ve üretim sistemlerindeki uygulama süreçleri farklı endüstri alanındaki benzer uygulamayla araştırılmıştır. 1920'lerde ilk düşünce temelleri atılan bu sistemlerin sürekli gelişmesi ve bilgisayar teknolojilerinin ve otomasyon sistemlerinin ortaya çıkmasıyla daha belirgin bir şekilde kullanılmaya başladığı görülmektedir.

Bilgisayarın mimari tasarımda üç boyutlu modelleme ve animasyon gibi görsel temsil alanlarında kullanılması yaygındır. Ancak akademik çalışmalar bilgisayarın tasarımda otomasyon ve optimizasyon alanlarında kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. Tasarımdaki otomasyon sistemi ile bilgisayarın sistematik olarak tanımlanmış bir tasarım problemine, girilen bilgiler dahilinde, optimum çözümler bulma, alternatifler üretme gibi özellikler kullanılmaktadır.

Tez kapsamında anlatılan dijital tasarım ve üretim sürecinde kullanılan teknikler ve araçların geleneksel mimari düşünce sistemine farklı bir bakış açısı getirdiği görülmüş, özellikle üretim aşamasından sonuç ürünlerin oluşturulmasına kadar getirdiği yenilikler mimari tasarım ve üretim süreçlerinin farklılaşmasına neden olmuştur.

Dijital tasarım ve üretim sistemlerinin bazı endüstrilerde (gemi, uçak, araba, savunma endüstrileri) kullanımı mimaride kullanımından çok öncedir. Mimaride bu sistemlerin örnek alınarak kullanılması birçok olumlu sonuçlar vermiştir. Frank Gehry gibi dijital tasarım ve üretim yöntemlerini kullanan mimarlar birçok tasarımlarını bu sistemleri kullanarak gerçekleştirmiştir.

Dijital tasarım ve üretim tekniklerinin mimari süreç içerisindeki olumlu etkileri fazladır. Bununla birlikte her yeni sistemin geliştirilmesinde ve endüstriye entegre edilmesinde bazı zorluklar yaşanmaktadır. Ancak dijital teknolojileri mimari tasarım ve üretim sürecine tam

olarak entegre edebilmiş ofisler (F. Gehry, N. Foster...), bu sistemlerin mimaride kullanılmasıyla oluşturdukları kompleks tasarımların üretim aşamasında büyük kolaylık sağladığını görmüşlerdir.

Dijital teknolojilerin kullanılmasıyla birçok disiplinin ortak çalışması bazı zorluklar getirmesine rağmen, sonuç ürünün olumlu yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Bütün disiplinlerin tasarımın ve üretimin her aşamasında aktif rol oynaması hata payını minimuma indirmektedir. Yapı bilgi sisteminin kullanılmasıyla oluşturulan bu disiplinler arası ortam ile mimarlar yapıyı tasarlarlarken aynı zamanda dijital ortamda üretimine de hâkim olmaktadır. Bu sistem hata oranını azalttığı gibi tasarım ve üretim sürecinin kısılmasını da sağlamaktadır.

Mimari tasarım aşamasında dijital tekniklerin artması ile bilgisayarın mimaride kullanım yerleri çoğalmıştır. Farklı tasarım anlayışlarına dijital tekniklerle getirilen farklı yorumlar ise bu çeşitliliği zenginleştirmiştir. Tasarım sürecinde kullanılan dijital tekniklerin birçoğu ile sonuç ürünü bulunduğu ortam koşullarında görebilmek ve çevre etkilerinin öngörebilmek mümkün olmaktadır. Bu sayede sadece teknik yönden değil mimari yönden de hata payı düşürülebilmektedir.

Mimaride yaygın olarak kullanılan CAD yazılımlarının haricinde yeni geliştirilen dijital tasarım yazılımları ile yapı parametrik anlamda ayrıştırılmaktadır. Böylece dijital ortamda yapı teknik bir çizim olarak değil bir yapı ve o yapıyı oluşturan elemanlar olarak görülmektedir. Bu sayede yapı ile ilgili teknik bilgilere ulaşmak mümkün olmaktadır.

Dijital üretim araçlarının kullanılması öklid dışı geometrilere oluşan tasarımların üretilmesine olanak sağlamıştır. Dijital üretim araçlarının kullanıldığı yapılarda, yapı üretim aşaması gelenekselden çok farklılaşmaktadır. Hızlı ve hata payı düşük olan dijital üretim araçları maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, geniş bütçesi olan prestij yapılarında kullanılmaktadır. Ancak, dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin gelişmesi, maliyetlerinin düşmesi ile bu araçların mimarlık alanında yoğun kullanım bulacağı şüphesizdir.

## KAYNAKLAR

- Andritsos, F., & J. P.-P. (2000), "The Automation And Integration Of Production Processes In Shipbuilding", European Commission Joint Research Centre, Institute For Systems, Informatics & Safety, Dg Enterprise, Unit E.6.
- Ay, İ., (2004), "İmalat Yöntemleri", Balıkesir Üniversitesi Makina Mühendisliği, Balıkesir
- Banham, R., (1960), "Theory and Design in the First Machine Age", The Architectural Press, London, s:99-127, 202-214
- Batur, T. (1999), "Dünya Tersaneleri Ve Gemi Yapımındaki Gelişmeler", Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99, İstanbul
- Bloom, W., Knappe, J. (2005), "Matematik", Tudem Yayınları, İzmir s:45-47
- Çolakoğlu, B., & Yazar, T. (2007), "Mimarlık Eğitiminde Algoritma: Stüdyo Uygulamaları", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, cilt:22, Ankara, s:379-385
- Demirel, S. (1997), "Yaratma Süreci-İmgelem-Biçimleme", Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- G.Stiny, J.Gibs, (1972), "Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture" in C.V. Freeman, ed, Information Processing, North Holland, s:1460-1465
- Jencks, C., Korta, E., Esin, N., Çimen, B., Yurtsever, H., Ostertag, R., Kubat, A. S., Dostoğlu, N., (1996) "Mimari Akımlar" Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul s:68-89
- Kieran, S., & Timberlake, J. (2004), "Refabricating Architecture" McGraw-Hill, New York
- Kolarevic, B. (2003), "Architecture in The Digital Age Design And Manufacturing", Spoon Press, London, s:117-123
- Kolarevic, B. (2003), "Digital Morphogenesis - Architecture In The Digital Age: Design And Manufacturing", New York: Taylor & Francis, ABD, s:1-10, 11-28
- Köksal, H. (2005), "Dijital Mimarlıkta Tasarım ve Üretim Süreci", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Kutsal, A. C. (2007), "Biçim Gramerleri Dersi Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Kutsal, A. C. (2007) "Proje 2 Dersi Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Lobsinger, M. L. (2000). "Cedric Price: An Architecture Of The Performance". *Daidalos*, Berlin, s:22-29
- Lynn, G. (1999), "Animate Form" Princeton Architectural Press, New York, ABD, s:8-44
- Özbek, H., (2004) "Gelenekselden Türeyen Çağdaş Mardin Konut Yerleşmeleri-Gramer Tabanlı Tasarım", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Özsel Akipek, F. (2004), "Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarımı Geliştirme Amaçlı Kullanımları", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul
- Popescu, G. A., Mahale, T., & Gershenfeld, N. (2006), "Digital Materials For Digital Printing", Digital Fabrication Conference, MIT's Center For Bits And Atoms, Denver, ABD

Rahim, A. (2002), "Contemporary Techniques in Architecture", Architectural Design: Academy Press, John Wiley & Sons, Inc, US

Rocha, A. J. M. (2004), "Architecture Theory 1960-1980. Emergence of a Computational Perspective", Massachusetts Institute of Technology, ABD

Schodek, D., Bechthold, M., Griggs, K., Kao, K. M., & Steinberg, M. (2005), "Fred & Ginger, Rasin Building", *Digital Design And Manufacturing*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey s:43-46

Seely, J. (2004), "Digital Fabrication in the Architectural Design Process", Massachusetts Institute Of Technology Master Thesis, ABD

Snow, C.P. (1998), "*The Two Cultures*", Cambridge, Cambridge University Press. (1. Baskı 1959, İngiltere s:29-41

Terzidis, K. (2006), "*Algorithmic Architecture*", Architectural Press. ISBN: 0750667257, US s:65-105

Torus, B. (2008), "Konut Ön Tasarım Sürecinde Kural Tabanlı Bir Yazılım Modeli: Mardin Örneği", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

### İnternet Kaynakları

[1] <http://www.prusikloop.org/mrwatson/> erişim tarihi: 4.2008

[2] <http://www.audacity.org/SM-26-11-07-02.htm> erişim tarihi:4.2008

[3] <http://www.thepotteries.org/maps/thinkbelt.htm> erişim tarihi:5.2008

[4] <http://archigram.net/> erişim tarihi: 5.2008

[5] <http://www.arkitera.com/g57-sanal-mimarlik-ve-hiperyuzyeler.html?year=&aID=565&o=563> / erişim tarihi: 5.2008

[6] <http://www.metropolistanbul.com/public/temamakale.aspx?tmid=&mid=21> erişim tarihi:6.2008

[7] <http://www.franken-architekten.de/relaunch/index.html> erişim tarihi:6.2008

[8] <http://www.aqua-dynamics.co.uk/> erişim tarihi:6.2008

[9] <http://www.iaacblog.com/> erişim tarihi: 7.2008

[10] <http://physicsnobelprize.net/plasma.html> erişim tarihi:7.2008

[11] [http://www.cnc-step.com/html/cnc\\_frase\\_preise\\_\\_gunstig\\_\\_cnc.HTM](http://www.cnc-step.com/html/cnc_frase_preise__gunstig__cnc.HTM) erişim tarihi:8.2008

[12] <http://people.bath.ac.uk/> erişim tarihi: 8.2008

[13]<http://www.arkitera.com.tr/eventfile.php?action=displayEventFile&ID=99&year=2003&aID=2068> erişim tarihi: 12.2008

[14] <http://www.hellerson.com/photo.htm> erişim tarihi:9.2008

[15] <http://www.flickr.com/> erişim tarihi: 9.2008

[16] <http://www.highend3d.com/dictionary/N/NURBS> erişim tarihi:9.2008

[17] <http://www.archilab.org/public/2000/catalog/kolata/kolataen.htm> erişim tarihi:9.2008

- [18] <http://www.archidose.org/Nov00/112700.html> erişim tarihi:9.2008
- [19] <http://www.gehrytechnologies.com/> erişim tarihi:10.2008
- [20] <http://www.sydneyoperahouse.com/> erişim tarihi:10.2008
- [21] <http://www.fosterandpartners.com/> erişim tarihi: 10.2008
- [22] [http://www.bot.yildiz.edu.tr/\\_pages/index.php](http://www.bot.yildiz.edu.tr/_pages/index.php) erişim tarihi: 10.2008
- [23] [http://ci.columbia.edu/ci/subjects/profiles/arch\\_profile0.html](http://ci.columbia.edu/ci/subjects/profiles/arch_profile0.html) erişim tarihi:10.2008
- [24] <http://en.wikipedia.org/> erişim tarihi:10.2008
- [25] <http://www.dicle.edu.tr/~oakkoyun/Algo1.html> erişim tarihi:11.2008
- [26] <http://www.uwm.edu/~nsdsouza/Academic/Papers/Papers%20home%20pager/Three%20approaches%20intro.htm>, (D'souza, 2002) erişim tarihi:8.2008
- [27] [http://www.aec.at/de/archives/prix\\_archive/prix\\_projekt.asp?iProjectID=12452](http://www.aec.at/de/archives/prix_archive/prix_projekt.asp?iProjectID=12452) erişim tarihi: 6.2008
- [28] <http://www.zcorp.com/> erişim tarihi: 8.2008
- [29] <http://www.turkcadcam.net/rapor/otoinsa/fotopolimer.html> erişim tarihi:8.2008
- [30] [http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_Predock](http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Predock) 11.2008 erişim tarihi:10.2008
- [31] <http://www.salle.url.edu/~madrazo/ethz/phd/index/index.html> erişim tarihi:10.2008
- [32] [http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/frameset\\_history\\_design\\_sg.htm](http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/frameset_history_design_sg.htm) erişim tarihi:11.2008
- [33] <http://www.froebel.com/> erişim tarihi: 12.2008
- [34] <http://www.pbs.org/flw/buildings/> erişim tarihi: 12.2008
- [35] [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/yazici\\_dostu.php?kategori\\_id=7&soru\\_id=248](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/yazici_dostu.php?kategori_id=7&soru_id=248) erişim tarihi: 10.2008
- [36] <http://www.metropolistanbul.com/public/temamakale.aspx?tmid=&mid=21> erişim tarihi: 11.2008



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	27.03.1984	
Doğum yeri	Gaziantep	
Lise	1995-2002	Gaziantep Anadolu Lisesi
Lisans	2002-2006	Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2006-2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

2006-2008	Atölye Mavi Kare Mimarlık, Danışmanlık ve Görsel Sanatlar Hizmetleri Ltd. Şti.
2008-Devam ediyor	Çamoğlu Mimarlık ve İnşaat San. Tic. Ltd. Şti.