

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ MİMARLIK ANABİLİM DALI

HESAPLAMALI TASARIM DÜŞÜNCESİNİN İÇ MİMARLIK ALANINDAKİ
TASARIM OFİSLERİ ÜZERİNDEN OKUNMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep BAHAR

EKİM 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ MİMARLIK ANABİLİM DALI

**HESAPLAMALI TASARIM DÜŞÜNCESİNİN İÇ MİMARLIK ALANINDAKİ TASARIM
OFİSLERİ ÜZERİNDEN OKUNMASI**

Zeynep BAHAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK İÇ MİMAR"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 09 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 24 / 10 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Filiz TAVŞAN

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Hesaplamalı Tasarım Düşüncesinin İç Mimarlık Alanındaki Tasarım Ofisleri Üzerinden Okunması” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, inancını benden asla esirgemeyen başlangıcından sonuna dek her aşamada sabırla ve titizlikle yol gösteren, her zaman destekleyici ve yapıcı olan, yoluma ışık tutan çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Filiz TAVŞAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimde yer almayı kabul ederek beni onurlandıran saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Mustafa KÜÇÜKTÜVEK ve Doç. Dr. Özge İSLAMOĞLU’na değerli katkıları için teşekkür ederim. Bu tezdeki görüşmelere katkıda bulunan, kıymetli vakitlerini bana ayırarak tezime büyük katkı sağlayan tasarımcılara yardımlarından ötürü minnettarlığımı belirtmek isterim.

Son olarak, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Fevziye BAHAR ve babam İsmail BAHAR’a, kardeşim Safa BAHAR ve manevi desteğini sürekli hissettiğim kuzenim Fitnat Gül SERDAR’a teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının ülkeme ve iç mimarlık disiplinine katkı sağlayarak, yeni araştırmalara ve araştırmacılara faydalı olmasını temenni ederim.

Zeynep BAHAR

Trabzon, 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Hesaplamalı Tasarım Düşüncesinin İç Mimarlık Alanındaki Tasarım Ofisleri Üzerinden Okunması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Filiz TAVŞAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/10/2024

Zeynep BAHAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Sorunun Belirlenmesi	2
1.3. Önceki Çalışmalar	3
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	5
1.4.1. Çalışmanın Önemi.....	6
1.4.2. Çalışmanın Strüktürü.....	7
1.5. Hesaplamalı Tasarım Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	9
1.6. Hesaplamalı Tasarım Yöntemleri.....	11
1.6.1. Parametrik Tasarım	13
1.6.2. Topolojik Tasarım.....	16
1.6.3. İzomorfik Tasarım.....	18
1.6.4. Animasyona Dayalı Tasarım.....	19
1.6.5. Başkalaşım (Metamorfik) Tasarımı	20
1.6.6. Evrimsel Tasarım	21
1.6.7. Performansa Dayalı Tasarım.....	22
1.7. Hesaplamalı Tasarım Fabrikasyon Araçları	25
1.7.1. Eklemeli Yöntemle Üretim	26
1.7.2. Çıkarmalı Yöntemle Üretim.....	32
1.7.3. Biçimlendirici Yöntemle Üretim	34
1.7.4. Robot Temelli Üretim	35
1.8. Hesaplamalı Tasarım Programları.....	37

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	39
2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikleri.....	39
2.2. Örneklem Grubunun Belirlenmesi ve Seçimi	41
2.2.1. Örneklem Grubunun Tanıtımı.....	43
2.2.2. Görüşme Tekniği.....	50
2.2.3. Görüşme Sorularının Hazırlanması ve Uygulanması.....	51
2.2.4. Görüşme Tekniğinin Değerlendirilmesi.....	53
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
3.1. Hesaplamalı Tasarım Hakkındaki Genel Yaklaşımların ve Gelişim Sürecinin Belirlenmesine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar	55
3.2. Hesaplamalı Tasarımın Sürecinin İç Mimarlık Alanındaki Yeri ve Alana Katkıları İlişkin Bulgular ve Tartışmalar	68
3.3. Hesaplamalı Tasarımın İç Mekân Tasarım, Üretim ve Uygulama Sürecindeki Temel Kriterlerin Belirlenmesine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar.....	80
4. SONUÇLAR.....	94
5. ÖNERİLER.....	104
6. KAYNAKLAR	107
7. EKLER.....	114
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

HESAPLAMALI TASARIM DÜŞÜNCESİNİN İÇ MİMARLIK ALANINDAKİ TASARIM OFİSLERİ ÜZERİNDEN OKUNMASI

Zeynep BAHAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İç Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Filiz TAVŞAN
2024, 113 Sayfa, 3 Sayfa Ek

Endüstri ve teknoloji alanında yaşanan devrimler, her alanda olduğu gibi mimarlık alanında da birçok değişim ve dönüşümü beraberinde getirmiştir. İnsanoğlunun bu değişime ayak uydurmasıyla birlikte iç mimarlık alanında da düşünme, tasarlama ve üretme biçimleri değişmiştir. Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarımı sürecine ilişkin sorulara dayanan çalışmanın amacı, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye’deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesidir. Çalışmada nitel araştırma yöntemi ve veri toplama aracı olarak da yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Örneklem grubunun seçiminde üç kriter belirlenmiştir. Kriterlere uyan tasarım ofisleri çalışmanın örneklem grubunu oluşturmuştur. Çalışmada veri toplama aracı olarak hazırlanan görüşme formları örneklem grubuna e-posta yoluyla gönderilmiş, alınan olumlu dönütler neticesinde dijital ağlar üzerinden sözlü-yazılı veya çevrimdışı olarak görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiş kelime bulutu yöntemi ile de analiz sonuçları görsel olarak desteklenmiştir. Hesaplamalı tasarımın Türkiye’deki iç mimarlık projelerinde henüz yaygın olmadığını, ancak karmaşık formlar ve kullanıcı odaklı çözümler için stratejik bir araç olarak kullanıldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Hesaplamalı tasarım düşüncesi, Tasarım ofisleri, İç mimarlık, İçerik analizi

Master Thesis

SUMMARY

READING COMPUTATIONAL DESIGN THINKING THROUGH DESIGN OFFICES IN THE FIELD OF INTERIOR DESIGN

Zeynep BAHAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Interior Architecture Graduate Program
Supervisor: Professor. Dr. Filiz TAVŞAN
2024, 113 Pages, 3 Pages Appendix

Revolutions in the field of industry and technology have brought many changes and transformations in the field of architecture as in every field. As human beings keep pace with this change, the ways of thinking, designing and producing in the field of interior architecture have also changed. The aim of the study, which is based on questions related to the process of computational design in interior design, is to determine the current situation by reading the use of computational design in the field of interior architecture through designers in Turkey. Qualitative research method was used in the study and structured interview technique was used as a data collection tool. Three criteria were determined for the selection of the sample group. Design offices that met the criteria constituted the sample group of the study. The interview forms prepared as a data collection tool in the study were sent to the sample group via e-mail, and as a result of the positive feedback received, verbal-written or offline interviews were conducted over digital networks. The data obtained were analyzed by content analysis method and the results of the analysis were visually supported by word cloud method. The results show that computational design is not yet widespread in interior architecture projects in Turkey, but it is used as a strategic tool for complex forms and user-oriented solutions.

Key Words: Computational design thinking, Design offices, Interior architecture, Content analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tezin bölümleri.....	8
Şekil 2. Luigi Moretti'nin parametrik modelden türetilen stadyum modeli.....	13
Şekil 3. Watergate Kompleks görüntüleri.....	13
Şekil 4. Zaha Hadid, Vitra Fire İstasyonu (b) Jean Nouvel, Louvre Abu Dhabi Müzesi (c) Rem Koolhaas, CCTV (d) Frank Gehry, Walt Disney Konser Salonu.....	15
Şekil 5. Toros şeklinin kulplu bardağa dönüşümü.....	16
Şekil 6. Dagmar Richter, yüzeyin yeni yapısal rolü - Le Corbusier'nin Maison Domin® modelinin dönüşümü	17
Şekil 7. İzomorfik yüzeylerin oluşumu.....	17
Şekil 8. BMW Pavyonu, Bernhard Franken	18
Şekil 9. Galaxy SOHO (b) OPPO genel merkesi.....	18
Şekil 10. Authority otobüs terminali, tasarıma etki eden çevresel güçlerin animasyonu.....	19
Şekil 11. Metamorfik Mimari, Eisenman'ın BFL Software Ofisleri	20
Şekil 12. MDE 02 AA Strawberry Bar, Achim Menges, Evrimsel tasarım deneysel çalışması	21
Şekil 13. New York'taki Penn İstasyonu projesinin aydınlatma simülasyonu	23
Şekil 14. Penn Station projesindeki elektronik ekranların görsel netliğini araştırmak için tasarlanan aydınlatma simülasyonu	23
Şekil 15. Büyük Londra Meclisi'nin akustik ilerlemesi	23
Şekil 16. 3B baskı aşamaları.....	26
Şekil 17. Emerging Objects Group, SaltyglooPavillion, üç boyutlu yazıcı ve tuz kullanımı ile üretilmiş kabuk	26
Şekil 18. SLS sürecine şematik genel bakış (Kruth vd., 2015) ve SLS tekniği ile üretilmiş aydınlatma elamanı.....	27
Şekil 19. Platformun yalnızca dikey olarak hareket edebileceği geleneksel bir DLP 3D yazıcının çalışma prensibi	28
Şekil 20. D-Shape - The Radiolaria Pavilion ve Root Chair	29
Şekil 21. Contour Crafting (URL-12) ve Güney Kaliforniya Üniversitesi.....	30
Şekil 22. Belzberg Mimarlık, Mexico City, Ofis Binası, CNC Lazer Kesim ile Üretilen Karbon Çelik Kabuk.....	31
Şekil 23. Gehry'nin Düsseldorf'taki Zollhof Kuleleri için betonarme panellerin dökümüne yönelik strafor kalıpların frezelenmesi	32

Şekil 24.	Basınç, kavisli rulo ve bükme ile form oluşturmak için kullanılan biçimlendirici üretim teknikleri	33
Şekil 25.	Mobil yerinde üretim, çalışma parçasını sabit robotik çalışma hücresine getirmek ve çalışma parçasını robota göre referanslamak yerine robotun çalışma sahasına gitmesini ve çalışma ortamına göre kendini konumlandırmasını gerektirir	35
Şekil 26.	Seul Robot ve Yapay Zekâ Müzesi (RAIM) robotlarla üretim	35
Şekil 27.	Yapılan çalışmalar şematik anlatım.....	39
Şekil 28.	İçerik analizi	50
Şekil 29.	“Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu	52
Şekil 30.	“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu	57
Şekil 31.	“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu	59
Şekil 32.	“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu	61

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışmanın amaçları	5
Tablo 2. Çalışmanın adımları.....	39
Tablo 3. Örneklem grubu	40
Tablo 4. “Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” sorusuna ait bulgular	51
Tablo 5. “Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?” sorusuna ait bulgular.....	53
Tablo 6. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait bulgular.....	55
Tablo 7. Tablo 7. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular.....	57
Tablo 8. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular.....	59
Tablo 9. “Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?” sorusuna ait bulgular	61
Tablo 10. “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?” sorusuna ait bulgular	64
Tablo 11. Tasarımcıların cevaplarından alınan kavramlar üst ve alt başlıklarda kategorize edilmesi	66
Tablo 12. “İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?” sorusuna ait bulgular	68
Tablo 13. “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?” sorusuna ait bulgular.....	73
Tablo 14. “İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?” sorusuna ait bulgular	76
Tablo 15. “Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?” sorusuna ait bulgular	79
Tablo 16. “Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?” sorusuna ait bulgular	82
Tablo 17. “Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?” sorusuna ait bulgular.....	85

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABS: Akrilonitril Bütadiyen Stire

AEC: Architecture, Engineering and Construction

BIM: Building Information Modelling

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

CATIA: Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée

CC: Contour Crafting

CFD: Computational Fluid Dynamics

CNC: Computer Numerical Control

DLP: Digital Light Processing

FABLAB: Fabrication Laboratory

FDM: Fused Deposition Modeling

MIT: Massachusetts Institute of Technology

NURBS: Non-Uniform Rational Basis Spline

PLA: Polylactic acid

PMMA: Polimetil metakrilat

PTC: Parametric Technology Corporation

SLA: Stereolithography

SLS: Seçici Lazer Sinterleme

TDK: Türk Dil Kurumu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüz mimarlık ve iç mimarlık uygulamalarında, dijital teknolojilerin ve hesaplamalı tasarım araçlarının artan kullanımı, tasarım süreçlerinde köklü değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Tasarım ofisleri, bu dijital araçları hem tasarım hem de uygulama aşamalarında etkin bir şekilde kullanmaya başlamıştır. Hesaplamalı tasarımın günümüz mimari ve iç mimari alanlarında yöntem, araç ve uygulama ayaklarında köklü değişiklikler oluşturduğu düşünülmektedir. Bilgisayar teknolojilerinin ve algoritmaların kullanımına dayanan bu yöntem, karmaşık geometrilerin ve tasarım problemlerinin çözümünü büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Hesaplamalı tasarım, tasarım sürecinde verimliliği artırırken, aynı zamanda estetik ve fonksiyonel yenilikler getirmektedir. Dünya genelinde, bu yöntem mimari ve iç mimari pratikte sürekli olarak daha fazla benimsenmekte ve tasarımın her aşamasında kullanılmaktadır. Hesaplamalı araçlar, tasarımcıların çeşitli simülasyonlar yapabilmesine, tasarım alternatiflerini hızla değerlendirebilmesine ve yapı performansını optimize edebilmesine olanak tanıyabilmektedir. Hesaplamalı tasarımın sunmuş olduğu bu simülasyon ve algoritmalar ile tasarımcı tasarımının uygulanmasından önce neredeyse tüm dış etken, işlev, süreç ilişkileri üzerine fikirler sahibi olabilmekte olası problemleri önceden görebilmektedir. Dino (2015)'da hesaplamalı tasarım teknolojilerin tasarımda uygulanması, mimarideki en önemli paradigma değişimlerinden biri olarak değerlendirmektedir. Bu değişim, tasarım düşüncesi, süreçleri ve form üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. İç mimari tasarım sürecinde mekânlarda oluşturulan form, açıklık, dokuların mekânın fonksiyonel, çevresel etmenlere karşılık nasıl bir senaryo oluşturacağına dair tasarımcıya veriler sunmakta ve bu tasarım sürecinde sunulan veriler sayesinde tasarımcılar ortam, kullanıcı ve çevre için en uygun tasarım kararlarını verebilmektedir.

Bu çalışmada hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi, hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları, hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi alt amaçları kapsamında temel olarak hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye'deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesi hedeflenmektedir.

1.2. Sorunun Belirlenmesi

Endüstri ve teknoloji alanında gerçekleşen devrimler her alanda olduğu gibi mimarlık alanında da birçok değişim ve dönüşümü beraberinde getirmiştir. İnsanoğlunun da bu var olan değişime adaptasyonu ile birlikte iç mimarlık alanında da düşünme, tasarlama ve üretim biçimleri de değişmiştir. Bu kapsamda en büyük değişimlerden birisi de el yapımından makine yapımına ve sayısal yapıma doğru giden tasarım, üretim ve uygulama biçimlerinde gerçekleşmiştir. İlk başlarda hesaplamalı tasarım yöntemleri iç mimarlık alanda minik modüller, maketler gibi minör elemanlarda kullanılsa da günümüzdeki gelişmeler sonucunda hesaplamalı tasarım yöntemleri ile birlikte iç mekânların tamamının üretimi üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

Dünya’da hesaplamalı tasarım örneklerinin her yıl artarak çoğalmasına karşılık ülkemizde bu alanda yapılan tasarımların daha az sayıda olduğu düşüncesi problem olarak görülmektedir (Oxman, 2008; Erdem ve Özkar, 2011; Tepavčević, 2017). Ülkemizde iç mimari alanda birçok örneğin olmasına karşılık hesaplamalı tasarım alanındaki projelerin yeterli sayıda olmadığı görülmektedir. Hesaplamalı tasarım projeleri arttığında bu alanda neler yapılabildiği konusundaki farkındalık ve olanaklarında artacağı düşünülmektedir.

Aynı zamanda günümüzde hesaplamalı tasarımın mimari tasarım ve uygulama süreçlerinde güçlü bir şekilde yer almasına karşın (Kolarevic, 2003), mimari tasarım eğitiminde yeterince ele alınmadığı düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak da Türkiye’deki tasarım öğrencilerinin hesaplamalı tasarım, hesaplamalı tasarımın önemi ve sağladığı kolaylıklar hakkında farkındalığının olmaması bir diğer sorun olarak görülmektedir. Alan yazında da ifade edildiği üzere, eğitim programlarındaki bu yetersizlik, öğrencilerin çağdaş tasarım araçlarını etkin kullanabilme yetkinliğini sınırlamaktadır (Oxman, 2008; Celani, 2012; Çolakoğlu ve Yazar, 2013; Kösençig vd., 2024). Bu nedenle ülkemizde üniversite ders programlarındaki eksikliğin kapatılmasına yönelik; piyasada hesaplamalı tasarım kullanımının ve alan için öneminin vurgulanması sonucunda hesaplamalı tasarım programlarının ders paketlerinde yer alması gerektiği açıktır. Öğrencilerin düşündüğünü yansıtabilme kolaylığı sayesinde öğrencilerin tasarım gücünün artacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, özellikle ikinci yıldan itibaren verilecek hesaplamalı tasarım eğitimleri, üniversite eğitimi ve piyasa deneyimi arasında köprü görevi görmelidir.

1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışmada hesaplamalı tasarım, hesaplamalı tasarım yöntemler, araçları ve iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım ile ilgili literatür çalışması yapılmış ve konuya ilişkin tez, makale ve diğer dokümanlar incelenmiştir. Hesaplamalı tasarım kavramı çok geniş bir çerçevenin kapsam alanına girmekte ve birçok alanda ele alınmaktadır. Bu bağlamda araştırma alanını daraltmak için çalışma kapsamında hesaplamalı tasarım yöntemleri ve iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarımı konu edinen alan yazın taranmıştır. Bu kapsamda daha önceden yapılmış çalışmalar şu şekildedir:

Koloravic (2004), “Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age” adlı makalede mimari tasarım ve üretim süreçlerine ilişkin yerleşik anlayışlara ve bunların malzeme ve ekonomik kısıtlamalarına alternatifler sunan en son dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin mimari uygulamasındaki son gelişmelerin etkilerini açıklamakta ve incelemektedir. Mimarlık ve üretim araçları arasındaki tarihi ilişkinin gözden geçirilmiş bir anlayışını sunmaktadır.

Kutsal (2009), “Dijital Tasarım ve Üretim Tekniklerinin Mimaride Kullanılması” başlıklı tezinde, dijital tasarım ve üretim yöntemlerinin mimarlık pratiğine entegrasyonu sürecinde yaşanan değişiklikleri ve bu süreçlerin örnekler üzerinden nasıl dönüştüğünü incelemektedir. Çalışma, dijital tasarım yöntemlerinin ve dijital üretimde kullanılan araçların detaylı bir şekilde ele alınmasını sağlar. Bu bağlamda, dijital teknolojilerin tasarım ve üretim süreçlerinde nasıl kullanıldığını anlamak ve bu süreçlerin geleneksel tasarım yaklaşımlarından belirgin farklarını ortaya koymak amaçlanmıştır.

İpek (2014), “Hesaplamalı Tasarım Yaklaşımları: Bütünleşik Bir Tasarım Önerisi” başlıklı tezinde, hesaplamalı mimari tasarım yaklaşımlarının, disiplinler arası iş birliğiyle ürünler üzerindeki yaratıcı ve yenilikçi etkilerini vurgulamak hedeflenmiştir. Bu kapsamda, mimarlık ve strüktür mühendisliği alanlarının bir araya gelmesiyle, hesaplamalı bir ürün tasarımı geliştirilmiştir. Tasarım önerisi, strüktür ögesinin mimari tasarımda kritik bir rol oynadığı düşüncesiyle, strüktür odaklı bir yaklaşımla şekillendirilmiştir.

Erbaş (2015), 'Hesaplamalı Tasarım Yaklaşımının Bilgisayar Destekli Tasarım Eğitimine Etkisi' başlıklı makalesinde, hesaplamalı tasarım yaklaşımını temel alan bir tasarım örneğini ele almış ve bu uygulamanın bilgisayar destekli tasarım eğitime olan

etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, elde edilen tasarımın malzeme detayları süreç boyunca dikkate alınmış ve bu detayların kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Eryayar (2017), 'Endüstri Ürünleri Tasarımı Eğitiminde Hesaplamalı Tasarım Yaklaşımı' başlıklı makalesinde, bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojilerinde giderek yaygınlaşan parametrik ve hesaplamalı tasarım modelleme sistemlerini incelemiştir. Bu sistemlerin, yaratıcı süreci hızlandırarak tasarımcılara alternatif form üretme konusunda sınırsız olanaklar sunduğu vurgulanmaktadır. Çalışmanın amacı, hesaplamalı tasarım yaklaşımının tasarım eğitimi içindeki rolünü ve önemini araştırmaktır.

Demirarslan ve Demirarslan (2020), 'Digital Technology and Interior Architecture' başlıklı makalelerinde, mekânlarda kullanım konforunu artırmak amacıyla dijital teknolojilerin uygulanmasını ele almış ve bu tür uygulamalara olan ilginin gün geçtikçe arttığını belirtmiştir. Çalışmada, iç mimarlıkta ve iç mekân tasarımında dijital teknolojinin kullanımı ve etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla çalışmada iç mekân tasarım sürecinde kullanılan dijital teknolojiler 4 kategoride incelenmiştir. Bu kategoriler, Dijital Tasarım: Çizim, Modelleme, Sunum; Dijital Üretim: CNC, 3D Yazıcı, Lazer 3D Tarayıcı; Parametrik Tasarım, Animasyon Teknolojileri ve Sanal Gerçeklik; Dijital Mekân Tasarımı: Siber Uzay ve Akışkan Tasarımı şeklindedir.

Mutlu Avinç ve Vural (2020), "Bir Model Önerisi: Hesaplamalı Tasarım Bağlamında Değişen Tasarım Süreci" başlıklı makalesinde, hesaplamalı tasarım süreçleri ve modelleri, belirli örnek yapılar üzerinden incelenmek üzere ele alınmıştır. Bu incelemelerde, Oxman'ın (2006) yapmış olduğu sınıflandırma esas alınarak örnek seçimleri yapılmıştır. Konunun geniş kapsamı göz önünde bulundurulduğunda, tasarım süreçlerine dair düşüncelerini paylaşan ve yakın zamanda hayata geçirilmiş projelere ağırlık verilmiştir. Seçilen bu örnekler, tasarım sürecini sistematikleştiren araştırmacılardan Archer'ın geliştirdiği model doğrultusunda analiz edilmiştir. Örnekler; hesaplamalı tasarım süreçleri, tasarlanırken nasıl bir yol izlendiği, kullanılan araçlar incelenerek, hesaplamalı tasarım süreçlerine ilişkin gözlem yapılmış ve tasarım sürecinin nasıl ilerlediği aşamalar üzerinden görülmeye çalışılmıştır.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım sürecinde nasıl ele alındığı, tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinin nasıl ilerlediği, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki önemi ve yeri, iç mimarlık alanına kattığı avantaj ve dezavantajlarının neler olduğu gibi sorulardan yola çıkan bu çalışmanın amacı; temel olarak hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye’deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesidir. Çalışmanın alt amaçları ise hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi, hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları, hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerinin belirlenmesidir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmanın amaçları

ANA AMAÇ	ALT AMAÇLAR
Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye’deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesi.	1)Hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi. 2)Hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkılarının belirlenmesi. 3)Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerinin belirlenmesi.

Araştırmanın alt amaçlara bağlı olarak araştırma soruları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu alt başlıklar şu şekildedir:

1.Grup sorular olan tasarımcının genel yaklaşımı ve kendini geliştirme sürecine dair oluşturulan sorulardan oluşmaktadır. Bu bağlamda tasarımcıların hesaplamalı tasarıma genel yaklaşımlarının neler olduğu, hesaplamalı tasarıma ne zaman ve nasıl başladıkları, eğitim hayatlarında bu alanda herhangi bir ders alıp almadıkları ya da bir kursa katılıp katılmadıkları öğrenilmek istenmiştir. Tasarımlarında kullandıkları yöntem, araç ve programların neler oldukları, bu araç ve programlara nasıl erişim sağladıkları hakkında bilgiler elde edinilmek istenmiştir.

2.Grup soruları oluşturan iç mimarlık alanı üzerine değerlendirmeler başlığında, tasarımcıların hesaplama tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi, iç mimarlığa katkıları ve iç mimarlık alanındaki gelişimine dair bilgiler edinilmek istenmiştir.

3.Grup soruları oluşturan hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki tasarım, üretim ve uygulama süreci başlığında ise hesaplamalı tasarım kararının nasıl alındığı, tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinin nasıl ilerlediği, bu süreçlerde karşılaşılan problemler ve tasarım aşamasındaki ürün ile uygulama sonrası sonuç ürün arasında farkların olup olmadığına dair bilgiler edinilmek istenmiştir.

Araştırmada görüşme yapılan tasarımcıların, hesaplamalı tasarım yolu ile iç mekân projelerine yaklaşım süreçleri ve hesaplamalı tasarım hakkındaki görüşlerinin hesaplamalı tasarım-iç mimarlık ilişkisi ekseninde yorumlanması hedeflenmektedir.

Çalışmanın varsayımları şu şekildedir:

Varsayım 1: İç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım ile elde edilen ürün ile üretim-uygulama süreci sonrası ortaya çıkan ürün arasında farklılıklar olmaktadır.

Varsayım 2: Hesaplamalı tasarım projelerinde dijital test ve prototipleme süreci, uygulama hatalarını azaltarak maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Varsayım 3: Hesaplamalı tasarımın sunduğu hesaplamalı modelleme olanakları, iç mimarlık projelerinde karmaşık ve estetik formların yaratılmasına katkı sağlarken, geleneksel yöntemlerin ötesinde daha yaratıcı mekânsal çözümler geliştirme imkânı sunmaktadır.

Tez kapsamında hesaplamalı tasarım konusu iç mimarlık alanındaki tasarımcılar üzerinden ele alınmaktadır. Yapılan anket görüşmesi aracılığıyla tasarımcılara hesaplamalı tasarım hakkında sorulacak sorular ışığında değerlendirme yapılmıştır. Bu bağlamda ülkemizde faaliyet gösteren tasarım ofisleri taranarak iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım yapan ofisler incelenmiştir.

1.4.1.Çalışmanın Önemi

Bu çalışmanın hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki giderek artan etkisini ve tasarım süreçlerine getirdiği yenilikleri anlamak açısından önem taşıdığı düşünülmektedir. Hesaplamalı tasarım, iç mimarlık projelerinde tasarımcının yaratıcı düşünme becerilerini dönüştürürken, üretim ve uygulama süreçlerinde de yeni bir disiplin ve doğruluk sağlamaktadır. Çalışma, seçilen tasarım ofislerinin ve tasarımcıların deneyimleri ışığında, bu yöntemlerin iç mimarlıkta nasıl kullanıldığını ve karşılaşılan zorlukları

detaylandırmaktadır. Böylece, hesaplamalı tasarımın sektördeki yerini, mevcut uygulamaların sınırlarını ve gelecekteki potansiyelini ortaya koyarak hem akademik araştırmalara hem de profesyonel pratiğe katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışma, iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarımın gelişimine yönelik yeni bir bakış açısı sunarak, bu disiplinin gelecekteki yönelimlerini şekillendirme potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir.

Hesaplamalı tasarım kavramının önemi ise iç mimarlık alanında kullanımı ile birlikte daha komplike, uygulaması zor olarak düşünülen birçok tasarımın hayata geçirilmesini mümkün kılabilmesindedir. Hesaplamalı tasarım sayesinde iç mimarların tasarım fikirleri daha geniş çevrelere yayılabilmekte ve yaratıcı fikirlerin gelişmesine daha çok olanak tanınabilmektedir. Hesaplamalı tasarımın sunmuş olduğu tüm imkânlar ise tasarımcıların yapmış olduğu uygulamalardan somut olarak okunabilmektedir.

1.4.2. Çalışmanın Strüktürü

İç mimarlık alanında hesaplamalı tasarımın tasarım ofisleri üzerinden okunması ile şekillenen çalışmanın strüktürü beş bölümden oluşturulmuştur (Şekil 1).

Hesaplamalı tasarım konusunda çalışmanın kuramsal kısmını oluşturup konu hakkında genel bilgiler verildiği birinci bölümde; araştırma problemini, çalışmanın amacı ve kapsamını belirttikten sonra hesaplamalı tasarım kavramıyla ilgili tanımlar, hesaplamalı tasarım yöntem, araç ve programlarının aktarılması, iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım başlıkları altında literatür bilgileri verilerek çalışma bilimsel zemine oturtulmuştur.

Hesaplamalı tasarım başlığı altında; hesaplamalı tasarımda kullanılan yöntemler, araçlar, programlar ve hesaplamalı tasarımın tasarım süreci ile ilgili temel başlıklar ele alınmıştır. Çalışma hesaplamalı tasarımın tasarım ofisleri üzerinden okunmasını temel aldığından tasarım ofislerinin hesaplamalı tasarım tasarımları daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bununla beraber Türkiye’de hesaplamalı tasarımın gelişimi ve tasarım yaklaşımları literatür kısmında ele alınmıştır. Ayrıca ülkemizde ve dünyada bulunan hesaplamalı tasarım projeleri örnekler üzerinden incelenmiştir.

İkinci bölümde ise çalışmanın ana amacı olan iç mimarlık alanında yapılan hesaplamalı tasarımın tasarımcılar üzerinden tespit edilmesi amacıyla Türkiye’deki

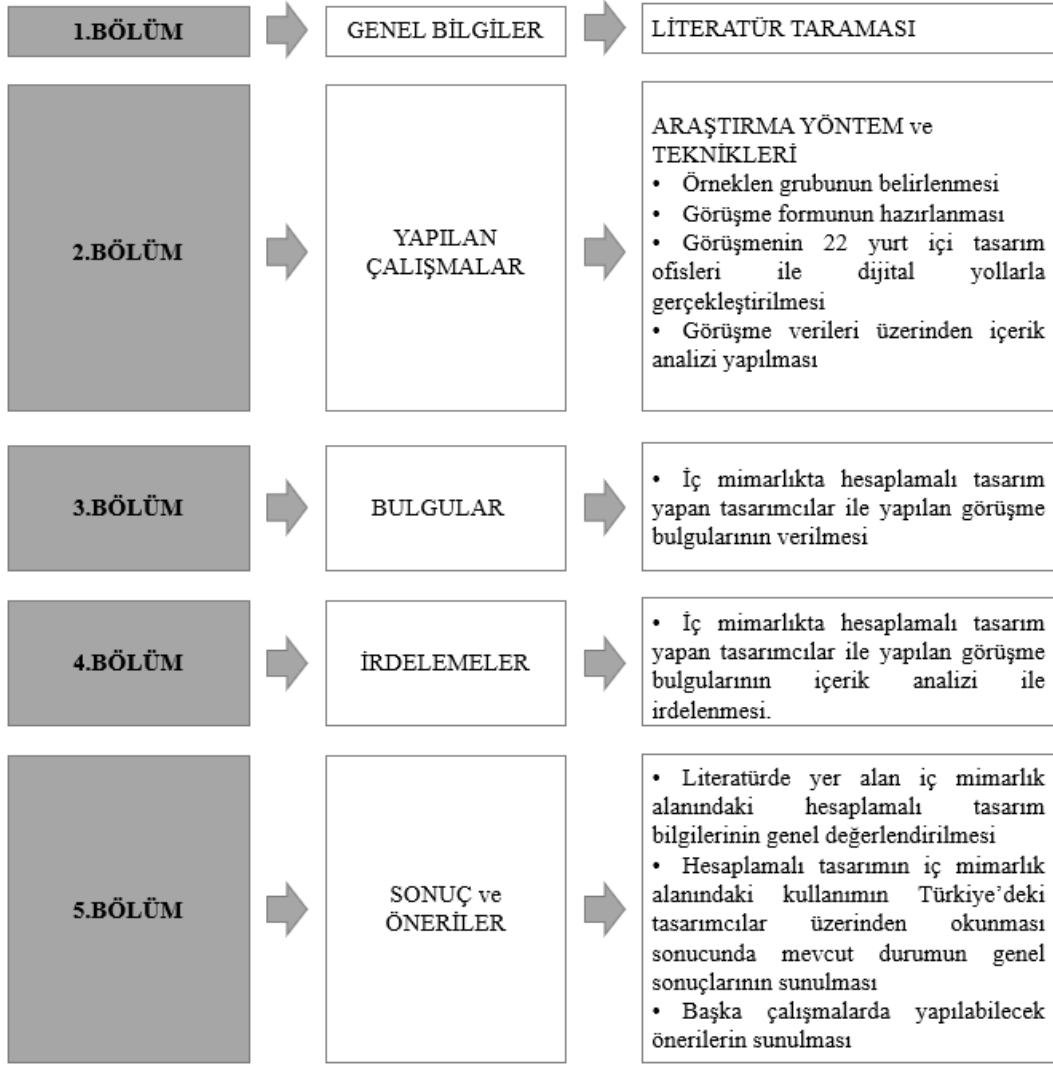
tasarımcılar literatürde taranarak örneklem grubu oluşturulmuştur. Oluşturulan örneklem grubuna görüşme soruları hazırlanarak dijital ortamda (Zoom, Microsoft Teams, Skype gibi) gerçekleştirilmiştir. Görüşme sonucu elde edilen veriler içerik analizi yapılmıştır.

Tezin üçüncü bölümü olan bulgular bölümünde; görüşme formundan elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bu bağlamda hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında kullanımına dair görüşler ortaya konulmuştur.

Tezin dördüncü bölümünü oluşturan irdellemeler bölümünde; elde edilen bulgular irdelenmiştir. Hesaplamalı tasarımın ülkemizde ve iç mimarlık alanında kullanımı, iç mimarlık alanındaki önemi ve yeri, tasarım süreci veriler ışığında tartışılmıştır.

Tezin son bölümü sonuç ve öneriler bölümünde ise; bulgular ve irdellemeler ışığında iç mimarlık alanındaki hesaplamalı tasarıma dair çıkarımlarda bulunulmuştur

Çalışma sürecinde uygulanan bölümler aşağıdaki şekilde verilmiştir:



Şekil 1. Tezin Bölümleri

1.5. Hesaplamalı Tasarım Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Tasarım sürecinin başlangıç ve son adımları boyunca bilgisayar teknolojilerinin sürekli bu süreç içinde olması karmaşık tasarım düşüncelerin somut bir hal almasına olanak vermiştir. Tezin bu başlığı altında hesaplamalı tasarım kavramının araştırmacılar tarafından nasıl tanımlandığı ve literatürde nasıl geçtiği ele alınacaktır.

Marx (2000), erken tasarım aşamasında kararların eskiz yerine bilgisayar ortamında ve üç boyutlu dijital platformlar üzerinden alındığı tasarım yöntemini "dijital tasarım" olarak tanımlamıştır.

Akipek (2004) ise, doktora tezinde "tasarım teknolojileri" kavramını ele almış ve bu kavramın yerine sıklıkla "dijital tasarım", "dijital mimarlık", "bilgisayar destekli tasarım" ve "bilgisayar ortamında mimarlık" gibi terimlerin kullanıldığını vurgulamıştır. Ayrıca Akipek, "dijital" teriminin Türkçede "sayısal" karşılığını taşıdığını ifade etmiştir.

Oxman (2006), "Theory and Design in the First Digital Age" başlıklı makalesinde, dijital çağın getirdiği yeni tasarım modellerini tartışarak, bu yaklaşımları "dijital tasarım" olarak tanımlamaktadır. Oxman (2012) ise, "Novel Concepts in Digital Design" başlıklı çalışmasında, yeni tasarım modellerini "hesaplamalı modeller" başlığı altında sınıflandırarak, dijital tasarım kavramını kapsamlı bir biçimde kullanmaya devam etmektedir.

Turan (2009), "Dijital Tasarım Sürecinin Geleneksel Tasarım Stüdyosuna Etkileri" başlıklı doktora tezinde, mimarlıkta tasarım geliştirme sürecinde kullanılan bilgisayar tabanlı teknolojileri kapsayan yaklaşımı "dijital tasarım" olarak tanımlamıştır. Bu tanım, dijital teknolojilerin tasarım sürecine entegrasyonunu vurgular.

Çolakoğlu (2011) ise "computational" teriminin Türkiye'deki terminolojik karşılığının henüz tam anlamıyla oturmadığını belirtmekte; bu kavramın farklı kaynaklarda "hesaplamalı" ya da "işlemsel" olarak ifade edildiğine dikkat çekmektedir.

Menges ve Ahlquist (2011), hesaplamalı tasarımı, belirli bir çevreyi oluşturan unsurlar arasındaki etkileşim ve bilgi işleme süreci olarak tanımlamaktadır. Hesaplamalı tasarım sürecinde, tasarımcının problemi çözmek amacıyla kod yazmasıyla algoritmalar tasarımın bir parçası haline gelmekte; bu süreç yaratıcılığın araştırıldığı bir alan sunmaktadır. Algoritmalar hem problemin tanımı hem de çözüm önerisidir. Peters ve Peters (2013), algoritmik düşüncenin, üretken kodun sonuçlarını anlamak, yeni seçenekleri araştırmak ve alternatif tasarım olasılıklarını değerlendirmek için yorumlayıcı bir rol üstlendiğini vurgulamaktadır.

Çinici (2012), "computation" teriminin, özellikle tasarım bağlamında, mimarlık ve tasarım üzerine geliştirdiğimiz düşünme alışkanlıkları çerçevesinde yerel coğrafyamızda tam anlamıyla karşılığını bulmakta güçlük çekilen bir kavram olduğunu ifade etmiştir. Bu kavramın, yerel tasarım pratikleri ve teorik yaklaşımlar içerisindeki yerinin henüz tam anlamıyla oturmadığına dikkat çekerek, tasarım süreçlerinde "computation" ile ilişkili

metodolojilerin anlaşılması ve benimsenmesi noktasında kültürel ve terminolojik zorlukların var olduğunu vurgulamaktadır.

Çağdaş, Bacinoğlu ve Çavuşoğlu'na (2015) göre hesaplamalı tasarım yaklaşımları matematiksel, mantıksal, ilişkisel karşılıkları olan parametrik, üretken, performansa dayalı tasarım yaklaşımları ile tasarım sürecine yansımaktadır. Sayısal ortamın sağladığı hesaplamalı tasarım kavramsal olarak incelendiğinde tipik tasarım iş akışlarını iyileştirmenin bir yolu olarak paradigma ve farklı araştırma konularını keşfetmenin bir aracı olarak tanımlanmaktadır.

Literatürde farklı şekillerde adlandırılan “computation” kelimesinin etimolojik kökenine bakıldığında Latince aynı anlama gelen “computare” fiilinden alınarak İngilizce olarak kullanıldığı görülmektedir. İngilizce olarak “computer” (hesaplama cihazı, bilgisayar) sözcüğünden alıntılanmış ve “compute” (hesaplamak) fiilinden türetilmiştir (URL- 1).

Computation’ teriminin tarihsel kullanımına bakıldığında, bu kavramın ilk olarak 15. yüzyılda ortaya çıktığı görülmektedir (URL-2). Antik Roma dönemine kadar uzanan süreçte hem hesaplama ve aritmetik işlemler hem de soyut anlamda bir hesaplama ve açıklığa kavuşturma işlevlerini içermektedir (Çinici, 2012).

Günümüzde, tasarımcılar bilgisayar teknolojilerini kullanarak bilgiyi dijital ortamda sayısallaştırmakta ve bu verileri ilişkisel bir çerçevede değerlendirerek somut ürünlere dönüştürmektedirler. Bu tezde, ‘hesaplamalı tasarım’ başlığı altında, hesaplamalı tasarım yöntemleri ve modelleri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Bu bağlamda, hesaplamalı tasarımın uygulama alanları ve yöntemsel yaklaşımları ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir.

1.6. Hesaplamalı Tasarım Yöntemleri

1960’lı yıllarda geliştirilen Sketchpad programı, bilgisayarların mimari tasarıma entegre edilmesinde önemli bir adım olmuştur. Ancak, bilgisayarların sadece çizim amaçlı değil, aynı zamanda tasarım amaçlı kullanımı, 1980’li yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu dönüşüm, tasarım süreçlerine yeni yöntemlerin dahil edilmesini sağlamıştır. Oxman (2012) ve Ostwald (2012), dijital teknolojilerin kullanıldığı bu yeni tasarım

yaklaşımlarını “Hesaplamalı Yöntemler” (Computational Methods) olarak tanımlamaktadırlar.

Aksoy (1987) ve Van der Voortdt ve Van Wegen (2005), tasarım yöntemini, belirli bir amaca ulaşmak için izlenen düzenli bir yol olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma göre, amaca ulaşmak için belirli düzenlemeler yapılması, süreçlerin izlenmesi ve strateji ile tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Mimarlık alanındaki bileşenlerin eleştirisi ve mimarlık göstergelerine uyarlanması sonucunda, tasarım yöntemi ile elde edilen tasarım ürünü ortaya çıkmaktadır (Aksoy, 1987).

Sayısal teknolojilerin gelişmesiyle birlikte tasarım alanında yapılan araştırmalar, tasarımda hesaplamalı yöntemlere odaklanmaktadır. Hesaplamalı tasarım yöntemlerinin tasarım sürecine yansımaları, kavramsal düzeyde genel işleyiş mantığının kullanılmasıyla oluşturulur (Yıldırım, İnan ve Özen Yavuz, 2010).

Hesaplamalı tasarım yöntemleri farklı şekillerde sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Fakat teknolojiye gelişme ile orantılı olarak her geçen gün yeni yöntemler çıkmaya devam etmektedir. Bu nedenle net bir sınıflandırma yapılamamakta ve yapılan sınıflandırmalar gelişmelerle genişleyip daralabilmektedir.

Moritz Hauschild ve Rüdiger Karzel (2011), sayısal fabrikasyon araçlarını çalışma yöntemlerine göre dört temel kategoriye ayırmışlardır. Bu kategoriler; üretken yöntemler (generative procedures), eksiltici yöntemler (subtractive procedures), biçimlendirici yöntemler (formative procedures) ve birleştirici yöntemler (joining procedures) olarak belirlenmiştir. Hauschild ve Karzel, birleştirici yöntemlerin (joining procedures) mimarlıkta kullanımının neredeyse hiç olmadığını ifade etmişlerdir.

Hesaplamalı tasarım yöntemlerinin mevcut yöntemlerden farklılıkları, literatürde çeşitli sınıflamalarla ele alınmıştır. Kolarevic (2000), "hesaplamalı mimarlıklar" (computational architectures) olarak şu sınıflamaları önermektedir:

- Topolojik mimarlık (topological architectures),
- İzomorfik mimarlık (isomorphic architecture),
- Animasyon mimarlığı (animate architectures),
- Başkalaşım mimarlığı (metamorphic architecture),
- Parametrik mimarlık (parametric architecture),

- Evrimsel mimarlık (evolutionary architecture) ve
- Performans mimarlığı (performative architecture)

Öte yandan, Oxman (2012) “Novel Concepts in Digital Design” (Dijital Tasarım İçerisindeki Yeni Kavramlar) başlıklı makalesinde, hesaplamalı modelleri formasyon-üretken-performans modelleri altında sınıflandırarak şu yöntemleri açıklamaktadır:

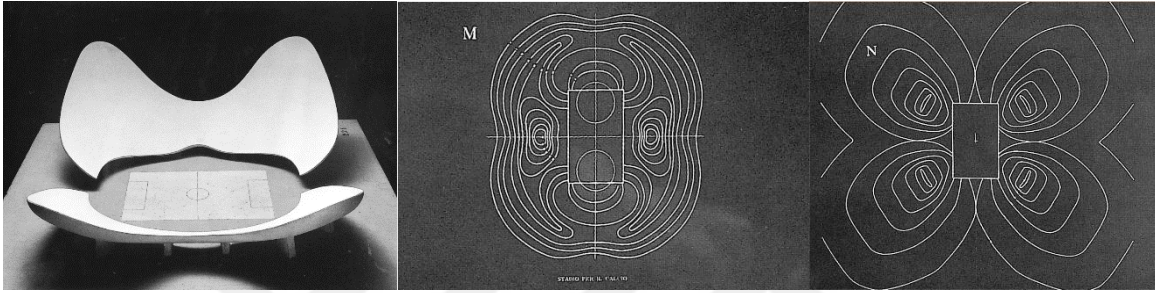
- Parametrik tasarım,
- Topolojik tasarım,
- Animasyona dayalı tasarım,
- Biçim gramerleri ile tasarım,
- Evrimsel tasarım,
- Performansa dayalı tasarım ve
- Performansa dayalı üretken tasarım.

Tez kapsamında Kolarevic’in sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

1.6.1. Parametrik Tasarım

Parametrik kavramı matematikte kullanılmaktadır, ancak tasarımcıların bu kavramı ilk olarak ne zaman kullanmaya başladıkları konusunda tartışmalar olmuştur. Daniel Davis, hesaplamalı tasarım üzerine yazdığı doktorasında Parametrik Kökenler (Parametric Origins) hakkında “A History of Parametric” adında bir tez yazmıştır (Davis, 2016). Tezinde bu kavramın matematikte kullanıldığını ve kavramın kullanımının başlangıcının bilinmediğini iddia etmiştir. Fakat David Gerber (2007), Parametrik Uygulamalar (Parametric Practices) isimli tezinde Maurice Ruiter’in 1988’de Advances in Computer Graphics III (Ruiter, 1988) adlı kitabında ilk kez kullandığını belirtmiştir. Aynı yıl matematikçi Profesör Samuel Geisberg (1988), PTC’yi (Parametric Technology Corporation) kurmuştur. Geisberg entegre bir CAD/CAM/CAE çözümü olan Pro/Engineer adlı ilk parametrik modelleme yazılımını oluşturmuştur. 1978 yılında Hillyard ve Braid, parametrik bir yaklaşım olarak kabul edilebilecek mekanik bir parça tasarlamak için boyut ve toleranslar gibi iki parametreyi birleştirebilen bir sistem oluşturmuşlardır (Hillyard ve Braid, 1978). Öte yandan Robert Stiles, parametrik kavramın ilk ortaya çıkışının 1940’larda Luigi Moretti tarafından, parametrik mimari hakkında kapsamlı bir şekilde yazdığı “Writings of Architect” adlı kitabında olduğunu savunmuştur (Bucci ve Mulazzani, 2000).

Moretti (1971) “Architettura e Urbanistica'da Ricerca Matematica” isimli makalesinde Parametrik Mimari kavramını tanımlamıştır. Moretti, parametrik mimariyi “çeşitli parametrelere bağlı olarak boyutlar arasındaki ilişkileri tanımlamayı” amaçlayan mimari sistemlerin çalışması olarak tanımlamıştır. Stadyum formunun, görüş açıları ve betonun ekonomik maliyeti gibi parametrelerle ilgili olarak stadyum formunun nasıl on dokuz 19 parametreyi göz önünde bulundurarak nesnenin formunun nasıl elde edilebileceğini açıklamıştır. Bu parametrik stadyumu da 1960 yılında 12. Milano Trienali’nde Parametrik Mimari sergisinde sunulmuştur (Şekil 1, Davis, 2013).



Şekil 2. Luigi Moretti'nin parametrik modelden türetilen stadyum modeli (Bucci ve Mulazzani, 2000; Davis, 2016)

Diğer Moretti projesi olan The Watergate Complex 1960-65 yılları arasında önemli bilgisayar kullanımına sahip ilk parametrik mimari uygulaması olarak kabul edilmektedir (Şekil 2, Romaniak ve Filipowski, 2018).



Şekil 3. (a) Watergate Kompleks havadan görüntüsü (Wikipedia, 2006) (b) Watergate Kompleksi cephe görüntüsü (c) Watergate Kompleks iç mekân görüntüsü

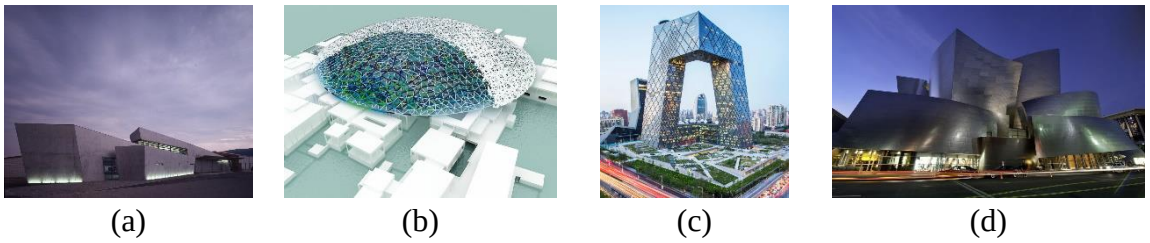
Parametrik tasarım için ilk bilgisayar sistemini Ivan Sutherland geliştirmiştir. Bu sistemin adı Sketchpad'dir. Sketchpad'i oluşturmak için TX-2 bilgisayarının hesaplama gücünden yararlanılmıştır. Bir tasarımcı, hafif bir kalem kullanarak, Sutherland'ın atomik kısıtlamalar dediği şeyle birbirleriyle ilişkilendirilebilecek çizgiler ve yaylar çizebilmekteydi. Sutherland yazılarında parametrik kelimesini kullanmamıştır, fakat atomik kısıtlamalar bir parametrik denklemin tüm temel özelliklerine içermektedir (Davis, 2018).

Mimarlar için ticari başarı elde eden ilk bilgisayar programı AutoCAD'dir. 1982 yılında piyasaya sürülmüştür. AutoCAD'in kullanımı ile kalem değil klavye kullanarak çizim yapmak mümkün hale gelmiştir. AutoCAD 2010'da (2009), çığır açan yeni bir yetenek olarak tanımlanan parametrik fonksiyonları tanıtılmıştır. Bunlar, işlevlerin atanabileceği geometrik bağlar şeklinde olmuştur.

1985'te Geisberg tarafından kurulan ve 1988'te tanıtılan parametrik program Pro/Engineer, ilk bina modelleyicisi olarak üretilen ürünü olan Revit ile parametrik fonksiyonlar arayüzün altına gizlenmiştir (Romaniak ve Filipowski, 2018).

Gerçek devrim görsel programlamanın ortaya çıkması ile başlamıştır. Mimarlar ilk görsel programlama dillerini, Robert Aish 2003 yılında Generative Components'ın gizli beta testine başladığında almıştır. Robert programı lisanslamada başarısız olduktan sonra geliştirici olarak David Rutten göreve atanmıştır. 2007 yılında Rutten görsel programlama arayüzü Grasshopper piyasaya sürülmüştür. Grasshopper, parametrelerden ilişkilerin akışını, kullanıcı tanımlı fonksiyonlar aracılığıyla haritalayan ve normal olarak geometrinin oluşturulmasıyla sonuçlanan grafiklere dayanmaktadır (David, 2018).

Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler, Grasshopper gibi görsel parametrik programların ortaya çıkması mimarlık alanında da yeni biçim arayışları ile birlikte algoritmik, parametrik, evrimsel gibi kavramların yayılmasına ve mimarlar tarafından kullanılmaya başlanmasına neden olmuştur. Özellikle parametrik tasarım mühendislik alanı ile sağladığı uyum, tasarımcılara esneklik ve çeşitlilik sunabilmesi ve üretimindeki kolaylıkları nedeniyle pek çok mimar tarafından benimsenen bir anlayış olmuştur. Başta Zaha Hadid, Patrik Schumacher, Atelier Jean Nouvel, Rem Koolhaas, Frank Gehry parametrik tasarımı tasarımında kullanan başlıca mimarlardandır (Şekil 4).



Şekil 4. (a) Zaha Hadid, Vitra Fire İstasyonu, 1990-1993 (URL-1) (b) Jean Nouvel, Louvre Abu Dhabi Müzesi, 2006-2017 (URL-2) (c) Rem Koolhaas, CCTV, 2002 (URL-3) (d) Frank Gehry, Walt Disney Konser Salonu, 1999-2003 (URL-4)

Kullanılan bilgisayar yazılımı (Rhinoscript, Mayascript, Generative Components, Grasshopper, Dynomo) parametrik tasarım sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Parametrik tasarım programları, geometrik bağlar veya kullanıcı tarafından oluşturulan algoritmalar temelinde çalışmaktadır. Parametrik tasarım hem tasarım sürecinde hem de üretim aşamasında kısa sürede çok sayıda farklı fikir üretme potansiyeline sahip bir yaklaşımdır (Şekerci ve Yıldız, 2020). Bu yöntem, tasarımcıya model üzerinde değişiklikler yapma ve modelin tamamını yeniden oluşturma gereksinimi olmaksızın yeniden şekillendirme imkânı sunarak süreci dinamik bir hale getirir. Tasarım sürecinde, çeşitli bileşenlerin eklenmesi veya değiştirilmesi sırasında, tasarım alternatiflerinin sürekli olarak değerlendirilmesi, gözden geçirilmesi ve güncellenmesi sağlanır. Bu esneklik, tasarımcının farklı olasılıkları keşfetmesine ve süreç boyunca yaratıcı çözümler üretmesine olanak tanır (Alafandy ve Kazzaz, 2018).

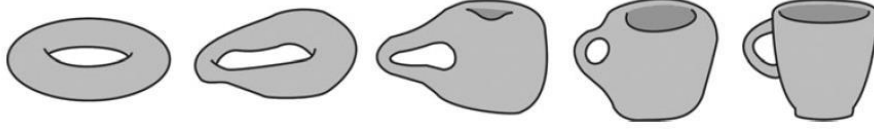
Kolarevic (2003), parametrik tasarımın temel özelliklerini açıklarken, parametrik tasarımda tanımlanan belirli bir tasarımın doğrudan şekil yerine, parametreler tarafından belirlenen bir dizi özellik olduğunu ifade etmektedir. Bu yaklaşımda, tanımlanan parametrelere farklı değerler atayarak çeşitli nesneler veya yapılandırmalar oluşturulabilmektedir. Objeler arası ilişkiler, matematiksel denklemler aracılığıyla tanımlanır ve bu sayede birbirleriyle bağlantılı karmaşık geometriler elde edilir. Bu yöntem, nesneler arasındaki ilişkileri dinamik bir şekilde kurarak, nesnelerin davranışlarını dönüştürme ve değiştirme olanağı sağlar (Kolarevic, 2003).

1.6.2. Topolojik Tasarım

Topoloji matematik ve geometrinin ana dallarından biri olmaktadır. Yunancada yer, yüzey veya uzay anlamlarında kullanılan topos kelimesi ile bilim anlamına gelen logos kelimesinin birleşimi ile üretilmiştir (Vikipedi, 2021).

Topoloji geometrisinde, bir cismin bütünlüğünü bozmadan sadece çekip uzatarak ya da eğip bükülerek başka bir cisme dönüşüm amacı olduğu görülmektedir. Buna en sık verilen örnek ise kulplu bardak ve torosun (simit şekilli bir form) birbirine aynı yöntemleri kullanarak dönüştürülmesidir. Parçalanma veya farklı iki noktanın yapıştırılması gibi işlemler gerçekleştirilmeden elde edilebilen tüm değişim türleri 'homeomorfizma' olarak adlandırılmaktadır (Çıltık, 2008). Homeomorfizma, bir geometrik şeklin, topolojik özelliklerini koruyarak deformasyon yoluyla başka bir şekle dönüştürülmesi sürecini ifade

eder. Bu dönüşüm sırasında şeklin temel topolojik özellikleri değişmeden kalır, yalnızca şeklin dışsal formu değişir.



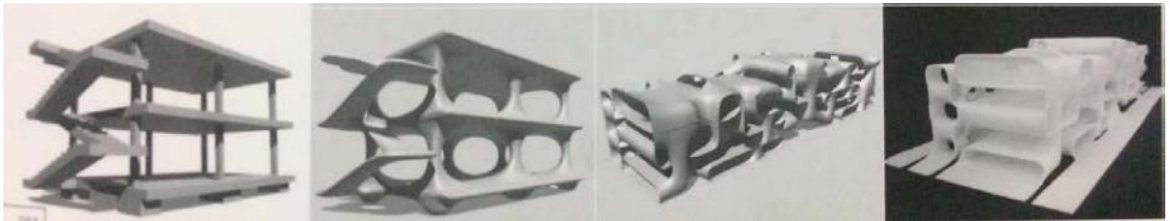
Şekil 5. Toros şeklinin kulplu bardağa dönüşümü

Topolojik tasarım, bilgi teknolojisi, bilgisayar destekli tasarım ve animasyon yazılımı tarafından kolaylaştırılan formun dinamik olarak değişimi anlamına gelmektedir.

Sanal mimarlardan olarak adlandırılan Stephen Perrella, topolojik tasarımı şu şekilde tanımlamaktadır: “Mimari topoloji, biçim, yapı, bağlam ve programın iç içe geçmiş desenlere ve karmaşık dinamiklere dönüşmesidir.”

Mimarideki bu eğrisel yüzeyleri oluşumu matematikteki NURBS (Non-uniform rational B-spline / Düzgün olmayan rasyonel temelli eğri) eğrileri ile sağlanabilmektedir. Bu eğriler, topolojik uzayda hesaplamalı ve heterojen olup uyumlu görünen formların oluşturulmasını sağlamaktadır. Şekil olarak farklı algılanan ama bütün içerisinde uyum görülen bir mimari tavır söz konusu olmaktadır. Topolojik tasarımın ise en belirgin özelliği bükülebilen yüzeylerdir.

Mimari tasarımda topolojik tasarım, zemin ve duvar arasındaki ayrımı ortadan kaldırarak, bu iki bileşenin birbirine dönüştüğü ve sürekli bir akışkan geometrinin oluşturulduğu bir yaklaşımı ifade eder. Bu süreçte, zemin ve duvar arasındaki geleneksel ayrımlar yerini, birbirini dönüştüren ve sürekli bir bütünlük oluşturan bir geometrik forma bırakır. Bu formun geometrik özellikleri, deformasyonlar aracılığıyla farklılaşarak, dinamik ve esnek tasarım çözümleri sunar (Şekil 6) (Yetgin, 2011).



Şekil 6. Dagmar Richter, yüzeyin yeni yapısal rolü – Le Corbusier’in Maison Domin® modelinin dönüşümü (Lojanica ve Dragisic, 2012)

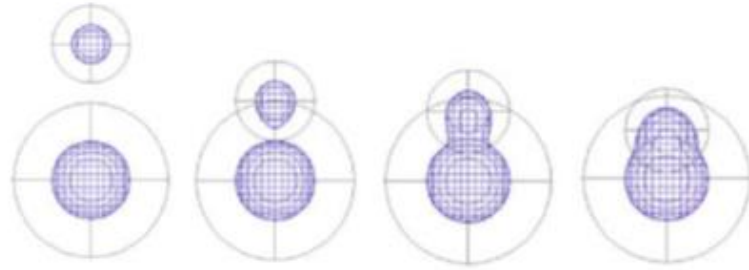
Topolojik tasarım forma esneklik, dinamizm özellikleri kazandırmanın yanı sıra akışkan mekanların tasarlanmasına olanak vermektedir.

1.6.3. İzomorfik Tasarım

İzomorfi kelimesi eşyapı anlamına gelmekte ve aynı grupta olan benzer iki matematiksel obje arasında bir gönderim olması şeklinde tanımlanabilmektedir. Aralarında bu şekilde eşyapı bulunan objelere eşyapısal ya da izomorfik objeler denilmektedir (Vikipedi, 2021a).

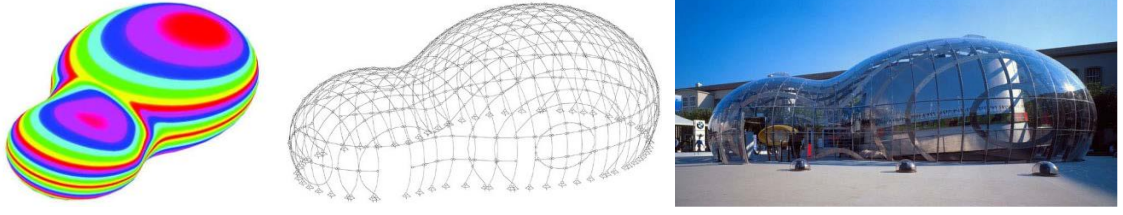
İzomorfik yüzeyler olarak adlandırılan su damlası biçimi (blob form) veya meta toplar (metaballs), iç kütle ve çekim kuvvetleri ile birlikte karşılıklı olarak çekilip bükülmesiyle elde edilen amorf formlardır. Bu formlar yer kaplamak yerine birbirleri ile etkileşime girerek yeni biçim olasılıkları oluşturmaktadır (Kolarevic, 2000).

İzomorfik yüzeyler, farklı boyutlardaki en az iki kürenin birleştirilmesi veya çıkarılması ve sonrasında birleşim noktalarının homojen bir şekilde yuvarlatılması yoluyla elde edilir (Şekil 7). Bu işlem, yüzeylerin geometrik sürekliliğini sağlamak amacıyla gerçekleştirilen bir dizi işlem ile izomorfik özelliklerin korunmasına ve yüzeylerin kesintisiz bir biçimde bir araya gelmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 7. İzomorfik yüzeylerin oluşumu (Kolarevic, 2000).

İzomorfik tasarım da bu objelerin akışkan bir biçimde birbirine nüfuz edip, biçim değiştirerek yeni varyasyonlar üretmesi konularını kapsamaktadır (Kolarevic, 2003). İzomorfik yüzeyler olan blob ve metaball ilk olarak 1995 yılında Greg Lynn tarafından kullanılmıştır. Bunun ardından cam ve çelik kullanımı ile kültür-bilim merkezleri gibi yapılarda çok tercih edilen bir tasarım anlayışı haline gelmiştir (Şekil 8, 9). Ayrıca Blob Mimarlığı olarak da adlandırılan bu sistem organik formlu ve sürekli farklılaşabilen dinamik formların elde edilebileceği bir sistem olmuştur (Kartoğlu, 2016).



Şekil 8. BMW Pavyonu, Bernhard Franken (URL- 1)



Şekil 9. Galaxy SOHO, (Zaha Hadid Architects,2012); OPPO Genel Merkezi, Zaha Hadid Architects (Zaha Hadid Architects, 2020)

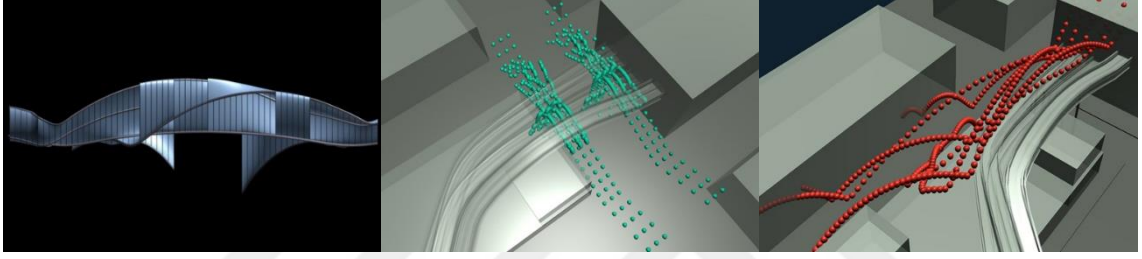
1.6.4. Animasyona Dayalı Tasarım

Animasyon kelimesi canlandırma anlamına gelmekte ve birkaç resmin hızlı bir şekilde art arda gösterilmesi sonucu elde edilen hareketli görüntüsü olarak açıklanmaktadır (URL-2).

Harekete dayalı olan modelleme, geometrik şeklin zaman içindeki değişimlerini takip etme fikrine dayanmaktadır. Diğer bir deyişle, 3D animasyon teknikleri, zamanın birincil parametre olarak kullanıldığı parametrik güdümlü tasarım olarak kabul edilmektedir (Kotnik, 2006).

Mimarlık alanında üç boyutlu çizimde animasyon teknikleri genellikle sunum aşamasında kullanılırken Greg Lynn'in öncülüğünü yaptığı çalışmalarla birlikte animasyon bir tasarım teknolojisi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Akipek ve İnceoğlu, 2007). Greg Lynn "Animate Form" kitabında, "Hareket, davranış ve eylem anlamına gelirken, animasyon, formun ve onu şekillendiren güçlerin evrimini kast etmektedir." şeklinde açıklamıştır (Lynn, 1999; Epavčević vd., 2012). Bu şekilde, Greg Lynn, Bernhard Franken veya Ali Rahim gibi bazı mimarlar, animasyon tekniklerini formun evrimini ve onu şekillendiren güçleri keşfetmek için anahtar bir cevap olarak görmüşlerdir (Epavčević vd., 2012).

Animasyon tekniklerinde, hareket eden unsurlar yalnızca bireysel kareler değil, aynı zamanda binalar ve bu binaları zaman ve evrim süreçleri tarafından etkileyen diğer kuvvetlerdir. Bu bağlamda, parametreler olarak kabul edilen ışık, rüzgâr, yağış ve ses gibi dış etkenlerin yapının davranışını nasıl etkilediğini öngörmek, animasyon teknikleri aracılığıyla mümkün olmaktadır (Lynn, 1999). Bu teknikler, yapının dinamik tepkilerini ve çevresel değişkenlere karşı adaptasyonunu modelleyerek, tasarım sürecinde daha bilinçli ve etkili stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Lynn'ın 1994 yılında tarihte form üretimi için animasyon yazılımı kullanan ilk mimari yarışma projesi olan Authority Otobüs Terminali, trafik ve yaya akışını temsil eden bir dizi kuvveti, "Wavefront" yazılımı kullanılarak modellenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Authority otobüs terminali, tasarıma etki eden çevresel güçlerin animasyonu (URL-3)

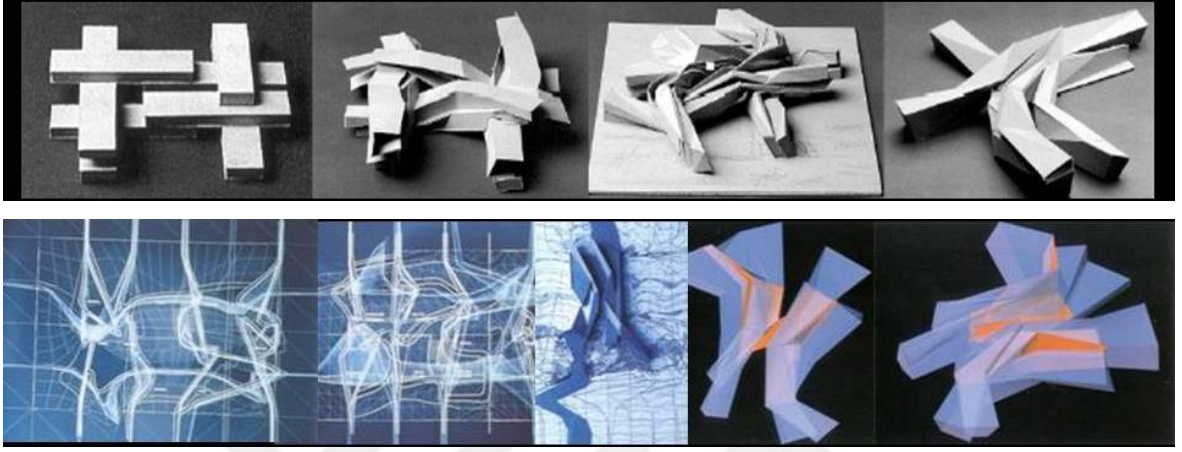
Genellikle parçacıkların hareketini veya akışkan dinamiklerini simüle etmek için kullanılan animasyon yazılım araçları, mimari formu keşfetmenin, mimari, insan ve çevre arasında ortaya çıkan ilişkileri ve etkileşimi keşfetmenin yeni bir yolu haline gelmiştir. Lynn da yaşayan bir çevrede, yerçekimi dışındaki birçok etkili kuvvetin bağlam olarak algılandığı aktif bir sanal çevrede biçimlenebilen, topolojik yüzeylerle oluşturulan bir mimariden bahsetmektedir (Akipek ve İnceoğlu, 2007).

1.6.5. Başkalaşım (Metamorfik) Tasarımı

Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre, 'metamorfik' terimi 'başkalaşıma uğramış' anlamına gelmektedir (URL-4). Metamorfik tasarımda, bir modelin biçiminin başkalaşması, genellikle modelin deformasyonu yoluyla gerçekleştirilir. Bu süreçte, bükme ve eğme gibi geometrik deformasyonlar uygulanarak alternatif morfolojiler yaratılabilir.

Metamorfik tasarımda modele Keyshape animasyon (anahtar biçim canlandırma) ve "path" animasyon (yön canlandırma) uygulanabilecek teknikler ile bir aks boyunca modelin

uzatılarak ya da cismin etrafına görünmeyen yardımcı bir kutu çizilerek modeli deforme etme tekniği kullanılmaktadır. Keyshape animasyonunda, geometrideki değişiklikler anahtar kareler (keyshapes) olarak kaydedilir ve yazılım daha sonra aradaki durumları hesaplamaktadır. İstenilen aşamada bu animasyon durdurularak biçim kullanılmak üzere alınabilmektedir (Şekil 11) (Kolarevic, 2000; Kolarevic, 2003).



Şekil 11. Metamorfik Tasarım, Eisenman'ın BFL Software Ofisleri (URL-5)

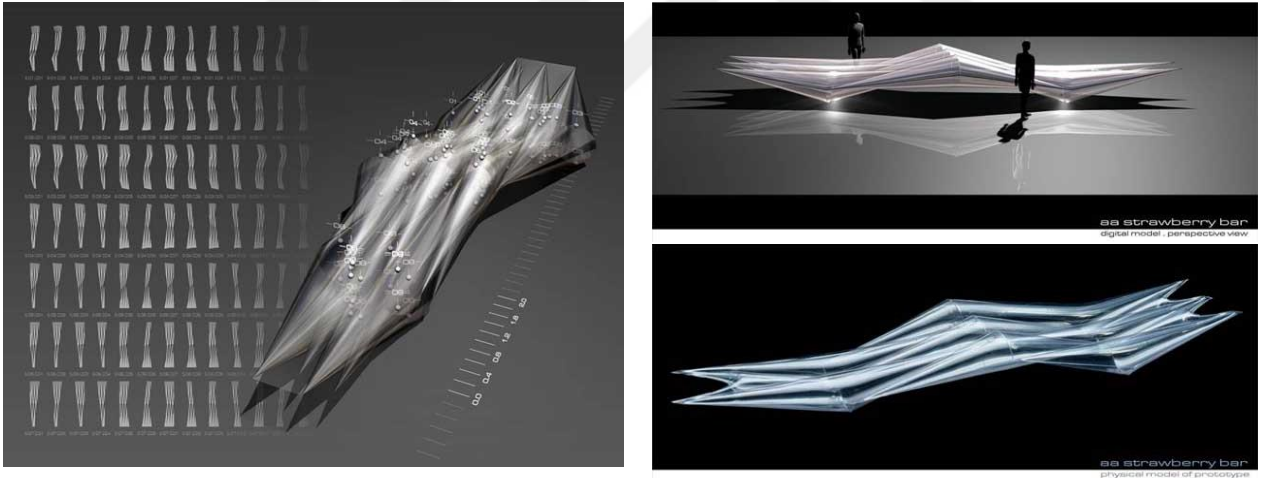
1.6.6. Evrimsel Tasarım

Evrimsel tasarım, genetik kodlama, tekrarlama, seçim ve morfogenez ilkelerinin uygulandığı bir yapay yaşam biçimi olarak tanımlanmaktadır (Frazer, 1995). Bu yaklaşım, tasarım sürecinde evrimsel algoritmalar kullanarak tasarım çözümlerinin sürekli olarak geliştirilmesini ve optimize edilmesini sağlar. Genetik kodlama ile tasarım parametreleri ve özellikleri belirli bir havuzda çeşitlendirilir; tekrarlama ve seçim süreçleri ile en uygun tasarımlar seçilerek evrimsel bir süreçle iyileştirilir. Morfogenez ise, tasarımın organik ve doğal biçimlenme süreçlerini taklit ederek, tasarımın yapısal ve estetik özelliklerinin evrimini simüle eder. Evrimsel tasarımda tasarımcılar, doğal evrimi taklit ederek tasarım çözümleri üretmeyi amaçlamaktadırlar.

John Frazer, evrimsel tasarım sürecinde öncelikle tasarım kavramının “kurallar” kullanılarak bir “genetik koda” dönüştürülmesi gerektiğini ve mimari tasarım kavramlarının bilgisayar simülasyonlarında genetik kodlar olarak da temsil edilebileceğini belirtmektedir. Bu tür simülasyonlarda çok kısa sürede çok sayıda biçimler ve dolayısıyla çok sayıda öngörülemeyen yaratıcı form üretilebilmektedir. Sürecin sonunda ise “seçim kriterleri” ne göre en iyi çözüm seçilmektedir (Frazer, 1995).

Bentley'in “An Introduction to Evolutionary Design by Computers” adlı kitabında açıkladığı gibi, evrimsel tasarım bir tasarım probleminin çözümlerini arama yöntemidir. Tüm “olası çözümler” “çözüm alanı” nda saklanır ve “aramanın” temel amacı diğer çözümlerin arasındaki en iyi çözümü bulmaktır. Her biçimde “daha iyi olan çözümler” seçilir ve “daha kötü olan çözümler” elenir. Seçilen çözümler, alt çözümler üretmek için tekrar sürece entegre edilmektedir (Bentley, 1999). Bu süreç en iyi çözüm seçilene kadar devam etmektedir. Evrimsel tasarımda, bir çözümün iyi mi kötü mü olduğuna karar vermek “uygunluk kriterlerine” bağlı olarak gerçekleşmektedir (Ergun, 2008). Evrimsel tasarımda önemli olan sonuç ürün değil sürecin kendisidir.

Günümüz mimarlarından Achim Menges’de evrimsel tasarım alanında deneysel çalışmalar yapmaktadır. Menges 2003 yılında Mimarlık Derneği'nin yıllık proje incelemesinde çilek barı (Strawberry Bar) tasarımı için evrimsel tasarım yöntemini seçmiştir (Şekil 12). Bu proje için Menges, evrimsel bir tasarım stratejisi kullanarak çubuğun hem tasarımını hem de imalatını optimize etmeye çalışmıştır. Menges’te birden fazla biçimler elde etmiş ve ardından tasarım varyasyonları için en iyi olanları seçmiştir (Holland, 2010).



Şekil 12. MDE 02 AA Strawberry Bar, Achim Menges, Evrimsel Tasarım Deneysel çalışması, 2003 (URL-6)

1.6.7. Performansa Dayalı Tasarımı

Performansa dayalı mimari tasarım kavramı 1970'lere kadar uzanabilmektedir. Negroponte tarafından önerilen “Architectural Machine” (Mimari Makine), performansa dayalı mimari tasarım fikrini yansıtan ilk örneklerden olmuştur (Negroponte, 1970).

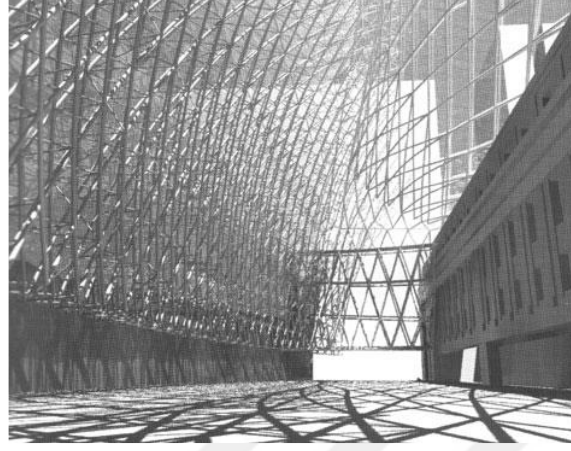
“Architectural Machine”nın değerlendirdiği Őey, esasen mimarinin performansı olmuştur. Değerlendirme, Makine’nin uyum sağlamasına, yani en iyi performansı elde etmek için tasarımı optimize etmesine olanak tanımaktadır. Architectural Machine, döneminde teknolojinin henüz yeni gelişmeye başlaması ve CAD teknolojisinin daha ilk aşamalarında olması projenin sadece vizyon olarak kalmasına neden olmuş, gerçeğe dnşememiştir (Shi, 2010). Negroponte’nin Mimari Makinesinin ardından, aynı düşünce çizgisini izleyerek performansa dayalı mimari tasarımı kolaylaştırmak için entegre bir tasarım sistemi geliştirmeye çalışan birçok araştırma çalışması yapılmıştır.

Performansa dayalı mimari tasarım, AEC (Architectural Engineering and Construction) endüstrisinde sürdürülebilir tasarımın yükselişi nedeniyle 20. yüzyılın sonlarına doğru ana akım haline gelmeye başlamıştır. Performansa dayalı mimari tasarımın mümkün kılınmasına önemli ölçüde katkıda bulunacak simülasyon araçlarının gelişmesi de akım haline gelmesini kolaylaştırmıştır.

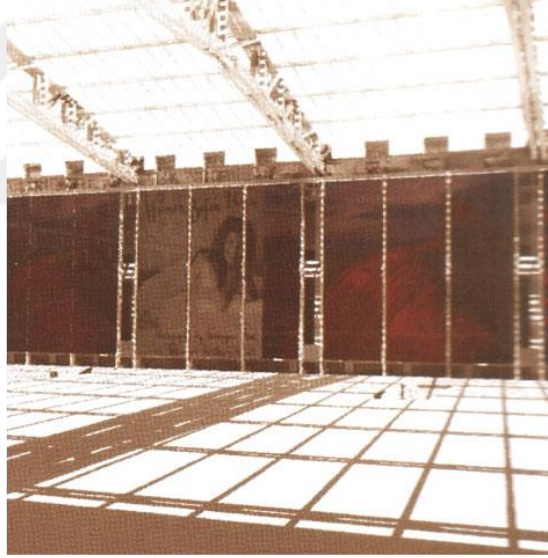
Performansa dayalı tasarım; sürdürülebilir ve yeşil tasarım, AEC endüstrisinin kaynakların tükenmesi, enerji kıtlığı vb. gibi çevresel zorluklara karşı çözüm yanıtları içermektedir. Performansa dayalı mimari tasarım, performans sorunlarının hızlı ve doğru bir Şekilde analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu analiz olmadan tasarım sadece kavram ve tahmine dayalı olabilir ve performansa dayalı tasarım mümkün olmamaktadır. Günümüzde mimari tasarımda kullanılan birçok simülasyon programı bulunmaktadır. Bu simülasyon programları daha güçlü ve kullanımı kolay hale geldikçe, uygulayıcı mimarlar ve mühendisler programların değerini fark etmiş ve tasarımda giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Mimarlar ve mühendisler tarafından yaygın olarak kullanılan simülasyon programları arasında EnergyPlus (Crawley vd., 2001) gibi enerji simülasyon programları; Fluent (Fluent Inc., 2006), Flovent (Mentor Graphics, 2000), Star CCM + gibi Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) programları (CFD) vb.; ve IES (Pollock vd., 2009) ve Ecotect (Roberts ve Marsh, 2004) gibi entegre bina ortamı simülasyon programları yer almaktadır (Shi, 2010).

Performansa dayalı mimari tasarım elde etmek için simülasyon programlarını kullanmanın örnekleri literatürde fazlaca vardır. Bunların çoğu dünyaca ünlü firmalar ve mimarlar tarafından tasarlanan yüksek profilli projeler olmuştur. Örneğin, Arup şirketi, Som’a New York’un Penn İstasyonu projesinde gün ışığının performansını ve elektronik ekranların görsel netliği üzerindeki etkisini incelemek için bir simülasyon programı kullanmasına yardımcı olmuştur (Raman, 2005). Performansa dayalı yaklaşım, mimarın

tasarımının kalitesini erken aşamada incelemesine ve daha yüksek bir güven düzeyi ile ilerlemesine yardımcı olmuştur (Şekil 13-14).

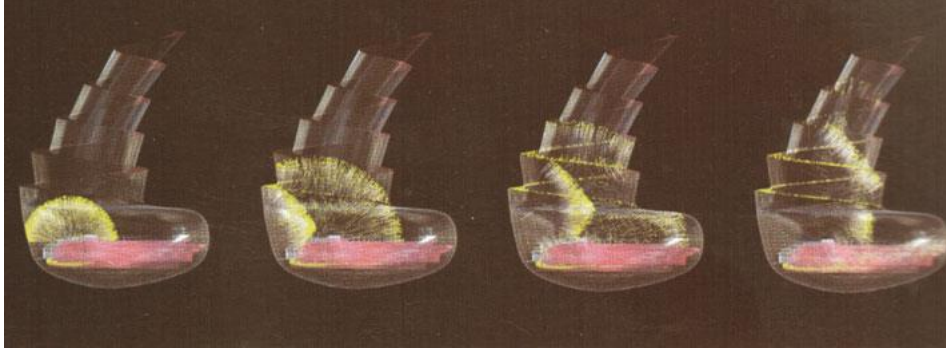


Şekil 13. New York'taki Penn İstasyonu projesinin aydınlatma simülasyonu (Raman, 2005)



Şekil 14. Penn Station projesindeki elektronik ekranların görsel netliğini araştırmak için tasarlanan aydınlatma simülasyonu (Raman, 2005)

Norman Foster Ortakları'da, Büyük Londra Meclis Binası'nın tasarımında Arup ile iş birliği yapmıştır. Meclisin akustik performansı, mimarın hem mimari hem de akustik olarak sağlam bir form belirlemesine yardımcı olmak için simülasyon kullanılmış ve görselleştirilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Büyük Londra Meclisi'nin akustik ilerlemesi (Raman, 2005)

1.7. Hesaplamalı Tasarım Fabrikasyon Araçları

Üretim kelimesi TDK sözlüğünde “belirli faaliyet ve işlemler sonucu yeni bir mal veya hizmet meydana getirme” anlamına gelmektedir. Fabrikasyon kelimesi, Fransızca “fabriquer” imal etmek kelimesinden türetilmiş ve dilimizde “fabrikada yapılarak tüketime hazır duruma getirilen” anlamına gelmektedir.

Hesaplamalı teknolojilerin fabrikasyon süreçleriyle entegrasyonu, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından 1952 yılında freze tezgâhlarının hesaplamalı kontrolü ile başlamıştır (Gershenfeld, 2005). Bu gelişmeyi takiben, ilk dijital fabrikasyon laboratuvarı olan FABLAB, 2003 yılında Boston merkezli 'South End Technology Center' adı altında kurulmuştur (Gershenfeld, 2012).

Mimarlık ve fabrikasyon üretimindeki yenilikleri hızlandıran önemli kaynaklar arasında Iwamoto'nun Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques (2009) ve Nick Dunn'un Digital Fabrication in Architecture (2012) kitapları yer almaktadır (İşbitiren, 2020). Bu eserler, dijital fabrikasyon tekniklerinin mimarlık pratiğine entegrasyonunu ve bu alandaki gelişmeleri önemli ölçüde ileriye taşımıştır. Hesaplamalı tasarım ve dijital üretim arasındaki bağlantı, ürün verilerinin hızla sayısallaştırılmasını sağlamakta ve tasarım mimarisini üretim kısmına bağlamaktadır. Bu sayede inşaat aşamasında mimar en küçük bileşene kadar kontrol bilgisi elde edebilmekte ve inşaat ortaklarının bilgi düzeyini artırabilmektedir (Gramazio vd., 2010).

Hesaplamalı tasarım yöntemleri ve teknolojiye gelişmeler hesaplamalı fabrikasyon araçlarının da gelişmesini sağlamıştır. Hesaplamalı fabrikasyon araçları Eklemeli Yöntemle (Katmalı) Üretim (Additive Manufacturing), Çıkarmalı Yöntemle (Eksiltici) Üretim (Subtractive Manufacturing), Biçimlendirici Yöntemle Üretim (Transformative

Manufacturing, Formative Manufacturing), ve Robot Temelli Üretimi (Robot-Based Manufacturing) kapsamaktadır.

1.7.1. Eklemeli Yöntemle Üretim (Addictive Manufacturing)

Eklemeli imalat teknolojisi ilk olarak 1984 yılında üç boyutlu yazdırma teknolojisi adında Fransız bilim adamı Alain Le Mehaute tarafından bulunmuş ve literatürde eklemeli imalat (addictive manufacturing) olarak yer almaktadır (Brischetto ve diğ., 2017). Başka kaynaklarda ise eklemeli imalat teknolojilerinde ilk icadın Japon araştırmacı Dr. Hideo Kodama'nın 1980 yılında geliştirdiği SLA (Stereolithograhhy Apparatus-Steryolitografi) aparatı olduğu ifade edilmektedir (Oliveira, 2019). 3D System firması tarafından SLA-1 adındaki modelin ise eklemeli imalat teknolojisi alanında üretilen ilk yazıcı sistemi olduğu bilinmektedir (Kidwell, 2017).

Eklemeli imalat teknolojisi yıllardır prototip, görsel model veya kalıp üretimi yapmak için kullanılmaktadır, ancak son yıllarda doğrudan bir üretim süreci olarak giderek daha fazla benimsenmeye başlamış ve nihai, kullanıma hazır ürünlerin üretilmesine başlanmıştır (Breseghello, 2014).

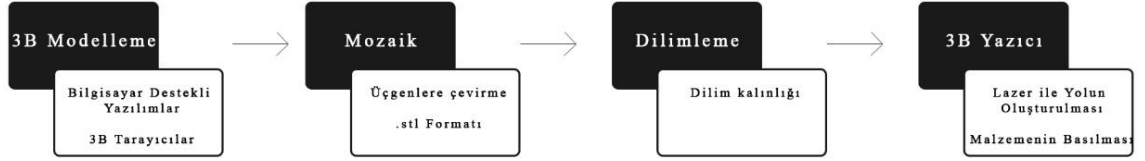
Endüstri Devrimi'nin getirdiği endüstriyel çözümler, yapı malzemelerinin seri üretilebilirliğini artırmış ve gelişen yapım teknikleri, mimari üretimde süre sınırlamalarının aşılmasına olanak sağlamıştır. Bu yeni üretim teknikleri, tasarım özgürlüğünü ve uygulamadaki esnekliği artırarak, organik formlar, karmaşık iç geometriler ve parametrik tasarımlar gibi yenilikçi yapı biçimlerinin üretimini mümkün kılmaktadır. Özellikle üç boyutlu yazdırma teknolojisi, mimaride özgün ve karmaşık yapısal elemanların üretilmesine olanak tanıyarak bu yenilikçi süreçlerin bir parçası haline gelmiştir (Mathur, 2016; Çalışkan ve Arpacıoğlu, 2020).

Eklemeli Üretim sürecinde farklı tipolojiler bulunmaktadır: 3D Yazıcılar başlığında, Seçici Lazer Sinterleme (SLS), Reçine Küreleme (Stereolitografi, SLA), Dijital Işık İşleme (Digital Light Processing, DLP), Eriyik Yığılma Modelleme (Fused Deposition Modeling, FDM) ve Büyük ölçekli 3D Baskı Araçları başlığında, D-Shape ve Contour Crafting. Eklemeli imalat süreçlerinin çoğu ABS, PLA, akrilat, fotopolimer, poliamid (naylon), epoksi, polikarbonat ve PMMA (akril cam) veya metal tozu gibi plastik malzemelere dayanmaktadır (Paoletti, 2017).

• 3 Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu (3B) baskının temel prensibi, bilgisayar ortamında tasarlanmış bir üç boyutlu nesnenin, katmanlar halinde üretimini içermektedir. Bu süreçte, tasarımın her bir katmanı, eritilmiş hammaddenin üst üste eklenmesi yoluyla oluşturulur. Katmanlar halinde ilerleyen bu üretim yöntemi, her katmanın önceki katmanın üzerine eklenmesiyle nesnenin tamamlanmasını sağlar. Bu üretim sürecini gerçekleştiren cihazlar “3B yazıcılar” olarak adlandırılmaktadır (Özgel Felek, 2019). 3 boyutlu yazıcıların üretimi genel olarak hızlı prototipleme (rapid prototyping) olarak adlandırılmaktadır (Çağlar, 2017)

Bilgisayar ortamında model çizimi gerçekleştirildikten sonra dilimleme programları kullanılarak nesne katmanlara bölünmektedir. Daha sonra CAD dosyası açılımı "Stereolithography" olan .stl formatına dönüştürülerek yazıcıya gönderilmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda ilk katman oluşturulduktan sonra diğer katmanlar da aynı şekilde üst üste nesneyi tamamlayana kadar devam etmektedir (Şekil 16) (Barnatt, 2016).



Şekil 16. 3B baskı aşamaları (Anjum vd., 2017)

Üç boyutlu yazıcılar, plastik, reçine, kil, metal tozu, titanyum, seramik, tuz ve beton gibi çeşitli malzemeleri işleyebilme kapasitesine sahip olup, robotik üretim yöntemleri aracılığıyla inşa süreçlerinde önemli bir dönüşüm yaratmaktadır (Gönenç Sorguç ve Kruşa Yemişçioğlu, 2020). Bu teknolojiler genellikle plastik türevleri ve metaller gibi malzemelerle çalışmaktadır. Örneğin, Saltygloo pavyonu, Emerging Objects grubu tarafından yerel olarak elde edilen tuz kullanılarak üç boyutlu yazıcılarla inşa edilmiştir. Bu yapı, üç boyutlu yazıcıların potansiyelini gösteren önemli örneklerden biri olarak, 336 farklı modülden oluşan özgün bir tasarıma sahiptir (Şekil 17).



Şekil 17. Emerging Objects Group, SaltyglooPavillion, üç boyutlu yazıcı ve tuz kullanımı ile üretilmiş kabuk (URL- 7)

Üç boyutlu baskı teknolojilerinin temelinde dört tekniğin yer aldığı üretim teknikleri bulunmaktadır. Bu teknikler;

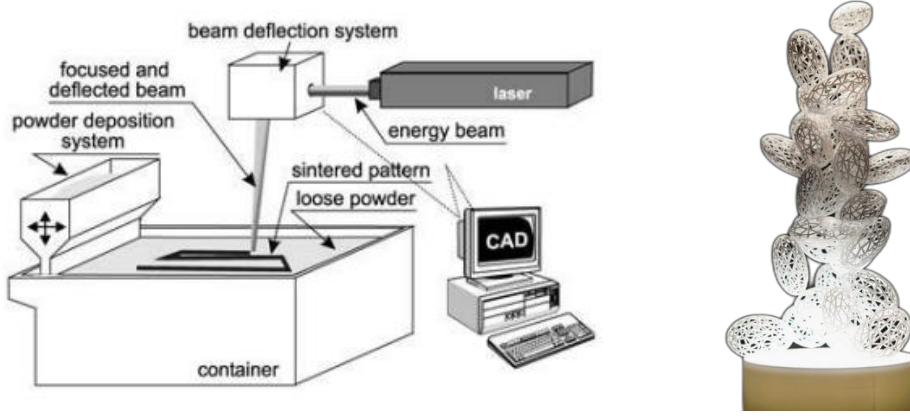
SLS- Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering),

SLA- Reçine Küreleme (Stereolitografi),

DLP- Dijital Işık İşleme (Digital Light Processing) ve

FDM- Eriyik Yığılma Modelleme (Fused Deposition Modeling) dir.

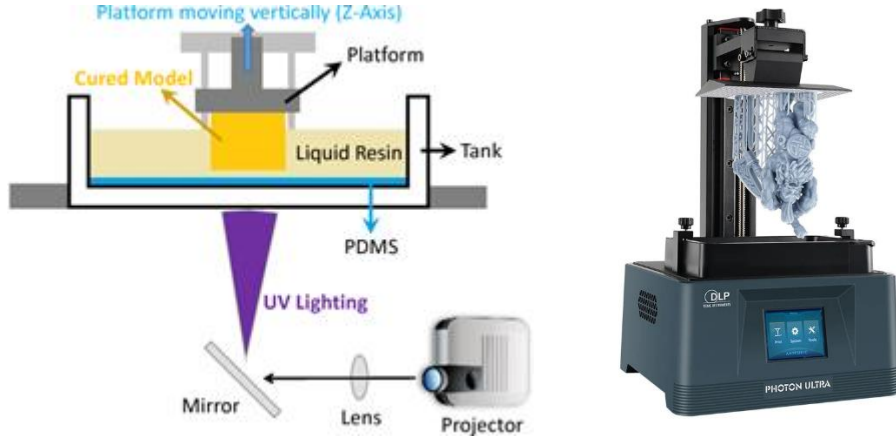
Seçici lazer sinterleme, toz malzemenin birbirini takip eden katmanlarını üst üste katılaştırarak karmaşık 3B parçalar oluşturmaya olanak tanıyan hızlı bir prototipleme sürecidir (Kruith, 1991). Katılaşma, bir lazer ışını aracılığıyla sağlanan termal enerji kullanılarak ardışık toz katmanlarının seçilen alanlarının kaynaştırılması veya sinterlenmesi ile elde edilmektedir (Şekil 18). Üretim metodolojisi; toz metallerin ısı ve basınç altında katı cisimlere dönüştürmeye dayanmaktadır (Şahin ve Turan, 2018). SLS tarafından işlenebilecek malzemeler için neredeyse hiçbir sınırlama yoktur. Bu makinelerde çoğunlukla plastik türevi malzemeler kullanılmakta ve metal, seramik, cam, kum ve kompozit malzemeler için de yeni teknikler geliştirilmektedir (Warnier ve Verbruggen, 2014; Uygan, 2016).



Şekil 18. SLS sürecine şematik genel bakış (Kruth vd., 2015) ve SLS tekniği ile üretilmiş aydınlatma elamanı (URL- 8)

Reçine Küreleme tekniğinde, SLA, nesnenin üretimi, fotopolimerizasyon yoluyla sıvı bir reçinenin katılaştırılmasına dayanmaktadır. Bir lazer, bir reçine teknesinde belirli bir derinliğe odaklanarak lokalize polimerizasyona (ve dolayısıyla katılaşmaya) neden olur. Katılaşma, 3B bir nesne üretilinceye kadar katman katman bir şekilde tekrarlanır (Melchels vd., 2010). Objenin sıvı içerisinden çıkartılması, destek yapıların baskıya eklenmesini gerektirmektedir. Yüksek çözünürlüklü çıktılar elde edilmesine rağmen, sağlamlık olarak diğer tekniklerden zayıf kalmaktadır (Canpolat ve Aydın, 2019).

Dijital ışık işleme, DLP, 3D baskıda sıvı fotopolimeri katılaştırmak için UV ışığı kullanan bir teknolojidir (Gibson vd., 2010). DLP tekniği, hızlı baskı hızı ve donanımdaki basit mekanizması nedeniyle 3D baskıda yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim için bilgi hazırlanırken, bir 3B CAD modeli önce bir dizi paralel düzlemle dilimlenir ve her dilim daha sonra bir 2B maske görüntüsüne dönüştürülür. Maske görüntüsü fotoküre edilebilir bir sıvı yüzeye yansıtılarak aynı şekilde bir katı katman oluşturulabilmektedir. 3B nesne bu şekilde katman katman üretilir (Şekil 19). Nokta veya çizgi ışık kaynakları kullanan diğer stereolitografi (SLA) tekniklerinden farklı olarak DLP, tüm maske görüntüsünün aynı anda yansıtılabileceği şekilde alansal bir ışık kaynağı kullanmaktadır (Chenming vd., 2016).



Şekil 19. Platformun yalnızca dikey olarak hareket edebileceği geleneksel bir DLP 3D yazıcının çalışma prensibi (Chenming vd., 2016)ve DPL reçine üç boyutlu yazıcı (URL- 9)

Eriyik Yığılma Modelleme (FDM), 1988 yılında S. Scott Crump tarafından icat edilen ve en yaygın olarak kullanılan 3D baskı teknolojilerinden biridir. Bu teknolojiye, modelin üretimi, sıcaklık kontrollü bir nozul aracılığıyla termoplastik malzemenin katman katman bir üretim tablasına serilmesi yoluyla gerçekleştirilir. FDM teknolojisinde, modelin oluşturulabilmesi için katmanları ayıran özel yazılımlar kullanılmaktadır. Nozul, filamentin uygun erime noktasında akmasını sağlayan, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ısıtıcılar içerir. FDM baskı sürecinde genellikle ABS ve PLA olarak bilinen termoplastik filamentler kullanılır. Bunun yanı sıra, ahşap, metal ve kumtaşı görünümleri veren kompozit malzemeler de ahşap lifli PLA, bronzlu PLA ve öğütülmüş tebeşirli PLA gibi çeşitlerle malzeme yelpazesini genişletmiştir (Özgel Felek, 2019).

- **Büyük ölçekli 3D Baskı Araçları**

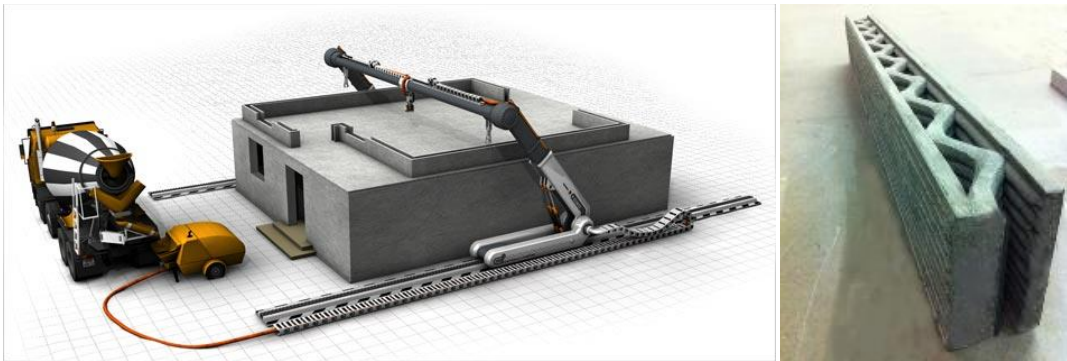
Bu bölümde yapı sektöründe büyük elemanlardan bütün bir binaya kadar yazdırabilen 3B yazıcılara yer verilecektir. Büyük ölçekli yazıcılar hem kullandıkları teknoloji hem de baskıda kullandıkları malzeme bakımından farklılık göstermektedir. Bu alandaki yazıcıların kullandıkları teknoloji ve malzeme bakımından bakıldığında Contour Crafting sisteminde baskı malzemesinin bir veya daha fazla nozulden doğrudan dökülmesini sağlayan yazdırma şekli kullanılmaktadır. D-shape sistemindeki yazdırma şekli ise düzgün bir yatay katmanın granül malzemedan (kum) oluşturulmasıdır (Oberti, ve Plantamura, 2015).

D-shape yazıcı merkezinin kurucusu Enrico Dini'dir. D-shape yazıcı ile bina ölçeğinde yapılan baskılarda binanın yükseklik sınırını malzemenin dayanımı belirlemektedir. Malzeme olarakta kumtaşı (sandstone dust) kullanılmaktadır (Şekil 20) (Çağlar, 2017).



Şekil 20. D-Shape - The Radiolaria Pavilion ve Root Chair (URL-10,11)

Büyük ölçekli baskı alanında dikkate değer bir diğer teknoloji, Behrokh Khoshnevis tarafından Southern California Üniversitesi Bilgi Teknolojileri Enstitüsü'nde geliştirilmiş olan 'contour crafting' (kontur işleme) yöntemidir. Bu teknoloji, inşaat sektöründe büyük ölçekli yapıların üretimini mümkün kılacak şekilde tasarlanmış bir üç boyutlu baskı yöntemidir ve yapıların hızlı ve verimli bir şekilde üretilmesine olanak tanımaktadır. CC, 3D baskı teknolojisini kullanan ve bunu ev inşa etmek için betonun otomatik çıkıtısına uygulayan bir katkılı üretim teknolojisidir. Üretim, hammaddeleri nihai ürüne tamamen yerinde dönüştürdüğü için oluşan az miktarda atık oluşmaktadır (Weinstein ve Nawara, 2015). Daha az el emeği ile hızlı ve verimli bir yapı oluşturmak için bilgisayar kontrollü bir vinç veya makas kullanan bina baskı teknolojisidir. Malzeme olarak beton benzeri karışım ve donatı olarak da cam veya karbon fiber malzemelerle denemeler yapılmaktadır (Şekil 21) (Özgel Felek, 2019).



Şekil 21. Contour Crafting (URL-12) ve Güney Kaliforniya Üniversitesi

Contour Crafting kullanılarak güçlendirilmiş ve yerinde dökülmüş bir beton duvar (URL-13)

1.7.2. Çıkarmalı Yöntemle Üretim

Çıkarmalı (eksiltici) yöntemle üretim, çok eksenli frezeleme kullanılarak katılardan belirli hacimde malzemenin kesilerek (cutting) ya da oyularak (milling) çıkarılarak istenilen formun elde edilmesi işlemini içermektedir. CNC (Computer Numerical Control) frezelemede özel bir bilgisayar sistemi, bir dizi kodlanmış talimat kullanarak bir makine takımının hareketi üzerinde temel kontrol işlevlerini yerine getirmektedir (Kolarevic, 2004). Çıkarmalı yöntemle ürün elde edilirken malzeme de eksilme olduğu için bu yöntem kullanılırken ekonomik boyut da düşünülmelidir (Hauschild & Karzel, 2011). Çıkarmalı üretim tekniğinde CNC kesim araçları ve CNC frezeleme tezgâhları kullanılmaktadır.

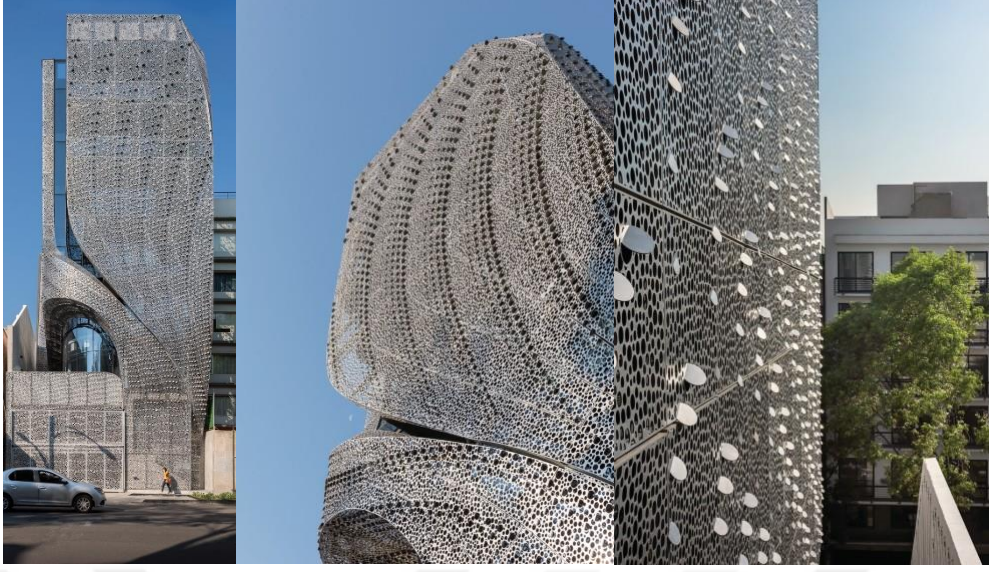
- **CNC Kesim Araçları**

CNC kesim araçları en yaygın şekilde kullanılan üretim tekniğidir. Plazma kesme (plasma cutting), lazer ışını veya su jeti gibi çeşitli kesme teknolojileri, malzemenin kesme kafasına göre iki eksenli hareketini içermektedir (Kolarevic, 2004).

CNC kesim araçları, lazer ile kesimin gerçekleştiği CNC lazer kesimi, su kullanılarak kesimin gerçekleştiği CNC su jet kesimi ve ısı kullanılarak kesimin gerçekleştiği CNC sıcak tel kesimi başlıklarında üç türü bulunmaktadır.

CNC lazer kesim makinesi metal, sac, ahşap, plastik, cam, pleksi ve daha birçok malzemeyi lazer ışını kullanarak iki boyutlu olarak şekil vermeye yarayan üretim aracıdır. CAD çizim programları ile oluşturulan tasarımlar .dxf formatına dönüştürülerek lazer kesim makinesinde kullanılan program diline çevrilmektedir. Ardından programda kesilecek tasarımların kesim planı oluşturulur ve kesim sırası belirlenip kesim gerçekleştirilir (Sevgi, 2013).

CNC lazer kesim mimarlık alanında çok sık kullanılan bir tekniktir. Mimaride yapı cephe ve kabuk tasarım, kafes cepheler ve mesh tasarımların üretilmesinde CNC lazer kesimi kullanılmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. Belzberg Mimarlık, Mexico City, Ofis Binası, CNC Lazer Kesim ile Üretilen Karbon Çelik Kabuk (URL- 14)

CNC su jet kesim aracı, metal, cam gibi çok sert çeşitli malzemelerin iki boyutlu olarak yüksek basınçlı su ile kesilmesi mantığına dayanan bir üretim tekniğidir.

CNC sıcak tel kesim aracı, bilgisayar kontrolünde hareket eden sıcak telin strafor, köpük ya da benzeri malzeme üzerinde hareket ederek hacimsel malzemeden kesilmesi işlemini gerçekleştirmektedir. Büyük ölçekli formların üretiminde kullanılabilir. Bu üretim tekniği atık olarak çıkan straforların özel işlemle tekrar birleştirilip yeniden kullanılmasına olanak verdiği için çevreci yöntem olarak da bilinmektedir (Hauschild & Karzel, 2011).

- **CNC Frezeleme Araçları**

Mimari modeller üretmek için CNC freze makinelerinin kullanılmasına yönelik ilk deneyler 1970'lerin başında Birleşik Krallık'ta gerçekleştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Skidmore Owens Merrill'in Chicago'daki ofisi gibi büyük mimarlık firmaları, CNC freze makinelerini mimari modellerin üretiminde ve inşaat montajı çalışmalarında yaygın olarak kullanmıştır (Mitchell ve McCullough 1995).

CNC frezeleme tezgâhları blok bir malzemeden sert ve keskin bir ucun hızlı bir şekilde dönüp malzeme üzerinden oyma işlemi ile istenen formun üretilmesi ilkesi ile çalışmaktadır. CNC frezeleme tezgahlarının router ve milling olarak iki türü bulunmaktadır. Milling'de

metal malzemeler kullanılırken router türünde ahşap ve plastik türevi malzemeler kullanılmaktadır (Dunn ve Ebrary, 2012).

CNC frezeleme tezgahlarının hacimsel malzemeden istenilen formun oyularak elde edilmesi ilk kullanım türü iken, sonradan döküm işleminde kullanılacak kalıbın üretilmesine olanak veren ikinci kullanım türü bulunmaktadır (Dunn ve Ebrary, 2012). Gehry'nin Düsseldorf'taki projesinde (Zollhof towers) betonarme taşıyıcı dış duvar panellerinin dalgalı formları, CATIA'da şekillendirilen ve CNC'de frezeleme tezgahlarında (Şekil 23) hafif polistiren (strafor) bloklar kullanılarak üretilmiş ve beton dökümü için form haline gelen 355 farklı kavisli kalıp elde edilmiştir (Rempen 1999, Slessor 2000).



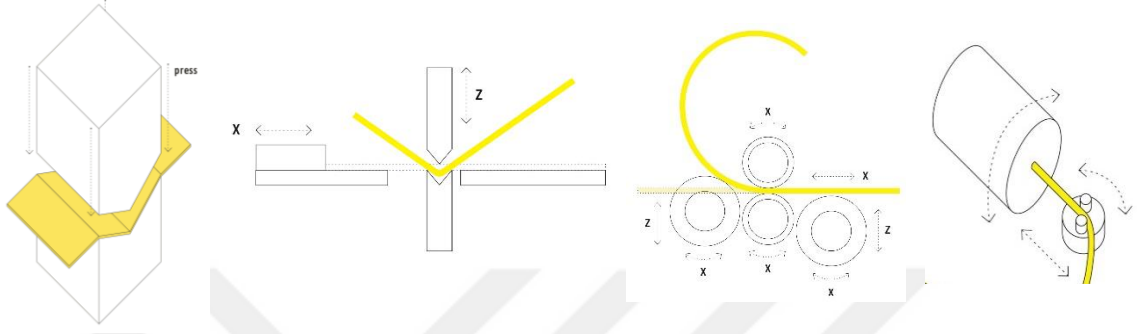
Şekil 23. Gehry'nin Düsseldorf'taki Zollhof Kuleleri için betonarme panellerin dökümüne yönelik strafor kalıpların frezelenmesi (URL-15)

1.7.3. Biçimlendirici Yöntemle Üretim

Biçimlendirici imalatı mekanik kuvvetler, ısı veya buhar ile bir malzemeye, yeniden şekillendirme veya deformasyon yoluyla kütleli değişiklik olmadan istenen şekilde şekillendirmek için uygulanmaktadır (Kolarevic, 2001). Malzemelere verilen ısı veya buhar ile malzemenin esneklik kazanması sağlanır ve malzeme istenilen formda biçimlendirilir. Biçimlendirilen form daha sonra tekrardan soğuyarak sert hale dönüşür (Dunn ve Ebrary, 2012).

Eğrisel ve kavisli metal, cam, ahşap ya da plastik yüzeyler elde edebilmek için biçimlendirici üretim teknikleri kullanılmaktadır. Biçimlendirici üretim tekniklerinde

malzeme azalmaz ya da artmaz. Malzeme deforme edilir. Çelik boru, boru veya çubuk gibi doğrusal malzemeler ve çelik levha veya termoplastik gibi sac malzemeler, basınç veya ısı uygulanarak bükülebilir, kıvrılabilir, dilimlenebilir, kabartılabilir veya deforme edilebilmektedir. Bu biçimlendirme dönüşümünde kalıplar, zımbalar, zımbalama kalıpları veya bükme aletlerinin kullanımı gerekmektedir (Şekil- 24) (URL- 16).



Şekil 24. Basınç, kavisli rulo ve bükme ile form oluşturmak için kullanılan biçimlendirici üretim teknikleri (URL- 16)

1.7.4. Robot Temelli Üretim

Robotlar, bilgisayar destekli programlama ve kontrol yoluyla hareketlerinin belirlenebildiği ve yönetilebildiği araçlardır. 3D yazıcılardan farklı olarak, bu robotlar genellikle yekpare bir model oluşturmak yerine, mimari tektoniklerin ve strüktürel unsurların görünür kılınmasını sağlamak amacıyla çeşitli parçaları birleştirerek tasarımlar üretirler. Bu süreç, yapıların karmaşık bileşenlerini ve yapısal detaylarını daha açık bir şekilde ortaya koyarak, tasarım ve üretim süreçlerine önemli katkılarda bulunmaktadır (Budig vd., 2014).

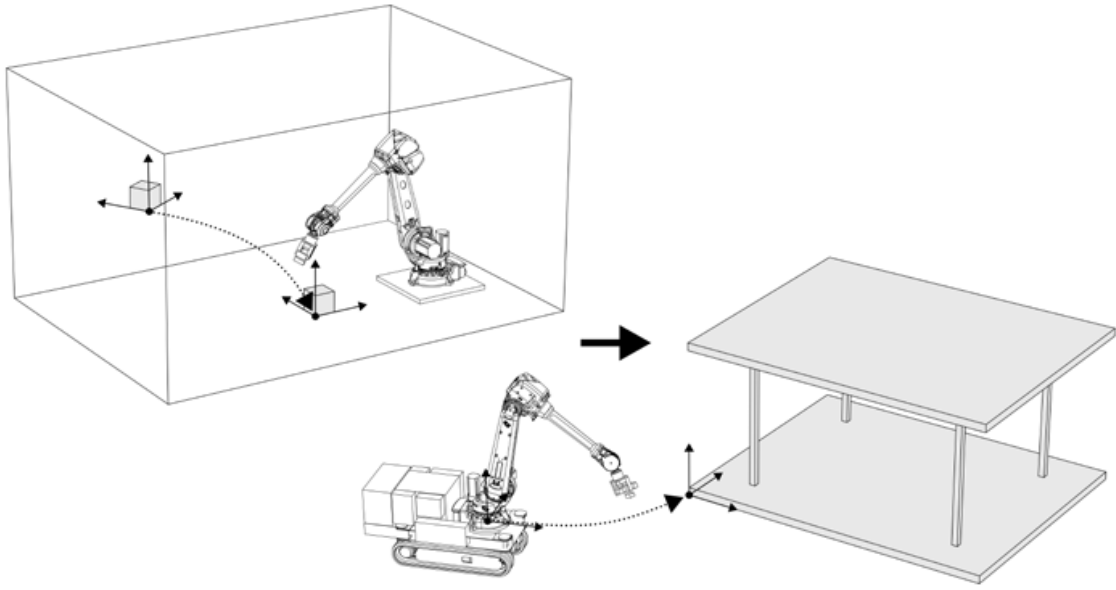
Mimaride kullanılan robotlar genellikle robot kollar olarak düşünülebilir. Hesaplamalı üretimde robot kolların “End Effector” ismindeki uç kısmına yerleştirilen uçlar sayesinde yerleştirme, frezeleme, taşıma, eklemeli imalat, kaynak gibi çeşitli görevleri yerine getirebilmektedir. Robot kol çok eklemli yapısı ve işleyeceği malzemeyi referans olarak kabul ederek kendini konumlandırabilmesi sayesinde karmaşık geometrilere sahip şekillerin imalatında avantaj sağlamaktadır (Dunn ve Ebrary, 2012).

Robot kolların sağlıklı bir şekilde üretimi gerçekleştirebilmesi için ayrıntılı olarak programlanması gerekmektedir. Programlamanın üç çeşidi bulunmaktadır. Bunlar, procedure, teaching ve self-teaching. Procedure, tasarımcı tarafından çalışma prosedürünün

önceden hesaplandığı program, teaching, çalışmanın elle kontrol edildiği programlama ve self-teaching ise robot kolun hangi adımları atacağına otomatik olarak karar vermesi için üzerine yerleştirilen alıcılarla oluşturulan programlamadır (Hauschild ve Karzel, 2011).

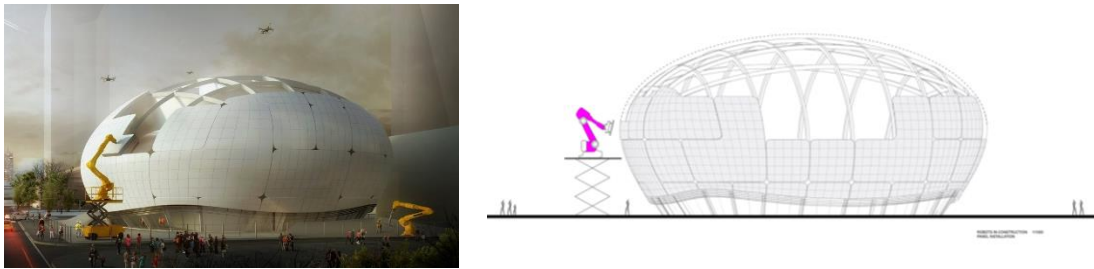
Mimaride üretim amaçlı kullanılan robot kollar genellikle düz zeminli bir alana robotun alt kısmı sabitlenerek robot kolun çevresinde eksenler halinde hareket ederek programlanan formun üretimi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra üretilen form şantiye alanına götürülüp montajı yapılmaktadır. Bu, tek parça üretiminden nihai montaja kadar tüm sürecin genellikle tamamen otomatikleştirildiği diğer endüstriler (örneğin otomotiv endüstrisi) için temel bir fark olmaktadır (Balaguer ve Abderrahim, 2008). Günümüzde geliştirilen mobil robot sistemler ile bu farkın ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Mobil robotlar, doğrudan şantiyede gerçekleştirilen robotik yerinde imalat, tasarım ve yapım arasındaki dijital süreç zincirini kapatma (Helm, vd., 2014) ve standart dışı mimari yapı alanında yeni estetik ve işlevsel potansiyellerden yararlanma potansiyeline sahiptir.

Geleneksel olarak ön üretim için robotlar genellikle bir çalışma hücresi içinde sabitlenmiş bir konumda kullanılır ve iş parçaları sabit üniteye getirilir. Ancak, sabit bir robotun çalışma alanını aşan büyük ölçekli bina yapılarının imalatını mümkün kılmak için, robotların şantiyelerde kullanılması mobil olmalarını gerektirmektedir (Dörfler vd., 2016). Üretim yerine gidebilmeleri ve inşaat sırasında hareket edebilmeleri, aynı zamanda çalışma ortamına göre kendilerini yerleştirebilmeleri ve yapıları uzayda doğru bir şekilde imal edebilmeleri gerekmektedir (Şekil 25) (Seward, 2002) (Feng vd., 2014).



Şekil 25. Mobil yerinde üretim, çalışma parçasını sabit robotik çalışma hücreğine getirmek ve çalışma parçasını robota göre referanslamak yerine robotun çalışma sahasına gitmesini ve çalışma ortamına göre kendini konumlandırmasını gerektirir (Dörfler vd., 2016).

Mobil robotlar mimari tasarımlarda da kullanılma fikri tasarımcılar tarafından benimsenmeye başlanmıştır. Melike Altınışık Mimarlığın (MAA) şu an yapım aşamasında olan Seul Robot ve Yapay Zekâ Müzesi (RAIM)'nde robotlar, tasarımdan inşaata kadar müzenin tüm aşamalarını kontrol edebilmektedir. Binanın tamamı robotik uygulamalar ve dronlar ile inşa edilecektir. Robotlar yapının bileşenlerini kalıplayacak, kaynak yapacak ve birleştirecektir (Şekil 26) (URL- 17).



Şekil 26. Seul Robot ve Yapay Zekâ Müzesi (RAIM) robotlarla üretim

1.8.Hesaplamalı Tasarım Programları

Hesaplamalı tasarım araçlarındaki ilerlemeler tasarımcılar için yeni program ve yöntem alanları sağlamış ve bu ilerlemeler tasarımcıları yeni yöntemlere yönlendirmiştir.

Günümüzde artarak devam eden tasarım programlarından bazıları uygulamanın çok özel detay veya alanlarına hitap ederken bazıları ise daha genel kullanım alanlarına hitap ederek içerikleri bakımından zengin ya da basit ama net bir kullanım sunmaktadır (Steino, 2010).

AutoCAD, Rhino, Sketchup, Autodesk Dynamo Studio gibi geleneksel geometri modelleme araçları tasarımcının serbest biçimli basit geometrilerle oluşturduğu bir ürün çıkarmasını sağlayan programlar olmuşlardır. Generative Components, Grasshopper, 3D Maya Script programları ise tasarımcının ilişkisel düşünerek parametreler arasındaki ilişkiyi modellemesine ve algoritma sayesinde tasarım alternatifleri üretmesine olanak tanımaktadırlar (Woodbary, 2010). Son yıllarda hesaplamalı tasarımda en çok kullanılan yazılım Grasshopper olmaktadır. Bunun yanı sıra Rhino programına da eklenen etkileşimli simülasyon, form bulma, optimizasyon gibi canlı fizik motoru göreviyle çalışan Kangaroo Physics sıklıkla kullanılan programlar arasında yer almaktadır.

Performansa dayalı üretimlerde çevresel faktörlerinde göz önüne alınması gerektiği için bu programların yanı sıra farklı program yazılımları da kullanılmaktadır. Mimarların ve tasarımcıların simülasyon yapmasına olanak tanıyan bir çevresel analiz aracı olan Ecotect programı kullanılmaktadır. Program genellikle gün ışığı faktörlerini, gölge parametrelerini ve termal analizlerini incelemekle birlikte binaların enerji verimliliği üzerine verileri de sunmaktadır (Trisnawan, 2018). Bunun yanı sıra Harvard Üniversitesi, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi ve Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü'nde geliştirilen ve Radiance Backway Raytracer'ı temel alarak binalardaki yıllık gün ışığı kullanılabilirliğini hesaplayan bir gün ışığı aydınlatma analiz yazılımı olan DAYSIM da performansa dayalı üretimlerde kullanılan programlardandır.

Hesaplamalı tasarım araçları ve programları kullanılarak üretilen formlar ve mekânlar, sayısal fabrikasyon teknolojileri aracılığıyla fiziksel dünyaya aktarılmaktadır. Hesaplamalı tasarım yöntemleri, sınırların belirsizleştiği, yüzeylerin alışılmadık biçimlerde birleştiği ve yapı elemanlarının sınırlamalardan bağımsız olarak özgürce üretildiği mekânları mümkün kılmaktadır. Bu tür tasarımların geleneksel tasarım yöntemleriyle gerçek veya farklı ölçeklerde üretilmesi genellikle zorlayıcıdır. Hesaplamalı tasarım programları ile üretim ise en küçük detayların doğru malzeme ve araç kullanılarak daha az hata ile üretilmesini sağlamak ve tasarımcıların üretim sürecinden ziyade tamamen tasarım sürecine odaklanmalarını mümkün kılabilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikleri

Bu çalışmanın temel amacı, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye’deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesidir. Alt amaçlar arasında, hesaplamalı tasarımın genel yaklaşımlarının ve gelişim sürecinin belirlenmesi, iç mimarlık alanındaki yerinin ve katkılarının belirlenmesi ile bu tasarım yaklaşımının iç mekân tasarımı, üretimi ve uygulama süreçlerindeki temel kriterlerinin tespit edilmesi bulunmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma sekiz aşamada yürütülmüştür. Bu aşamalar; sorunun belirlenmesi, literatür taraması, hesaplamalı tasarım üzerine çalışan iç mimarlık ofislerinin örneklem grubu olarak belirlenmesi ve seçimi, görüşmelerin yapılması, toplanan verilerin içerik analizi ve kelime bulutu ile analiz edilmesi ve sonuçların çıkarılmasını kapsamaktadır (Tablo 2). Bu çalışma, nitel araştırma yöntemleri temel alınarak yürütülmüştür. Bu bağlamda, çalışmada iç mimarlık ofisleri ile yapılan yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Nitel veri toplama aracı olarak kullanılan görüşmeler sayesinde katılımcıların kişisel deneyim ve düşüncelerine odaklanılarak hesaplamalı tasarım süreçlerine dair detaylı bilgi elde edilmiştir. Bu bilgiler, içerik analizi yöntemiyle sistematik bir biçimde değerlendirilmiştir. İçerik analizi, nitel araştırmalarda metin temelli verileri anlamlandırmak için kullanılan bir tekniktir ve bu çalışmada, görüşmelerden elde edilen veriler temalara ayrılmış, tekrarlayan kavram ve ifadeler belirlenerek derinlemesine incelenmiştir. Ayrıca, araştırmada kullanılan bir diğer analiz yöntemi kelime bulutu oluşturulmasıdır. Kelime bulutları, metinlerde sık kullanılan kelimeleri görsel olarak vurgulayarak, belirli temaların ve önemli anahtar kelimelerin ortaya çıkmasına olanak tanır. Bu çalışma kapsamında, görüşmelerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan kelime bulutları, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kritik kavramlarını görsel olarak desteklemiş ve içerik analizine ek olarak, çalışmanın bulgularını daha somut bir şekilde değerlendirme imkânı sağlamıştır.

İç mimarlık alanında hesaplamalı tasarımın tasarım ofisleri üzerinden okunması ile şekillenen çalışmada birinci aşamasının sorunun belirlenmesi olup belirlenen sorun ışığında çalışmanın bölümleri planlanmıştır.

İkinci aşama ise çalışmanın kuramsal kısmı olup konu hakkında genel bilgiler verilmektedir. Bu bölümde; araştırma problemini, çalışmanın amacı ve kapsamını belirttikten sonra hesaplamalı tasarım kavramıyla ilgili tanımlar, hesaplamalı tasarım yöntem, araç ve programlarının aktarılması, iç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım başlıkları altında literatür bilgileri verilerek çalışma bilimsel zemine oturtulmuştur.

Hesaplamalı tasarım başlığı altında; hesaplamalı tasarımda kullanılan yöntemler, araçlar, programlar ve hesaplamalı tasarımın tasarım süreci ile ilgili temel başlıklar ele alınmıştır. Çalışma hesaplamalı tasarımın tasarım ofisleri üzerinden okunmasını temel aldığından tasarım ofislerinin hesaplamalı tasarım tasarımları daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bununla beraber Türkiye’de hesaplamalı tasarımın gelişimi ve tasarım yaklaşımları literatür kısmında ele alınmıştır. Ayrıca ülkemizde ve dünyada bulunan hesaplamalı tasarım projeleri örnekler üzerinden incelenmiştir.

Tezin üçüncü aşaması çalışma modelinin oluşturulmasını kapsamaktadır. Bu bölümde görüşme sorularına alınan cevaplara yönelik uygulanabileceği düşünülen modelin literatürde araştırılarak ve modelin belirlenmesini kapsamaktadır.

Tezin dördüncü ve beşinci ve altıncı aşamasında örneklem grubu belirlenmektedir. Yurt içinde faaliyet gösteren tasarım ofislerinin taranarak kriterleri sağlayan tasarım ofisleri çalışmanın örneklem grubunu oluşturmaktadır. Örneklem grubunun belirlenmesinin ardından veri toplama aracı olarak görüşme formları hazırlanmıştır. Hazırlanan görüşme formları çalışma kapsamında belirlenen örneklem grubuna öncelikle e-posta yoluyla iletilmiş ve geri alınan olumlu dönütler sonucunda görüşme dijital ağlar aracılığı yapılandırılmış görüşme tekniği ile sözlü ya da yazılı olarak gerçekleştirilmiştir. Görüşmeye zamanı olmadığını ileten tasarımcılar için görüşme soruları Google Formlara aktararak çevrimdışı da bağlantı aracılığı ile katılabilmektedir. Görüşmeden elde edilen veriler içerik analizi ve kelime bulutları üzerinde analiz edilerek değerlendirilmiştir.

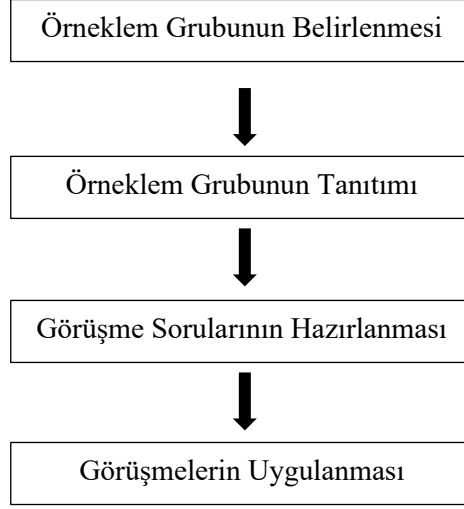
Yedinci ve sekizinci aşamasını oluşturan analiz bölümünde; görüşme formundan elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bu bağlamda hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında kullanımına dair görüşler ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular ise içerik analizi ve kelime bulutu yöntemiyle irdelenmiştir. Hesaplamalı tasarımın ülkemizde ve iç mimarlık alanında kullanımı, iç mimarlık alanındaki önemi ve yeri, tasarım süreci veriler ışığında tartışılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışmanın adımları

Aşama	Araştırma Süreci	Yöntem
1.Aşama	Sorunun belirlenmesi	Sorun Tespiti/ Saptama
	Hesaplamalı tasarım kavramıyla ilgili tanımlar	
2. Aşama	Hesaplamalı tasarım yöntem, araç ve programlarının aktarılması	Literatür Taraması
	İç Mimarlık alanında hesaplamalı tasarımın ortaya koyulması	
3.Aşama	Çalışma modelinin oluşturulması	Literatür Taraması Değerlendirme
4.Aşama	Örneklem grubunun belirlenmesi	Saptama
5.Aşama	Görüşme çalışması - Skype, Microsoft Teams, Zoom ve GMail araçları ve Google Forms aracılığıyla gerçekleştirilmesi.	Görüşme Formunun Hazırlanması Pilot Görüşme Çalışması
6.Aşama	Tasarımcılarla yapılandırılmış görüşme tekniği ile görüşmenin gerçekleştirilmesi.	Görüşme formunun uygulanması
7. Aşama	Görüşme çalışmasına ait bulgular - Anketlerden elde edilen verilerin ortaya koyulması	Analiz yöntemi
8.Aşama	Anket bulguları ile içerik analizi yapılması İçerik analizi sonucunda kavramların belirlenmesi	

2.2. Örneklem Grubunun Belirlenmesi ve Seçimi

Araştırmanın amacı doğrultusunda yapılan çalışmalar planlanarak şematik bir şema üzerinden verilmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Yapılan çalışmalar şematik anlatım

Araştırmada örneklem grubu, hesaplamalı tasarım üzerine tasarımları bulunan yurtiçi tasarımcılardan oluşmaktadır. Çalışmanın hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım süreçlerine yönelik odaklanması nedeniyle, örneklem grubunun sınırlarını belirleyebilmek amacıyla iç mekân proje uygulamaları gerçekleştiren tasarım ofisleri öncelikli olarak seçilmiştir. Bu seçim, belirlenen kriterler doğrultusunda gerçekleştirilmiş olup, örneklem grubunun seçiminde kullanılan kriterler aşağıda belirtilmiştir;

- Yurt içi tasarım ofisi olması,
- Piyasada en az 10 yıllık faaliyet gösteriyor olması,
- Hesaplamalı tasarım üzerine iç mimarlık alanında en az 5 adet tasarımları olması,

Yukarıda yer verilen kriterler doğrultusunda mimarlık ofisleri literatürde taranmıştır. Literatür taraması kapsamında akademik veri tabanlarından (ör. Google Scholar, JSTOR), hesaplamalı tasarım alanında çalışmalar içeren makaleler ve yayınlar incelenmiş; ayrıca, potansiyel ofislerin güncel projeleri ve tasarım yaklaşımları hakkında bilgi edinmek amacıyla bu ofislerin internet siteleri detaylı şekilde incelenmiştir. Tüm bu araştırmalar sonucunda, elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenen kriterleri karşılayan tasarım ofisleri örneklem grubu olarak seçilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Örneklem Grubu

ÖRNEKLEM GRUBU					
TASARIM OFİSİ	TASARIM ALANI				
	Mimarlık	İç Mimarlık	Mobilya	Aydınlatma	Prototip
1.Avcı Mimarlık	■	■			
2.Binaa Mimarlık	■				
3.Burak KARAKIZLI Mimarlık Ofisi		■			
4.DİLEKÇİ Mimarlık (DDA)	■	■			
5.Duman Architects	■	■	■		
6.Emre Arolat Mimarlık	■	■			
7.Erginoğlu & Çalışlar	■	■	■		
8.GAD Mimarlık	■	■			
9.GMW Mimarlık	■	■			
10.Güliden Şener İç Mimarlık	■	■	■		
11.Hayri ATA K Mimari Tasarım Stüdyosu	■	■	■	■	
12.iki design group	■	■	■		
13.K,G: Mimarlık	■	■	■		
14.Kolon Mimarlık	■	■			
15.Melike ALTINIŞIK Mimarlık	■	■	■		■
16.Polides Mimarlık	■	■	■		
17.OKTAA Mimarlık	■	■	■		
18.Onur Yüce Gün	■				
19.OSO Mimarlık	■	■	■		
20.Salon Mimarlık	■	■			
21.slasharchitects	■	■	■		
22.Tabanlıoğlu Mimarlık	■	■			
23.Zoom TPU Mimarlık		■			

2.2.1. Örneklem Grubunun Tanıtılması

Kriterler doğrultusunda incelenen toplam 23 tasarım ofisi, iç mimarlık ya da mobilya alanında hesaplamalı tasarım yapmış olması kriterine bağlı olarak 2 tasarım ofisi mimarlık alanında hesaplamalı tasarım yapması ama iç mimarlık / mobilya alanında tasarımları olmaması nedeniyle elenmiştir. Elemeler sonucunda toplam 21 mimarlık ofisi örneklem grubu olarak seçilmiştir. Seçilen örneklem grubu; Avcı Mimarlık, Burak Karakızlı Mimarlık Ofisi, Dilekçi Mimarlık (DDA), Duman Architects, Emre Arolat Mimarlık, Erginoğlu & Çalışlar, GAD Mimarlık, GMW Mimarlık, Güliden Şener İç Mimarlık, Hayri ATA K Mimari Tasarım Stüdyosu, iki design group, K,G: Mimarlık, Kolon Mimarlık, Melike ALTINIŞIK

Mimarlık, Polides Mimarlık, OKTAA Mimarlık, OSO Mimarlık, Salon Mimarlık, slasharchitects, Tabanlıoğlu Mimarlık, Zoom TPU Mimarlık ofislerinden oluşmaktadır.

Her bir ofis, tasarım yaklaşım ve hedefleri, yapısı ve misyon-vizyon çerçeveleri doğrultusunda tanıtılmıştır:

- Avcı Mimarlık

Yaklaşım ve Hedef: Mimarlık teorisi ile pratiği dengelemeyi ve her projede bütüncül tasarım anlayışını ön plana çıkarmayı amaçlamakta ve kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı, yenilikçi yapılar tasarlamayı hedeflemektedir.

Yapı: Kurucusu Selçuk Avcı'nın öncülüğünde şekillenen ofis, binaların ve çevrenin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Misyon ve Vizyon: Yapılı çevreyi dönüştürerek sürdürülebilir mimarlık çözümleri üretmeyi amaçlayan Avcı Mimarlık, uzun vadeli mimari değerler yaratmayı benimsemektedir.

- Burak Karakızlı Tasarım Ofisi

Yaklaşım ve Hedef: Ofis, algoritmik programlama teknikleri ile kullanıcı beklentilerini çevre dostu çözümlerle birleştirmektedir. Sürdürülebilir kaynak kullanımı ve otonom yapılar geliştirmeyi hedeflemektedir.

Yapı: Geleneksel yöntemlerin ötesinde yenilikçi çözümler benimseyen bir yapı sergilemektedir.

Misyon ve Vizyon: Müşteri beklentilerine uyumlu, toplumsal değer taşıyan tasarımlar sunarak sektörde çevresel duyarlılığı teşvik etmeyi benimsemektedir.

- DDA Mimarlık

Dilekçi Mimarlık (DDA), mimar Durmuş Dilekçi tarafından kurulan, İstanbul merkezli bir mimarlık firmasıdır. Odağında mimarlık, sanat ve tasarımın her alanı olan DDA, ulusal veya uluslararası ödüllere değer görülmüş mimarlık ofisidir.

Yaklaşım ve Hedef: DDA, dijital teknolojileri mimari süreçlere entegre ederek estetik ve işlevselliği birleştirmektedir. Türk mimarlığını uluslararası platformda temsil etmeyi hedeflemektedir.

Yapı: Ulusal ve uluslararası ödüllere layık görülen projeler üreten İstanbul merkezli bir firmadır.

Misyon ve Vizyon: Sanat ve tasarımı mimari projelere entegre ederek yenilikçi çözümler geliştirme misyonu taşıyan DDA, her ölçekte projelerde farklı bakış açıları oluşturan bir vizyon sergilemektedir.

- Duman Architects

Yaklaşım ve Hedefler: Teknolojik ve estetik yenilikleri takip ederek uluslararası standartlarda projeler üreterek güncel mimari pratikleri yansıtmaktır.

Yapı: Disiplinlerarası bir ekiple çalışarak sosyal ve estetik alanda yenilikçi projeler geliştirmektedirler.

Misyon ve Vizyon: Duman Architects, kullanıcı odaklı, fonksiyonel ve estetik değeri yüksek yapılar tasarlamayı misyon edinmiştir.

- Erginoğlu & Çalışlar

Yaklaşım ve Hedefler: Her projeyi kendi bağlamında ele alarak bağlamsal uyum sağlayan çözümler geliştirerek ulusal ve uluslararası platformlarda tanınmayı hedeflemektedir.

Yapı: 1993 yılında kurulan ofis, iç mimarlık ve kentsel tasarım alanında geniş bir portföye sahiptir.

Misyon ve Vizyon: Yenilikçi mimari çözümler sunarak pragmatik ve estetik değerlere sahip projeler üretmeyi benimsemektedir.

- GAD Mimarlık (Gökhan Avcıoğlu)

Global Architectural Development (GAD) mimarlık oluşumu, mimari proje üretimi, araştırma ve tasarım alanında öncü bir grup olarak bilinir.

Yaklaşım ve Hedefler: Dijital teknolojiler ve fiziksel modelleme yöntemlerini birleştirerek inovatif çözümler sunarak küresel mimarlık arenasında özgün projeler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Yapı: Mimar Gökhan Avcıoğlu liderliğinde güncel mimari ve şehircilik trendlerini araştırmaya odaklanmaktadır.

Misyon ve Vizyon: Kültürel ve teknolojik faktörleri göz önünde bulundurarak yenilikçi yapı çözümleri sunmayı misyon edinmiştir.

- GMW Mimarlık

GMW MIMARLIK, 2000 yılında, 1949 yılında Londra'da kurulan GMW ARCHITECTS'in kıdemli ortağı olan Ali Evrenay Özveren'in liderliğinde kurulmuştur.

Yaklaşım ve Hedefler: İşlevsellik ve estetik dengesini gözetten yapılar tasarlayarak mimari projelerde yüksek kalite ve müşteri memnuniyeti sağlamayı hedeflemektedir.

Yapı: Özellikle havalimanı terminal projeleriyle tanınan bir mimarlık ofisidir.

Misyon ve Vizyon: GMW Mimarlık, geniş bir yelpazede projeler geliştirerek kullanıcı odaklı ve estetik çözümler üretmeyi benimsemektedir.

- HAADS / Hayri ATAK

Hayri Atak, çevre, şehir, yapı ve endüstriyel tasarım gibi çok çeşitli ölçeklerde çalışmalar yürütmüş bir mimar, tasarımcı ve eğitmendir.

Yaklaşım ve Hedefler: Fütürist ve yenilikçi yaklaşımlar benimseyerek dijital teknolojilerle desteklenen tasarımlar sunmaktadır. Küresel düzeyde tanınan öncü projeler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Yapı: Parametrik tasarım ve robotik mimarlık gibi ileri teknolojilere odaklanır.

Misyon ve Vizyon: Hayri Atak Mimari Tasarım Stüdyosu, mimaride fütürist ve bilişim odaklı çözümlerle özgün projeler üretmeyi vizyon olarak belirlemiştir.

- İki design group

İki design group, 1995 yılında Murat Kader ve Sema Eser Özsaruhan tarafından bir mimarlık ve tasarım platformu olarak kurulmuş ve o tarihten bu yana modern mimariye katkıda bulunmaktadır.

Yaklaşım ve Hedefler: Multidisipliner çalışma ortamında bütüncül tasarım yaklaşımı ile projeler üreterek işlevsel ve ilham verici projeler sunmayı hedeflemektedir.

Yapı: Modern mimariye katkıda bulunan ve zamansız projeler geliştiren bir yapıdadır.

Misyon ve Vizyon: Modern mimariye yenilikçi ve bütüncül katkılar sağlayan yapılar geliştirmeyi vizyon edinmiştir.

- KG: Mimarlık

KG Mimarlık Limited Şirketi, 1990 yılında Kurtul Erkmen ve Gürhan Bakırküre tarafından kurularak mimari ve iç mimari alanlarında hizmet vermeye başlamıştır. 2013 yılı itibariyle Kurtul Erkmen'in yönetiminde faaliyetlerini sürdüren şirket, TMMOB ve İstanbul Ticaret Odası üyesidir.

Yaklaşım ve Hedefler: KG Mimarlık, ofis binaları, genel müdürlükler, ticari ve endüstriyel yapılar gibi alanlarda yenilikçi tasarım çözümleri sunmaktadır. Ticari projelerde verimliliği artırmayı amaçlamaktadır.

Yapı: 1990 yılında kurulan ofis, ticari projelerde uzmanlaşmış olup yurtiçinde ve yurtdışında birçok projeye imza atmıştır.

Misyon ve Vizyon: İşlevsel, modern ve estetik değeri yüksek çözümler üreterek sektörde öncü bir konumda olmayı vizyon edinmiştir.

- Kolon Mimarlık / İç Mimarlık

Nazım Dağdeviren tarafından kurulmuştur. Dağdeviren Kocaeli Üniversitesi İç Mimarlık Bölümü mezunudur.

Yaklaşım ve Hedefler: Kolon Mimarlık, dinamik ve yenilikçi bir yapıya sahip olup teknolojiyi projelerine entegre etmektedir. Disiplinler arası çalışmaları ve özgün projeleri ile sektörde sürdürülebilir bir etki bırakmayı hedeflemektedir.

Yapı: Nazım Dağdeviren liderliğinde, mimarlık, iç mimarlık ve ürün tasarımı alanlarında faaliyet göstermektedir.

Misyon ve Vizyon: Çağın gereksinimlerine uygun, özgün ve kullanıcı dostu projeler geliştirmeyi vizyon edinmiştir.

- Melike Altınışık Mimarlık

Yaklaşım ve Hedefler: Teknolojik ve malzeme inovasyonlarını kullanarak ilişkisel düşünme kapasitesini geliştiren projeler üretmektir.

Yapı: FEIDAD Dijital Tasarım Ödülü sahibi olup parametrik tasarım ve algoritmik yaklaşımlarla çalışır.

Misyon ve Vizyon: Tasarım süreçlerinde teknolojiyi etkin kullanarak vizyoner mimarlık çözümleri sunmayı benimsemiştir.

- Polides Mimarlık

Mahmut İkbâl Yıldırım tarafından kurulan Polides Mimarlık, 10 yılı aşkın küresel tasarım ve uygulama deneyimine sahip olup, mimarlık ve tasarımın yalnızca estetik açıdan iyi görünmesi değil, aynı zamanda topluma katkı sağlaması ve projenin yer aldığı bölgenin ruhunu yansıtması gerektiği inancıyla faaliyet göstermektedir.

Yaklaşım ve Hedefler: Topluma katkı sağlayan ve bulunduğu çevreyle uyumlu projeler geliştirir. Hem yerel hem de küresel projelerde toplumsal değer katmayı hedeflemektedir.

Yapı: Büyük ve küçük ölçekli projelerde uzmanlaşmış, geniş bir proje yelpazesi sunan bir firmadır.

Misyon ve Vizyon: Estetik ve işlevselliği bir arada sunarak mimaride kalıcı değerler yaratmayı vizyon edinmiştir.

- OKTAA Mimarlık

OKTAA, mimarlık, peyzaj mimarlığı ve kentsel tasarım alanlarında proje ve yayın faaliyetlerini sürdüren, ulusal ve uluslararası düzeyde ödüller kazanmış bir tasarım ofisidir.

Yaklaşım ve Hedefler: Peyzaj mimarlığı, kentsel tasarım ve mimarlık alanlarında yenilikçi ve ödüllü projeler üretmektedir. Hem ulusal hem de uluslararası projelerde öncü konumda yer almayı hedef edinmiştir.

Yapı: Gürkan Okta ve Birge Yıldırım Okta tarafından kurulan ofis, multidisipliner çalışmalara odaklanmaktadır.

Misyon ve Vizyon: Disiplinler arası bir yaklaşımla, sürdürülebilir ve topluma katkı sağlayan yapılar üretmeyi vizyon edinmiştir.

- OSO Mimarlık

OSO Mimarlık Tasarım İnşaat Danışmanlık Ltd. Şti., 2007 yılında Ozan Bayık, Serhan Bayık ve Okan Bayık tarafından kurulmuş olup, mimarlık ve iç mimarlık alanlarında profesyonel hizmetler sunmaktadır.

Yaklaşım ve Hedefler: Güncel malzeme bilgisi ve estetik-fonksiyon dengesi ile özgün projeler üretmektedir. Farklı perspektifleri harmanlayarak yaratıcı projeler ortaya koymayı hedeflemektedir.

Yapı: Bayık kardeşler tarafından kurulan firma hem yurtiçi hem de yurtdışında çeşitli projelere imza atmaktadır.

Misyon ve Vizyon: Geleceğe yönelik vizyonu ile estetik ve işlevselliği birleştiren yapılar tasarlamayı vizyon edinmiştir.

- Salon Mimarlık

Yaklaşım ve Hedefler: Şehirlerde taktik ve deneysel inovasyona odaklanarak karmaşık dijital tasarımları binalara dönüştürür. Çağdaş üretim teknolojilerini uygulayarak yenilikçi ve etkileyici projeler uygulamayı hedeflemektedir.

Yapı: Alper Derinboğaz tarafından kurulan ofis, mimarlık, sanat ve şehircilik alanlarında faaliyet gösterir.

Misyon ve Vizyon: Şehirlerde sürdürülebilir inovatif çözümler geliştirmeyi vizyon edinmiştir.

- Slasharchitects

Şule Ertürk'ün liderliğindeki slasharchitects, tasarım alanında uzmanlaşmış profesyoneller ve tasarım tutkunlarından oluşan bir ekip olarak, mimarlık, kentsel tasarım, iç mimarlık ve mobilya tasarımı alanlarında ulusal ve uluslararası düzeyde projeler gerçekleştirmektedir.

Yaklaşım ve Hedefler: Kentsel bağlam, kullanıcı ve mimari ürün arasında güçlü ilişkiler kuran tasarımlar geliştirir. Mekânsal deneyimler sunarak kullanıcının beklentilerini karşılayan projeler üretmeyi hedeflemektedir.

Yapı: Şule Ertürk liderliğindeki ofis, mimarlık, kentsel tasarım, iç mimarlık ve mobilya tasarımı alanlarında çalışmaktadır.

Misyon ve Vizyon: Bağlamsal koşullara uyum sağlayarak kolektif düşünceyi yansıtan projeler geliştirmeyi benimsemiştir.

- Tabanoğlu Mimarlık

Tabanlıoğlu Architects, 1990 yılında Murat Tabanlıoğlu ve babası Hayati Tabanlıoğlu tarafından kurulmuştur ve Melkan Gürsel (AIA Int.) 1995 yılında gruba ortak olarak katılmıştır.

Yaklaşım ve Hedefler: Mekânın benzersizliğini ve ihtiyaçların özgünlüğünü göz önünde bulundurarak inovatif çözümler sunmaktadır. Küresel ve çevresel ihtiyaçlara duyarlı, verimli projeler gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

Yapı: 1990 yılında Murat ve Hayati Tabanlıoğlu tarafından kurulan firma, konut, ofis ve ticari alanlarda projeler üretmektedir.

Misyon ve Vizyon: Değişen teknolojik ihtiyaçlara yanıt veren projeler geliştirerek kalıcı ve özgün mimari değerler yaratmayı benimsemiştir.

- ZOOM/TPU

Yaklaşım ve Hedefler: Her bir tasarım detayını titizlikle ele alarak, projelerinde özgün çözümler sunmayı hedef edinmiştir. Hastanelerden özel konutlara kadar geniş bir alanda kullanıcı dostu projeler geliştirmektedir.

Yapı: 1994 yılında Atilla Kuzu ve Levent Çırpıcı tarafından kurulan firma, geniş yelpazede projeler üreterek yenilikçi iç mekân tasarımlarında öncüdür.

Misyon ve Vizyon: Bağlamsal uyum ve işlevselliği gözeterek çağdaş mimarlık anlayışını yansıtan projeler sunmayı benimsemiştir.

2.2.2. Görüşme Tekniği

Görüşme tekniği ile katılımcılar, açık uçlu sorulara verdiği özgür yanıtlar çerçevesinde düşünce, duygu ya da görüşleri daha doğru bir biçimde ortaya koyabilmektedir. Görüşme, araştırmaya katılan bireylerin belli bir konuda duygu ve düşüncelerini anlatma etkinliği

olarak tanımlanmaktadır. Görüşmenin temel amacı bireyin iç dünyasına girerek onun bakış açısını anlamaya çalışmaktır. Görüşme yoluyla araştırılan konu hakkında bireyin deneyimleri, tutumları, düşünceleri, niyetleri, yorumları, zihinsel algıları ve tepkileri gibi gözlenemeyen bilgilere ulaşılması umut edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2008; Sönmez ve G. Alacapınar, 2011). Bu doğrultuda çalışmaya diğer yöntemlere göre daha fazla veri sağlayacağı düşünüldüğü için çalışmada görüşme tekniği kullanılmıştır. Görüşme tekniği ise kendi içinde ‘yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmış’ olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Çalışma kapsamında tasarımcılar ile yapılacak görüşmenin açık uçlu sorular içermesi ve her bir kişiye aynı soruları aynı biçimde ve aynı sözcüklerle sorulması yönüyle ‘yapılandırılmış görüşme’ tekniği kullanılmaktadır.

Görüşme tekniği sonucu elde edilen verilerin sentezlenerek her cevap içerisinden kelime ve temaların bir kategori yapılarak analiz etme amacının olması çalışmada ‘içerik analizi’ yapılmasını mümkün kılabilmektedir.

2.2.3. Görüşme Soruların Hazırlanması ve Uygulanması

Görüşme sorularının hazırlanmasında öncelikle cevabı merak edilen amaç ve alt amaç başlıkları belirlenmiştir. Alt başlıklar çerçevesinde soru grupları oluşturulmuştur. Soru gruplarının öncesinde tasarımcının ismi, bağlı olduğu tasarım ofisinin ismi, yaşı, mesleki tecrübe yılı, çalışma sahası, eğitim durumu ve alanına ait bilgilerin yer aldığı demografik bilgi alanı oluşturulmuştur. Tez kapsamında belirlenen alt amaçlar doğrultusunda sorular hazırlanmıştır:

1. Alt Amaç “Hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi” doğrultusunda;

- Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?
- Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?
- Lisans eğitiminizde hesaplamalı tasarım üzerine dersler aldınız mı?
- Hesaplamalı tasarım konusunda herhangi bir kursa ya da eğitime katıldınız mı?
- Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntemler nelerdir?
- Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araçlar nelerdir?
- Tablo üzerinde hesaplamalı tasarımlarınızda kullandığınız yöntemlere bağlı olarak tercih ettiğiniz araçlar hangisi/hangileri olduğunu lütfen işaretleyiniz.

- Kullandığınız bu araçları kendiniz mi ediniyorsunuz yoksa firmalardan kiralayarak mı kullanıyorsunuz? Nedenini açıklar mısınız?
- Hesaplamalı tasarımda konusunda hazır olan programları mı kullanıyorsunuz yoksa kendiniz başka bir program mı geliştiriyorsunuz?
- Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?
- Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?
- Aşağıda yer alan tablo üzerinde hesaplamalı tasarım yaptığınız proje tipini ve bu proje tipinde hesaplamalı tasarımın hangi alanda/alanlarda (yapı kütlesi, iç mekân, cephe, mobilya, aksesuar) bulunduğunu lütfen işaretleyiniz.

2. Alt Amaç “Hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkılarının belirlenmesi” doğrultusunda;

- Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?
- İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?
- Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?

3. Alt Amaç “Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi” doğrultusunda;

- İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?
- Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?
- Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?
- Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?
Tasarım sürecinde yaşanan problemler,
Üretim sürecinde yaşanan problemler,
Uygulama sürecinde yaşanan problemler,

Katılımcılarla gerçekleştirilecek görüşme için hazırlanan form (EK-1), kendilerine bir ön mektup ve detaylı açıklama eşliğinde e-posta yoluyla iletilmiştir. Katılımcılardan bazıları, yoğun programları nedeniyle görüşmelere katılamayacaklarını belirtirken, bazıları da

çevrimiçi görüşmelere zaman ayıramayacaklarını, ancak görüşme sorularının bir bağlantı aracılığıyla kendilerine gönderilmesi durumunda çevrimdışı olarak yanıtlayabileceklerini ifade etmişlerdir. Bu geri bildirimler doğrultusunda, daha önce belge formatında hazırlanan görüşme formu Google Formlar'a aktarılmış ve ilgili bağlantı katılımcılarla paylaşılmıştır. Katılımcıların katkıları sayesinde, görüşme verilerine bu çevrimiçi platformlar, e-posta ve Google Formlar aracılığıyla erişim sağlanmıştır. Bu durumda bakıldığında görüşmeler çevrimiçi platformlar, e-posta ve Google Formlar üzerinden gerçekleştirilebilmiştir.

2.2.4. Görüşme Tekniğinin Değerlendirilmesi

Tasarımcılarla yapılan görüşme sonucunda elde edilen veriler nitel veri analiz yöntemlerinden olan içerik analizi yolu ile değerlendirilmiştir.

- **İçerik Analizi**

İçerik analizi, toplanan verilerin derinlemesine incelenmesini ve bu verilerden anlamlı kavram, kategori ve temaların ortaya çıkarılmasını gerektirir. Bu yöntemde, veriler dikkatle incelenir; veri setinde sıkça tekrarlanan veya katılımcılar tarafından belirgin bir şekilde vurgulanan olay ve olgular üzerinden kodlar geliştirilir. Kodlama süreci, verilerin kategorilere ayrılmasını ve bu kategorilerden temaların oluşturulmasını sağlar. Yani, benzerlik ve ilişkiler gösteren veriler (kodlar), belirli kavramlar (kategoriler) ve temalar çerçevesinde bir araya getirilir ve bu şekilde yorumlanır. İçerik analizi, katılımcıların görüşleri doğrultusunda sistematik bir ayrıştırma süreci gerçekleştirir (Bengtsson, 2016; Crabtree ve Miller, 1999; Merriam ve Grenier, 2019).

Çalışmada içerik analizi sürecine ek olarak, kelime bulutu yöntemi de kullanılarak verilerin görsel olarak desteklenmesi sağlanmıştır. Kelime bulutları, görüşmelerde ve dokümanlarda sıkça geçen kelimeleri ve kavramları görsel olarak öne çıkarmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu yöntem, belirli kelime ve ifadelerin hangi sıklıkla kullanıldığını vurgulamakla beraber içerik analizinde ortaya çıkan temaların daha net bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Kelime bulutu, içerik analizinde elde edilen kodlar ve kategorilerle uyumlu bir şekilde, görüşme verilerinde tekrarlayan önemli kavramların görsel olarak analiz edilmesini mümkün kılmaktadır.

İçerik analizinde görüşme, gözlem veya dokümanlar yoluyla elde edilen veriler, dört aşamada analiz edilir (Şekil 28). Bu aşamalar, kodlama, kategorilere ayırma, temaların oluşturulması/düzenlenmesi ve bulguların tanımlanması ve yorumlanması süreçlerini kapsamaktadır. Kelime bulutu yöntemi ise bu aşamalara paralel olarak kullanılarak, analiz sürecine ek bir görselleştirme aracı olarak katkı sunmaktadır.

1.AŞAMA	2.AŞAMA	3.AŞAMA	4.AŞAMA
Verilerin kodlanması	Kod, kategori ve temaların bulunması	Kod, kategori ve temaların düzenlenmesi	Bulguların tanımlanması ve yorumlanması
Verilerin kodlanması aşamasında araştırmacı, topladığı verileri inceler ve veri setini anlamlı bölümlere ayırmaya, her bölümün hangi kavramı karşıladığını keşfetmeye çalışır. Kendi içinde anlamlı yapılar oluşturan her bir bölüme araştırmacı tarafından isim verilir.*	Nitel veri analizinin ilk aşamasında keşfedilen kodlardan hareketle veri setini daha genel düzeyde açıklayabilen ve kodları belirli kategoriler altında toplayabilen temaların belirlenmesi gereklidir. Bu kapsamda tematik kodlama denilen daha soyut bir kodlama söz konusudur.**	Ayrıntılı kodlama ve tematik kodlama neticesinde, araştırmacı topladığı verileri anlamlı bir şekilde düzenleyebileceği sistematik bir yapı oluşturur. Daha sonra veriler yeniden düzenlenir.***	Nitel araştırmalar, araştırmacının şahsi deneyimlerinin sunulduğu ve yaşanmışlıkların da önemli veri sunabildiği araştırma yönelimidir. Bu açıdan araştırmacı, incelenen olay veya olguya yakın ve hatta çoğu durumda iç içe olduğu ilk elden yaşantılar tecrübe ettiğinden, yapacağı yorum ve aktarımlar özel bir değer taşır.

Şekil 28. İçerik analizi aşamaları

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde görüşme formunda yer alan üç başlığa ait bulgular ve tartışmalar; “Hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi” “Hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları” ve “Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi” olarak 3 ayrı alt başlıkta verilmektedir.

3.1. Hesaplamalı Tasarım Hakkındaki Genel Yaklaşımların ve Gelişim Sürecinin Belirlenmesine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Tez çalışmasının ana amacı altında belirlenen alt amaçlardan birisi olan hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesine başlığında katılımcılara 12 soru sorulmuştur. Bu sorulara verilen cevaplar doğrultusunda tasarımcılar tarafından kendi söylemleri üzerinden kavramlar belirlenerek içerik analizi yapılmaya çalışılmıştır (Tablo 4). Bu bölümde yer alan kavramlar; tasarımcıların kendi sözlü açıklamalarının metinsel dökümü sonucu ortaya çıkan bilgilerdir. Sorulara verilen cevaplardan alınan kavramlar oluşturulurken soru sayısının fazla olması nedeniyle katılımcı tasarımcılar tabloda rakamlarla kodlanarak verilmiştir.

Tablo 4. “Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Denge, estetik, işlevsellik, tasarım sürecinde yenilik, verimlilik, mimaride gelecek
Tasarımcı.2	Bütünsel tasarım, optimizasyon, yenilikçi düşünme süreci, zamansız, alternatif çözümler
Tasarımcı.3	Müşteri ihtiyaç analizi, verimlilik, işlevsellik, sürdürülebilirlik, maliyet optimizasyonu
Tasarımcı.4	Teknolojik gelişmelerin entegrasyonu, estetik, işlevsellik, yenilikçi çözümler
Tasarımcı.5	İlişkisel düşünme, teknoloji, malzeme ve inovasyon birleşimi, tasarım dinamikleri bütünselliği
Tasarımcı.6	Yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler, hesaplamalı araçların potansiyeli, çevresel ve sosyal bağlamlar, estetik değer
Tasarımcı.7	Mimari üslup algısı, modelleme ve tasarlama yöntemi
Tasarımcı.8	Tasarım sürecinin hızlanması, karmaşık ve yaratıcı çözümler, kullanıcı ihtiyaç analizi, teknoloji kullanımı, yenilikçilik, estetik
Tasarımcı.9	Yaratıcılık, verimlilik, yenilikçi, entegre yaklaşım, kullanıcı deneyim odaklı tasarım
Tasarımcı.10	Teknoloji, estetik, işlevsellik, modelleme
Tasarımcı.11	Tasarım sürecinde hız, kullanıcı odaklı çözüm

Hesaplamalı tasarım düşüncesi, iç mimarlık pratiğinde yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler geliştirmek için kritik bir araç olarak tanımlanmaktadır. Tasarımcıların yanıtlarından elde edilen bulgular, bu yaklaşımın tasarım süreçlerinde verimlilik, estetik ve işlevsellik arasında dengeli bir ilişki kurma hedefini ön plana çıkarmaktadır. Tasarımcıların belirttiği üzere, bütünsel tasarım ve optimizasyon ilkeleri, projelerin karmaşıklığını yönetmeye yönelik önemli stratejiler olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, müşteri ihtiyaçlarının analizi ve kullanıcı deneyimi odaklı tasarım anlayışı, sürdürülebilirlik ve çevresel faktörlerin entegrasyonu ile birleşerek, mimari ve iç mimari çözümlerin sadece estetik değil, aynı zamanda işlevsel olmasını sağlamaktadır.

Hesaplamalı tasarım düşüncesi yaklaşımındaki yenilikçi düşünme süreçleri, teknolojik gelişmelerin entegrasyonu ile desteklenirken, algoritmik düşünce ve veri kullanımının tasarım aşamalarındaki rolü, karar verme süreçlerini daha bilinçli hale getirdiği ifade edilmektedir. Böylelikle, tasarımcılar karmaşık geometrilerin ve formların yaratımında, parametrik, performansa dayalı tasarım gibi hesaplamalı araçların potansiyelinden faydalanmakta ve alternatif çözümler geliştirmektedir. Böylece projelerin uygulanabilirliği ve üretilebilirliğine de katkı sağlamaktadır.

“Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?” sorusuna ait bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. “Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen bulgular
Tasarımcı.1	Teknoloji ve mimarideki gelişmeler ile daha karmaşık ve dinamik tasarım isteği hesaplamalı tasarım yöntemlerine yönlendirmiştir.
Tasarımcı.2	3D modelleme yazılımları ile başlayıp temel geometrik şekiller üzerinde çalışarak, daha karmaşık ve parametrik tasarımlar oluşturma yeteneği geliştirilmiştir.
Tasarımcı.3	Karmaşık yapılar ve formlar geliştirip uygulayabilme isteği ile yönelinmiştir.
Tasarımcı.4	Parametrik tasarım araçları kullanarak hesaplamalı tasarım uygulamalarına başlanmıştır.
Tasarımcı.5	Ofisin kuruluşundan itibaren hesaplamalı tasarım yöntemleri ile tasarımlar yapılmıştır.
Tasarımcı.6	Öncelikle simülasyon teknikleri kullanılarak başlanmış ardından mimari formların ve kentsel alanların dinamiklerini anlamak için parametrik tasarım araçları kullanılmaya devam edilmiştir.
Tasarımcı.7	2010 yılında bir hocası vasıtasıyla tanışmış ve yapmak istenilen form ve dokuların ancak hesaplamalı tasarım araçları ile yapılabileceğini öğrendikten sonra alana daha fazla yönelinmiştir.
Tasarımcı.8	Hesaplamalı tasarım yöntemlerinin sunduğu alternatiflerin fazla olması ve günümüz mimarisinin bu alana yönelmesi nedeniyle tasarımlarda program ve yöntemlerin kullanımı başlamıştır.

Tablo 5'in devamı

Tasarımcı.9	Tasarımcının Paris eğitiminde bu alana yönelmesi tasarımların da bu alandan üretilmesine neden olmuştur. Ayrıca kurucu tasarımcının yurt dışında parametrik tasarım üzerine yaptığı araştırmalar, ofisin bu alana yönelmesine zemin hazırlamıştır.
Tasarımcı.10	Murat Tabanlıoğlu ve Melkan Gürsel'in öncülüğünde, modern tasarım süreçlerine hesaplamalı araçların entegrasyonu ile kullanım hız kazanmıştır.
Tasarımcı.11	2000'li yılların başlarında başlanmıştır. Bu süreçte, tasarım ve üretim aşamalarında teknolojiyi aktif olarak kullanma kararı alınmıştır.
Tasarımcı.12	Hesaplamalı tasarımlara, teknolojik gelişmelerin mimari süreçlere entegre edilmesi gerektiğinin farkına vararak başlanılmıştır.
Tasarımcı.13	Hesaplamalı tasarım ilk projelerine parametreler aracılığıyla tasarımları optimize etmeye ve kullanıcı deneyimini artırmaya yönelik araştırmalar yapmaları ile başlamışlardır.
Tasarımcı.14	Projelerinde, karmaşık geometrileri ve tasarım parametrelerini yönetme kabiliyetlerini artırarak, yaratıcı tasarım süreçlerini geliştirme hedefiyle başlamışlardır.
Tasarımcı.15	Parametrik tasarımlar deneme arzusuyla başlanmıştır.
Tasarımcı.16	Başlarda CAD araçları kullanarak tasarımlar yapılmış. Zamanla Grasshopper ve Rhino gibi hesaplamalı araçlara yönelerek başlanılmıştır.
Tasarımcı.17	Hesaplamalı tasarıma, ilk önce birkaç bağımsız projede denemeler yaparak başlanılmıştır. Bu süreçte 3D modelleme yazılımları kullanarak formlar üzerinde çalışılmıştır.
Tasarımcı.18	Hesaplamalı tasarım ve uygulamaların artması ile CAD programları üzerinde çalışmalar ve prototipler yaparak ilk çalışmaları yapmaya başlamışlardır.
Tasarımcı.19	Hesaplamalı tasarım programlarını deneyip neler yapılabileceğini anlamaya çalışarak başlanılmıştır.
Tasarımcı.20	Tam olarak nasıl başlanıldığı hatırlanmamaktadır.
Tasarımcı.21	Hesaplamalı tasarımların mimari süreçlerdeki koordinasyon ve üretim problemlerini çözmeye potansiyelini fark ederek bu alana yönel
Tasarımcı.22	Hesaplamalı tasarıma, ilk önce 3D modelleme yazılımları ile başlanılmıştır.

Tasarımcıların hesaplamalı tasarıma başlama süreçleri, teknoloji ve mimarideki gelişmelere duyulan ilgiyle ilişkilendirilebilir. Tasarımcı.1 ve Tasarımcı.3, özellikle karmaşık geometrik formların yaratılması ihtiyacından dolayı hesaplamalı tasarım yöntemlerine yönelmişlerdir. Bu tasarımcılar, geleneksel araçların sunduğu sınırlamaları aşma arayışında ile dijital modelleme yazılımlarını benimsemişlerdir. Tasarımcı.2 ve Tasarımcı.4 ise 3D modelleme ve hesaplamalı tasarım araçlarını kullanarak, daha önce mümkün olmayan yapısal ve geometrik formların üretimine odaklanmışlardır.

Öte yandan, Tasarımcı.9 gibi bazı tasarımcılar, yurt dışı eğitimleri sırasında hesaplamalı tasarım yöntemleriyle tanışmış ve bu bilgi birikimini profesyonel yaşantılarına entegre etmişlerdir. Tasarımcı.6 ve Tasarımcı.12 de teknolojinin mimari süreçlerdeki artan

rolünün farkına vararak simülasyon teknikleri ve hesaplama araçları ile çalışmaya başlamışlardır.

Ayrıca, Tasarımcı.5 ve Tasarımcı.13 gibi bazı tasarım ofisleri, kuruluş aşamasından itibaren hesaplama araçlarını kullanmayı tercih etmiş, böylece projelerinde dijital süreçlerin sunduğu esneklik ve teknik olanaklardan faydalanmışlardır. Tasarımcı.7 ve Tasarımcı.18 ise geleneksel CAD yazılımlarından hesaplama araçlarına geçiş yaparak, hesaplama tasarımının sunduğu geniş olanakları keşfetmişlerdir.

Genel olarak, hesaplama tasarımının sunduğu çözümler, farklı geometriler ve projelerdeki üretim kabiliyetlerini artırarak tasarımcıların bu araçları benimsemesine önemli katkı sağlamıştır. Tasarımcıların verdiği yanıtlardan anlaşıldığı üzere, bu yöntemlerin mimari süreçlerde merkezi bir rol oynamaya başlamasıyla birlikte, projelerde daha bilinçli kararlar alınmakta ve bu da hesaplama tasarımının tasarım dünyasında kalıcı bir yer edinmesine neden olmaktadır.

Hesaplama tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi başlığındaki 3. Ve 4. Sorular olan “Lisans eğitiminizde hesaplama tasarım üzerine dersler aldınız mı? Aldıysanız aldığınız dersler nelerdir?” ve “Hesaplama tasarım konusunda herhangi bir kursa ya da eğitime katıldınız mı? Katıldıysanız bu eğitim/kurslar nelerdir?” sorusuna tüm katılımcılar “Hayır” cevabını vermiştir. “Tasarımcı.5” ve “Tasarımcı.9” yüksek lisans eğitimlerinde hesaplama tasarım üzerinde dersler alarak bu alana yönelmişlerdir. Tasarımcı.5, yüksek lisans eğitiminin ardından Zaha Hadid Architects’de çalışmış ve hesaplama tasarım alanındaki deneyim ve birikimlerini geliştirmiştir.

“Hesaplama tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. “Hesaplama tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplama tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Metamorfik tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.2	Metamorfik tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.3	İzomorfik tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.4	Animasyona dayalı tasarım, Metamorfik tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.5	Animasyona dayalı tasarım, İzomorfik tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım

Tablo 6'nın devamı

Tasarımcı.6	İzomorfik tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.7	İzomorfik tasarım, Metamorfik tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.8	Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.9	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.10	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.11	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.12	Animasyona dayalı tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.13	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.14	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.15	Parametrik tasarım
Tasarımcı.16	Parametrik tasarım
Tasarımcı.17	İzomorfik tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.18	Animasyona dayalı tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.19	Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.20	Metamorfik tasarım, Parametrik tasarım
Tasarımcı.21	Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım
Tasarımcı.22	Parametrik tasarım, Performansa dayalı tasarım

Hesaplamalı tasarım yöntemlerine ilişkin bulgular incelendiğinde, parametrik tasarım tüm tasarımcılar tarafından tercih edilerek en yaygın kullanılan yöntem olarak öne çıkmıştır. Bu yöntem, özellikle tasarım süreçlerinde esneklik, karmaşıklık ve optimizasyon gerektiren projelerde önemli bir rol oynayabilmektedir.

Performansa dayalı tasarım, 14 tasarımcı tarafından benimsenmiş olup, tasarımın işlevsellik, verimlilik ve çevresel koşullara olan duyarlılığına vurgu yapan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, tasarımın performansını optimize ederek sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

Animasyona dayalı tasarım ise 11 tasarımcı tarafından tercih edilmiştir. Bu yöntemin, hareketli görseller ve dinamik süreçlerin tasarım sürecine entegrasyonunu sağlayarak özellikle karmaşık geometrik formların modellenmesi ve görselleştirilmesi amaçlarında yer bulmaktadır.

Daha sınırlı bir grup tasarımcı tarafından kullanılan metamorfik tasarım (6 tasarımcı) ve izomorfik tasarım (6 tasarımcı) yöntemleri ise, tasarımın biçimsel ve geometrik değişim süreçlerine odaklanan bir yaklaşım benimseyen projelerde tercih edilebilmektedir.

Evrimsel sistemlere dayalı tasarım yöntemini ise hiçbir tasarımcının tercih ettiği görülmemiştir.

Hesaplamalı tasarım yöntemlerine ait kelime bulutu Şekil 30’da verilmiştir.



Şekil 30. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu

“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.2	3 Boyutlu Yazıcılar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.3	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.4	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.5	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.6	Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.7	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.8	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar

Tablo 6'nin devamı

Tasarımcı.9	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.10	Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.11	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.12	Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.13	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.14	Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.15	3 Boyutlu Yazıcılar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.16	Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar
Tasarımcı.17	3 Boyutlu Yazıcılar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.18	3 Boyutlu Yazıcılar, Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.19	3 Boyutlu Yazıcılar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.20	3 Boyutlu Yazıcılar, Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar
Tasarımcı.21	3 Boyutlu Yazıcılar, Robotlar
Tasarımcı.22	3 Boyutlu Yazıcılar, Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar, Robotlar

Katılımcı tasarımcıların en sık kullandığı araç, 3 boyutlu yazıcılar olup, 22 tasarımcıdan 20'si bu aracı kullanmaktadır. Bu durum, 3 boyutlu yazıcıların hesaplamalı tasarımda geniş bir kullanım alanı bulduğunu ve tasarım süreçlerinde yaygın olarak tercih edildiğini göstermektedir. Tasarımcılar, bu araçla karmaşık ve detaylı modellerin daha hızlı ve hassas bir şekilde üretilebilmektedir.

Çıkarmalı yöntemle çalışan araçlar ise 16 tasarımcı tarafından tercih edilmiştir. Bu araçlar, hesaplamalı tasarımın üretim ve prototipleme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Eklemeli yöntemle çalışan araçlar, 13 tasarımcı tarafından kullanılarak, özellikle üretim aşamalarında karmaşık ve katmanlı yapıların oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

Diğer bir sık kullanılan araç olan biçimlendirici yöntemle çalışan araçlar, 12 tasarımcı tarafından tercih edilmiştir. Bu araçların, malzemelerin şekillendirilmesinde ve tasarım süreçlerinde esneklik sağlama potansiyeli taşıdığı görülmektedir. Son olarak, robotlar, 10 tasarımcı tarafından kullanılmakta olup, bu araçların tasarım ve üretim süreçlerinde otomasyon ve yenilikçi uygulamalara imkân sağlamaktadır. Robotların, tekrarlayan görevlerde sağladığı hassasiyet ve hız, hesaplamalı tasarımın üretim aşamalarında önemli bir unsurdur.

Hesaplamalı tasarım araçlarına ait kelime bulutu Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araç/araçlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu

“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplar
Tasarımcı.1	Grasshopper 3D, Revit, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.2	Grasshopper 3D, Revit, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.3	ArchiCAD, Revit
Tasarımcı.4	Revit, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.5	CATIO, Dynamo, Grasshopper 3D, Revit, Mimmel
Tasarımcı.6	CAD Programları, Grasshopper 3D, Revit
Tasarımcı.7	Dynamo, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.8	Grasshopper 3D, Revit, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.9	Dynamo, Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.10	Rhinoceros 3D
Tasarımcı.11	Grasshopper 3D, Revit
Tasarımcı.12	Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.13	Dynamo, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.14	Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.15	Grasshopper 3D
Tasarımcı.16	Dynamo, Revit
Tasarımcı.17	Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D

Tablo 8'in devamı

Tasarımcı.18	Blender, Dynamo, Maya
Tasarımcı.19	Dynamo, Revit
Tasarımcı.20	Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D
Tasarımcı.21	Dynamo, Grasshopper 3D
Tasarımcı.22	Dynamo, Revit

Tablo 8’de de görüldüğü üzere, Grasshopper 3D ve Rhinoceros 3D en çok tercih edilen yazılımlar arasında yer aldığı görülmüştür. Grasshopper 3D, “15 tasarımcı” tarafından, Rhinoceros 3D ise “13 tasarımcı” tarafından tercih edilmektedir. Grasshopper 3D, görsel programlama diliyle, kullanıcıların karmaşık geometrileri ve tasarım varyasyonlarını hızlı bir şekilde modelleyebilmelerine olanak tanımaktadır. Hesaplamalı tasarımda özellikle parametrik tasarımlarda, formun ve yapısal elemanların dinamik bir şekilde oluşturulmasına izin vererek, tasarım sürecini hızlandırmakta ve alternatif çözümler üretme kapasitesini genişletmektedir. Rhinoceros 3D ise, geniş kapsamlı modelleme ve geometrik hassasiyeti ile organik ve kompleks formların tasarlanmasına imkân tanımaktadır. Grasshopper ile tam entegrasyonu, parametrik tasarım süreçlerinde bu iki yazılımın birlikte kullanılmasını sağlamaktadır. Bu iki yazılımın yaygın kullanımı, hesaplamalı tasarım süreçlerinde sağladıkları esneklik ve kullanıcıya sundukları geniş modelleme olanakları ile açıklanabilir.

Revit, “11 tasarımcı” tarafından kullanılan bir yazılım olup, özellikle BIM (Bina Bilgi Modellemesi) süreçlerinde tercih edilebilmektedir. Revit, yapı ve inşaat sektöründe tasarımdan üretime kadar tüm aşamaları dijitalleştirme imkânı sunarak, projelerdeki tasarım ve yapım süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Ayrıca, ekip içi iş birliğini kolaylaştıran bulut tabanlı iş akışları ve veritabanı yönetimi ile Revit, tasarımcıların projelerini gerçek zamanlı olarak yönetmesine olanak sağlayabilmektedir. Bu özellikler, özellikle büyük ölçekli projelerde Revit'i önemli bir araç haline getirebilmektedir. Dynamo ise, “10 tasarımcı” tarafından tercih edildiği görülmüştür. Revit ile birlikte kullanılan bir görsel programlama yazılımı olup, tasarımcıların projelerde parametrik modelleme ve otomasyon süreçlerini gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Dynamo, kullanıcıların karmaşık geometriler ve otomatik tasarım süreçlerini tanımlamalarına yardımcı olmakta, böylece manuel iş yükünü azaltarak verimliliği iyileştirmektedir. Daha az sıklıkla kullanılan diğer yazılımlar arasında ArchiCAD, CAD Yazılımları, CATIO, Mimmel, Blender ve Maya yer almaktadır. Bu yazılımlar, daha spesifik ihtiyaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Blender ve Maya, animasyon ve görsel efekt süreçlerinde güçlü araçlar sunarken,

CATIO özellikle karmaşık mühendislik tasarımlarında ve endüstriyel süreçlerde tercih edilmektedir. CATIO yazılımı “Tasarımcı.5” tarafından Seul için tasarlanan Robot Bilimi Müzesi’nin cephe çalışmalarında yer alacak robot kolların projenin dijital algoritmik bilgileri ile iletişim kurarak iyi bir senkronizasyon ile çalışmalarının sağlanabilmesi için tercih edilmiştir.

Hesaplamalı tasarımda en çok tercih edilen programlar katılımcıların cevapları doğrultusunda oluşturulan kelime bulutu ile ifade edilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. “Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramların kelime bulutu

“Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?” sorusuna ait bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 9). Katılımcı tasarımcılardan çoğunluğu bu soruya 5 yapı tipini sıralamayıp 3, 2 ya da tek yapı tipi seçtiği de görülmüştür.

Tablo 9. “Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?” sorusuna ait verilen cevaplar
Tasarımcı.1	Kültürel yapılar, Kompleks/Karma yapılar, Oteller
Tasarımcı.2	Ticari yapılar, Kültürel yapılar
Tasarımcı.3	Ofis yapıları, Ticari yapılar, Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.4	Ticari yapılar

Tablo 9'un devamı

Tasarımcı.5	Kültürel yapılar, Kompleks/Karma yapılar, Ofis yapıları, Ticari yapılar
Tasarımcı.6	Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.7	Ticari Yapılar, Ofis yapıları, Kültürel yapılar, Oteller, Spor yapıları
Tasarımcı.8	Ofis yapıları, Ticari yapılar, Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.9	Kültürel yapılar, Ticari yapılar, Ofis yapıları, Dini yapılar
Tasarımcı.10	Ofis yapıları, Ticari yapılar, Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.11	Hastane yapıları, Ofis yapıları, Ticari yapılar
Tasarımcı.12	Kültürel yapılar, Ticari yapılar, Ofis yapıları
Tasarımcı.13	Kültürel yapılar, Ticari yapılar, Ofis yapıları
Tasarımcı.14	Ofis yapıları, Restoran/Bar/Kafe yapıları, Ticari yapılar, Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.15	Ofis yapıları
Tasarımcı.16	Oteller, Kompleks/Karma yapılar
Tasarımcı.17	Kültürel yapılar, Ofis yapıları
Tasarımcı.18	Eğitim yapıları, Restoran/Bar/Kafe yapıları, Ticari yapılar
Tasarımcı.19	Hastane yapıları, Kompleks/Karma yapılar, Spor yapıları
Tasarımcı.20	Oteller, Kompleks/Karma yapılar, Kültür yapıları
Tasarımcı.21	Eğitim yapıları, Restoran/Bar/Kafe yapıları, Ticari yapılar
Tasarımcı.22	Kompleks/Karma yapılar, Ofis yapıları, Eğitim yapıları, Ticari yapılar, Kültür yapıları

Katılımcı tasarımcıların vermiş olduğu cevaplara bakıldığında, hesaplamalı tasarımın en fazla uygulandığı yapı tipleri, ticari yapılar, ofis yapıları, kompleks/karma yapılar ve kültürel yapılar olduğu görülmüştür. Ticari yapılar “18 tasarımcı” (Tasarımcı.2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 21, 22), ofis yapıları “16 tasarımcı” (Tasarımcı.3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 22), kompleks/karma yapılar “14 tasarımcı” (Tasarımcı.1, 3, 5, 6, 8, 10, 14, 16, 19, 20, 22), kültürel yapılar “11 tasarımcı” (Tasarımcı.1, 2, 5, 7, 9, 12, 13, 17, 20, 22) ve oteller “4 tasarımcı” (Tasarımcı.1, 7, 16, 20) tercih ettiği görülmüştür. Bu yapıların tercih edilme gerekçeleri, bu tür projelerin hesaplamalı tasarımın sunduğu esneklik, karmaşık geometrik formlar ve optimizasyon süreçlerine olan ihtiyaçlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hesaplamalı tasarım, büyük ölçekli ve karmaşık projelerde farklı parametrelerin (işlev, estetik, malzeme optimizasyonu, enerji verimliliği) entegrasyonunu sağladığı için özellikle bu yapı türlerinde sıklıkla tercih edilmektedir.

Ticari yapılar ve ofis yapıları, genellikle yoğun insan trafiğine sahip olan projelerdir. Bu yapılarda kullanıcı deneyimi ön plandadır ve bu deneyimi iyileştirmek için hesaplamalı tasarım, esnek alan çözümleri ve yenilikçi cephe tasarımları gibi stratejiler devreye sokulabilmektedir. Ayrıca, ticari yapılarda marka imajını yansıtan tasarımlar, ofis

yapılarında ise modüler ve optimize edilmiş mekân düzenlemeleri, hesaplamalı tasarımın sunduğu olanaklarla daha rahat bir şekilde hayata geçirilebilmektedir.

Kompleks veya karma yapılar, birçok işlevi barındıran ve farklı kullanıcı gruplarına hitap eden projelerdir. Bu yapıların tasarım süreci, birden fazla parametrenin aynı anda yönetilmesini gerektirir. Hesaplamalı tasarım, farklı işlevler arasındaki ilişkilerin modellenmesi, yapı içindeki akışların optimize edilmesi ve mekânsal organizasyonun iyileştirilmesi gibi avantajlar sunduğundan, bu projelerde sıklıkla kullanılmaktadır.

Kültürel yapılar ise estetik ve sembolik değerlerin ön planda olduğu projelerdir. Bu tür projelerde, genellikle ihtiyaca cevap verebilen yenilikçi ve ikonik formlar yaratılmak istenebilmektedir. Hesaplamalı tasarım, özgün ve karmaşık geometrilerin oluşturulmasına olanak sağlayarak kültürel yapılar için uygun bir araç haline gelmiştir. Ayrıca bu yapılarda, farklı malzemelerin ve yapı elemanlarının performansını değerlendiren simülasyon teknikleri de sıkça kullanılabilmektedir.

Oteller gibi konaklama yapılarında, kullanıcıların konforunu en üst seviyeye çıkarmak amacıyla hesaplamalı yaklaşımlar kullanılarak akıllı çözümler geliştirilebilir. Bu projelerde, odaların konumlandırılmasından cephelerin güneş ışığını en iyi şekilde almasına kadar birçok değişkenin optimize edilmesi gerekir, bu da hesaplamalı tasarımın öne çıktığı bir diğer alan olabilmektedir.

Hesaplamalı tasarımın konut yapıları, dini yapılar, kafe/restoran/bar yapıları, eğitim yapıları, hastane yapıları ve spor yapılarında daha az tercih edilmesinin gerekçeleri ise şu şekilde açıklanabilir:

Konut yapıları, daha fazla standartlaşmış ve geleneksel yöntemlerin uygulandığı yapılardır. Bireysel kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda daha basit ve ekonomik çözümler tercih edilebilir. Ayrıca, konutlarda standart yapı kodları ve maliyet kısıtları, tasarımın hesaplamalı tasarımların kullanılma potansiyelini sınırlayabilir.

Dini yapılar, genellikle köklü geleneklere dayalı tasarım ilkeleriyle şekillenir ve bu tür yapılarda hesaplamalı tasarımın sunduğu yenilikçi formların yerine, daha muhafazakâr ve geleneksel formlar tercih edilebilir. Geleneksel formların oluşturulmasında aslında hesaplamalı tasarım yöntemleri kullanılabilmektedir. Ancak sıklık bakımından ülkemizde pek fazla kullanılmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, dini yapılar toplumun kültürel ve

tarihsel değerlerini yansıttığı için, mimari açıdan belirli normlara sadık kalınması gerekliliği olabilir.

Kafe/Restoran/Bar yapıları, Bu tür küçük ölçekli projeler, hesaplamalı tasarımın karmaşık ve optimizasyon odaklı yapısından daha az faydalanmaktadır. Bu yapıların işlevleri genellikle standart ve sınırlı olduğundan, tasarım sürecinde hesaplamalı yaklaşımlar yerine daha geleneksel yöntemler kullanılabilir.

Eğitim yapıları, genellikle belirli bir işlevsellik çerçevesinde şekillenir. Kütle, mekân ve kullanıcı sayısı gibi parametreler sabit olduğunda, hesaplamalı tasarımın sağladığı esnekliğe olan ihtiyaç azalabilir. Bununla birlikte, bu tür projeler, büyük ölçekli ya da özel ihtiyaçlara cevap veren projeler olmadığında, hesaplamalı tasarımların kullanımı pek fazla karşımıza çıkmıyor olabilmektedir.

Hastane projelerinde işlevsellik, hijyen ve ergonomi ön plandadır. Hastaneler, belirli standartlara uygun şekilde tasarlanması gereken, karmaşık yapılar olmasına rağmen, tasarım sürecinde daha çok teknik çözümler önceliklidir. Bu nedenle hesaplamalı tasarım, hastanelerde daha az kullanılmış olabilir.

Spor yapıları da işlevselliği yüksek olan projelerdir. Mimarlar genellikle bu projelerde akustik, kullanıcı kapasitesi ve izleyici deneyimi gibi faktörlere odaklanırlar, hesaplamalı tasarım yöntemleri de spor yapılarında sınırlı ölçüde kullanılmaktadır.

3.2. Hesaplamalı Tasarımın Sürecinin İç Mimarlık Alanındaki Yeri ve Alana Katkıları İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Bu bölümde tez çalışmasının ana amacı altında belirlenen alt amaçlardan birisi olan hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları başlığında katılımcılara 3 adet açık uçlu soru sorulmuştur. Bu sorulara verilen cevaplardan kavramlar belirlenmiştir. “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Kritik ve dönüştürücü unsur, esneklik, mekânsal kurgu, işlevsel tasarım
Tasarımcı.2	Yenilikçi araç, dijital teknoloji, esneklik, karmaşık mekânsal düzenleme, işlevsellik ve sanatın birleşimi, estetik değerler, bütüncül yaklaşım
Tasarımcı.3	Kullanıcı odaklı çözümler, proje yönetimi ve hız, yenilik, denge
Tasarımcı.4	Özelleştirilebilirlik, teknolojik yenilik, esneklik, detay yönetimi, estetik, teknolojik yenilik
Tasarımcı.5	İnovasyon aracı, dinamik yaklaşımlar, fonksiyonel çözüm, mekânsal kurgu sınırlarını genişletme, ilişkisel düşünme, çok boyutlu tasarım, parametrik tasarım
Tasarımcı.6	Verimlilik, esneklik, dönüştürücü etki, kompleks mekân kurgusu, modüler sistem, mekânsal deneyimin derinleştirilmesi
Tasarımcı.7	Kolay uygulanabilirlik, maliyet avantajı, işveren kabulü, yaygınlaşma eğilimi
Tasarımcı.8	Veri temelli yaklaşım, estetik, işlevsellik, esneklik, verimlilik, hız
Tasarımcı.9	Kullanıcı deneyimi, mekânsal ilişkiler, entegrasyon, dijital teknoloji olanakları
Tasarımcı.10	Sürdürülebilir çözüm, detaylı analiz, estetik, özgünlük
Tasarımcı.11	Kapsamlı yaklaşım, özel tasarım mobilyalar, esneklik, yenilikçi araç
Tasarımcı.12	Özgünlük, verimlilik, esneklik
Tasarımcı.13	Kullanıcı ihtiyacına uygunluk, veri tabanlı yaklaşım, denge
Tasarımcı.14	Bütünsel tasarım, verimlilik, detaylara hassas müdahale
Tasarımcı.15	Sürdürülebilir çözümler, verimli kaynak kullanımı, çevre dostu malzeme kullanımı
Tasarımcı.16	Kolay uygulanabilirlik, yenilikçi araç
Tasarımcı.17	Teknoloji, optimizasyon, mekânın yeniden tanımlanması, fonksiyonel esneklik, kullanıcı odaklı tasarım
Tasarımcı.18	Uyarlanabilirlik, teknoloji, kullanıcı odaklı tasarım
Tasarımcı.19	Enerji verimliliği, etkin kullanım
Tasarımcı.20	Hesaplamalı araçlar, estetik, işlevsellik, verimlilik
Tasarımcı.21	Ergonomi, özelleştirme, işlevsellik
Tasarımcı.22	Mimari çözüm üretme süreçlerinin dönüşümü, uygulama genişliği, estetik, sınırları genişletme

Hesaplamalı tasarımın İç Mimarlıktaki yer ve önemi nedir sorusuna tasarımcıların vermiş oldukları cevaplardan alınan kavramlardan en fazla tekrar edilenlere bakıldığında 8 tasarımcı “esneklik” (Tasarımcı.1, 2, 4, 6, 8, 11, 12, 17), 7 tasarımcı “işlevsellik” (Tasarımcı.1, 2, 8, 9, 10, 20, 21), 7 tasarımcı “estetik” (Tasarımcı 1, 2, 4, 8, 10, 20, 22), 5 tasarımcı “verimlilik” (Tasarımcı.6, 8, 12, 14, 20), 4 tasarımcı “yenilik” (Tasarımcı.2, 3, 4, 16) ve 4 tasarımcı “kullanıcı odaklı tasarım” (Tasarımcı.3, 9, 17, 18) olduğu görülmüştür. “Sürdürülebilirlik” (Tasarımcı.10, 15, 19), “özgünlük” (Tasarımcı.10, 11, 12) ve “mekânsal kurgu” (Tasarımcı.1, 5, 6) kavramları da orta sıklıkta tekrarlanmışlardır. “Detay yönetimi”

(Tasarımcı.4, 14), “kullanıcı deneyimi” (Tasarımcı.9. 17), “kolay uygulanabilirlik” (Tasarımcı.7, 16), “maliyet avantajı” (Tasarımcı.7) ve “mekânın yeniden tanımlanması” (Tasarımcı.17) kavramları diğerlerine göre daha az tekrarlanmıştır.

Tasarımcıların cevaplarından alınan kavramlar üst ve alt başlıklarda kategorize edilerek soruya yönelik anlatım oluşturulmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Tasarımcıların cevaplarından alınan kavramlar üst ve alt başlıklarda kategorize edilmesi

Hesaplamalı tasarımın iç mimarlıktaki yeri ve önemi nedir?				
1. Kategori: Hesaplamalı Tasarımın Esneklik ve Verimlilik Sağlama Kapasitesi				
Esneklik	Mekânsal Kurgu	Verimlilik	Maliyet Avantajı	Kompleks Mekân Kurgusu
Kolay Uygulanabilirlik				
2. Kategori: Hesaplamalı Tasarımda Estetik ve İşlevsellik				
Estetik Değerler	Fonksiyonel Çözüm	Özgünlük	İşlevsel Tasarım	Detay ve işlevselliğin yönetimi
Detay Yönetimi	Mekânsal İlişkiler	Ergonomi		
3. Kategori: Yenilikçi ve Teknolojik Çözümler				
Yenilikçi araç	Dijital teknoloji	İnovasyon	Teknolojik yenilik	Çok boyutlu tasarım
Özelleştirilebilirlik	Uygulama genişliği	Parametrik		
4. Kategori: Kullanıcı Odaklı Çözümler				
Kullanıcı deneyimi	İhtiyaca uygunluk	Proje yönetimi	Mekânsal ilişkiler	Kullanıcı odaklı çözümler
5. Kategori: Sürdürülebilirlik ve Çevresel Yaklaşımlar				
Sürdürülebilir çözüm	Enerji verimliliği	Etkin kullanım	Detaylı analiz	Verimli kaynak kullanımı
6. Kategori: Kapsamlı Tasarım Yaklaşımı				
Bütüncül yaklaşım	Sınırları genişletme	Kapsamlı	Hassas müdahale	

Tasarımcılardan bazılarının hesaplamalı tasarımın iç mimarlıktaki yer ve önemi ile ilgili olarak cevapları aşağıda verilmiştir:

Tasarımcı.6: “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında önemli bir dönüştürücü etkiye sahip olduğunu düşünüyorum. Bu teknolojiler, projelerdeki tasarım süreçlerinin daha verimli ve esnek hale gelmesini sağlarken, iç mekân düzenlemelerinde daha özgün çözümler üretme fırsatı sunmaktadır. Özellikle kompleks mekân kurgularında ve modüler sistemlerin uygulanmasında büyük bir rol oynuyor. Böylece, iç mekân tasarımlarında sadece estetik kaygılar değil, aynı zamanda fonksiyonel ihtiyaçlar da dijital araçlar aracılığıyla en iyi şekilde yönetilebilmektedir.”

Tasarımcı.7: “Kolay uygulanabilirlik ve maliyetler açısından işverenin kabul etme ihtimalinin daha yüksek olması sebebi ile iç mimarlık alanında ilerleyen yıllarda daha çok tercih edilecektir.”

Tasarımcı.9: “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında hem estetik hem de işlevsel açıdan devrim niteliğinde bir araç olduğunu düşünüyorum. İç mekânlarda kullanıcı deneyimi ve mekânsal ilişkileri en üst düzeye çıkaran hesaplamalı tasarım, projelerimizde kentsel bağlam, iç mekân dinamikleri ve kullanıcı ihtiyaçlarını entegre bir şekilde ele alma imkânı sunuyor. Mimarlık ve iç mimarlık projelerinde, dijital teknolojilerin sunduğu olanaklarla mekânın işlevsel ve estetik sınırlarını genişletmektedir.”

Tasarımcı.11: “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında önemli bir adım. Bu teknolojiler, projelerimizin her aşamasında daha titiz ve kapsamlı bir yaklaşım sunmamızı sağlıyor. İç mekân tasarımında detayların ve işlevselliğin hassasiyetle ele alınması, hesaplamalı araçlar sayesinde daha etkili bir şekilde gerçekleştirebiliyoruz. Bu, mekânsal organizasyon ve kullanıcı deneyimini en üst düzeye çıkarma noktasında bize büyük bir avantaj sağlamakta. Projelerimizin her birinde, özel tasarım mobilyalardan, mekânsal ilişkilerin düzenlenmesine kadar geniş kapsamlı çözümler sunarken hesaplamalı tasarımın sağladığı esneklikten yararlanmaktayız.”

Tasarımcılar bu teknolojinin projelerdeki tasarım süreçlerini kökten değiştirdiğini vurgulamaktadır. Özellikle, hesaplamalı tasarımın kompleks mekân kurgularında ve modüler sistemlerin uygulanmasında esneklik ve verimlilik sağladığı, estetik ile işlevselliği dijital araçlar aracılığıyla en iyi şekilde yönetilebileceği belirtilmektedir. Ayrıca, bu teknolojinin kolay uygulanabilirliği ve maliyet avantajı sayesinde işverenler tarafından daha fazla tercih edileceği öngörülmektedir. Hesaplamalı tasarım, iç mimarlık projelerinde sadece estetik sınırları genişletmekle kalmamakta, aynı zamanda kullanıcı deneyimini üst düzeye çıkaran ve mekânsal ilişkileri entegre bir yaklaşımla ele almayı mümkün kıldığı tasarımcılar tarafından düşünülmektedir. Bununla birlikte, projelerde titizlikle ele alınan detaylar ve işlevsellik, hesaplamalı araçların sağladığı esneklik sayesinde daha etkili bir şekilde yönetilmekte ve mekânsal organizasyonun kullanıcı odaklı çözümlerle geliştirilmesine olanak tanıdığı belirtilmiştir.

Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi üzerine yapılan bu değerlendirmeler, teknolojinin mekânsal kurguların sınırlarını genişletme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Tasarımcıların çoğu, bu teknolojiyi projelerinde yenilikçi bir araç olarak görmekte ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek, mekânları daha işlevsel ve ihtiyaçlara net cevaplar verebilen bir hale getirmek için kullanmaktadır. Örneğin, Tasarımcı.6 ve Tasarımcı.9 gibi profesyoneller, hesaplamalı tasarımın kompleks mekân

kurgularında ve modüler çözümlerde etkin bir şekilde kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu, hesaplamalı tasarımın dinamik yapısının, iç mekân organizasyonlarına esneklik ve özelleştirme kabiliyeti sunduğunu göstermektedir.

Öte yandan, hesaplamalı tasarımın işverenler tarafından da kabul edilebilir bir teknoloji olduğu belirtilmektedir. Tasarımcı 7'nin işaret ettiği gibi, bu teknoloji maliyet etkinliği ve kolay uygulanabilirlik sunarak, ticari projelerde daha fazla benimsenebilecektir. Bu bulgu, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında giderek daha fazla yaygınlaşacağı ve projelerde daha geniş bir kullanım alanı bulacağı beklentisini desteklemektedir.

Sonuç olarak, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki rolü, estetik ve işlevsellik dengesi sunan, yenilikçi çözümler üretebilen ve projelerin daha verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyan bir araç olarak değerlendirilmektedir. Tasarımcıların hesaplamalı tasarım hakkındaki görüşleri, hesaplamalı tasarımın gelecekteki iç mekân projelerinde vazgeçilmez bir bileşen haline geleceğini göstermektedir.

“İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. “İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar	
	Avantajlar	Dezavantajlar
Tasarımcı.1	Hızlı prototipleme, simülasyon, yaratıcılık, sürdürülebilirlik	Her projeye uygun olamama, öğrenme eğrisi, teknik altyapı eksiklikleri
Tasarımcı.2	Esneklik, detaylandırma, dijital simülasyon, projeye özgü çözümler, zamansızlık	Teknik bilgi gereksinimi, teknik aksaklıklar, yaratıcılığın mekanikleşmesi
Tasarımcı.3	Yaratıcı fikirlerin hızlanması, hızlı detay çözümlemesi	Yazılım kullanımındaki zorluklar
Tasarımcı.4	Kişiselleştirilmiş tasarımlar, hata payının azalması, simülasyon araçları	Uyum sağlama süreci, teknolojiye aşırı bağımlılık
Tasarımcı.5	Geometrik hesaplamalar, malzeme kullanımında esneklik, hızlı proje yönetimi, alternatif çözümler üretme yeteneği	Zaman alıcı süreçler, kalıp dışına çıkma zorluğu, teknik bilgi gereksinimi
Tasarımcı.6	Simülasyon imkanları, esneklik	Tasarımcı yetkinliği, yaratıcı düşüncenin sınırlanma riski

Tablo 12'nin devamı

Tasarımcı.7	Esneklik, özgürlük, form çeşitliliği	Sarfıyat artışı, karbon ayak izi artışı, kaynak tüketimi
Tasarımcı.8	Yapısal detaylar, enerji yönetimi, yaratıcı çözümler	Dikkatli kullanım, bilinçli yaklaşım, algoritmik kalıplar, teknik altyapı eksiklikleri
Tasarımcı.9	Esneklik, yaratıcılık, akıllı mekân çözümleri, form üretimi, hassasiyet	Üretim zorlukları, teknoloji gereksinimi
Tasarımcı.10	Keskinlik, hız, enerji verimliliği, esneklik, kompleks tasarımlar	Maliyet artışı, iş gücü, bilinçli uygulama
Tasarımcı.11	Hız, çözüm üretme kapasitesi, mekânsal verimlilik	Yazılım gereksinimi, ek maliyet, zaman gereksinimi
Tasarımcı.12	Esneklik, bağlama uygun çözümler, problem çözme kapasitesi, verimlilik	Yüksek maliyet, teknolojik altyapı, öğrenme süreci, proje gecikmeleri
Tasarımcı.13	Esneklik, karmaşık sorunların çözümü	Bütçe zorlukları, zaman gereksinimi
Tasarımcı.14	Özgünlük, karmaşık mekânlar	Uzmanlık gereksinimi, teknik bilgi, maliyet planlaması, zaman planlaması
Tasarımcı.15	Algoritmik programlama, hız	Eğitim gereksinimi, teknik uzmanlık, yazılım giderleri
Tasarımcı.16	Karmaşık sorunların çözümü	Uzmanlık gereksinimi, teknik bilgi
Tasarımcı.17	Karmaşık formlar üretebilme	Maliyet artışı, teknolojiye bağımlılık
Tasarımcı.18	Kullanıcı merkezli çözümler, süreçlerin hızlanması, tasarım süreçlerinin sistematikleşmesi	Yazılım ve teknolojiye bağımlılık, yaratıcılığın sınırlanması, teknik zorluklar
Tasarımcı.19	Sürdürülebilir malzeme kullanımı, enerji verimliliği	Yüksek maliyet
Tasarımcı.20	Esneklik, yaratıcılık	Teknik karmaşıklık, uzmanlık gereksinimi, bütçe yönetimi
Tasarımcı.21	Verimlilik, hız, zaman tasarrufu	Teknolojiye bağımlılık, teknik zorluklar
Tasarımcı.22	Fonksiyonellik, yaratıcılık, estetik, esneklik, özgün çözümler, hata azaltma	Teknolojik altyapı, uyumsuzluk, teknik bilgi

Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerine kattığı avantajlar tasarımcıların verdikleri cevaplar doğrultusunda analiz edildiğinde, en çok tekrar eden kavramların “esneklik”, “yaratıcılık”, “hız” ve “verimlilik” olduğu görülmektedir. Bu kavramlar, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık süreçlerine sağladığı katkıların belirleyici özelliklerini oluşturur.

Esneklik (Tasarımcı.2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 20, 22): Cevaplar arasında en sık vurgulanan kavram “esneklik” olmuştur. Tasarımcılar, hesaplamalı tasarım araçlarının mekânsal düzenlemelerde esnek çözümler sunma kapasitesine sahip olduğunu belirtmektedirler. Hesaplamalı tasarım yöntemlerinin modelleme ve simülasyon araçları

sayesinde projeler, daha kolay özelleştirilebilmekte ve mekânsal çözümler, bağlama uygun bir şekilde geliştirilebilmektedir. Bu esneklik, özellikle karmaşık geometrik formlar ve iç mekân çözümleri üretmede kritik bir rol oynamaktadır.

Yaratıcılık (Tasarımcı.1, 5, 9, 20, 22): Tasarımcılar, hesaplamalı tasarımın yaratıcı fikirlerin hızla ortaya çıkmasını sağladığını ve akıllı mekân çözümleri sunarak form çeşitliliğini desteklediğini vurgulamaktadır. Hesaplamalı tasarım, iç mekân projelerinde özgün ve estetik çözümler üretmeye olanak tanımakta ve projelerin fonksiyonel yönlerini de zenginleştirmektedir.

Hız (Tasarımcı.1, 3, 4, 5, 10, 11, 15, 21): Hesaplamalı tasarım araçlarının bir diğer önemli katkısı hız unsurudur. Tasarımcılar, bu araçların projelerin daha kısa sürede hayata geçirilmesine olanak tanıdığını ve hızlı prototipleme ve detay çözümlemeleri sağladığını ifade etmektedir. Süreçlerin hızlanması ve hata payının azalması gibi özellikler, hesaplamalı tasarımın işlevsel yönünü ön plana çıkarmaktadır.

Verimlilik (Tasarımcı.5, 8, 10, 12, 19, 21, 22): Hesaplamalı tasarımın projelere kattığı en önemli diğer bir yön de verimliliktir. Tasarımcılar, hesaplamalı araçların sunduğu malzeme kullanımı ve enerji verimliliği gibi sürdürülebilir çözümler geliştirme kapasitesine dikkat çekmektedirler. Bu sayede projeler hem çevresel hem de ekonomik açıdan optimize edilmektedir.

Kişiselleştirme ve hata payının azalması, hesaplamalı tasarımın sunduğu önemli avantajlar arasında yer almaktadır. Tasarımcı.4 ve Tasarımcı.22'nin belirttiği gibi, hesaplamalı araçlar sayesinde tasarım süreçlerinde kullanıcı ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş mekânlar yaratma kapasitesi artmakta ve bu durum, projelerin doğruluğunu artırarak, daha kullanıcı odaklı çözümler üretilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda, Tasarımcı.11 ve Tasarımcı.22'nin vurguladığı gibi, bu süreçte hata payı minimize edilmekte, bu da projelerin daha güvenilir sonuçlarla tamamlanmasına olanak tanımaktadır.

Sürdürülebilirlik konusunda ise, Tasarımcı.5, Tasarımcı.19 ve Tasarımcı.22'nin belirttiği gibi, hesaplamalı tasarım çevresel etkileri minimize eden ve enerji verimliliğini optimize eden çözümler geliştirme kapasitesine sahiptir. Bu, projelerin hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Son olarak, inovasyon, Tasarımcı.5 ve Tasarımcı.20 tarafından vurgulanan bir diğer önemli avantajdır. Hesaplamalı tasarım, estetik ve işlevselliği birleştirerek modern iç mekân projelerine yenilikçi bir boyut

kazandırmakta ve özgün çözümler üretmeye olanak tanımaktadır. Bu yönleriyle hesaplamalı tasarım, iç mimarlıkta yalnızca teknik bir araç değil, aynı zamanda estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirliği bir araya getiren, projelerin kullanıcı odaklı ve çevre dostu bir yaklaşımla hayata geçirilmesini sağlayan bir sistem olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerine kattığı en belirgin artı yönler; esneklik, yaratıcılık, hız ve verimlilik başlıkları etrafında şekillenmektedir. Bu teknolojiler, projelerin daha kısa sürede, kullanıcı odaklı, estetik ve sürdürülebilir bir şekilde hayata geçirilmesine büyük katkılar sunmaktadır.

İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarımdaki dezavantajları ile ilgili olarak tasarımcıların verdikleri cevaplar doğrultusunda yapılan içerik analizine göre, en çok tekrarlanan kavramlar, “teknik bilgi gereksinimi”, “maliyet artışı”, “teknolojiye bağımlılık”, “zaman gereksinimi” ve “yaratıcılığın mekanikleşmesi”. Bu kavramlar, hesaplamalı tasarımın bazı sınırlamalarını ve zorluklarını ifade etmekte olup, iç mimarlık projelerinde karşılaşılabilecek temel problemlere işaret etmektedir.

Teknik bilgi gereksinimi (Tasarımcı.2, 5, 6, 8, 14, 15, 6, 18, 20, 22): Tasarımcıların çoğu, hesaplamalı tasarım süreçlerinin ileri düzeyde teknik bilgi ve uzmanlık gerektirdiğini vurgulamaktadır. Özellikle dijital araçların kullanımı ve parametrik modelleme tekniklerinin uygulanması, teknik bilgi birikimi olmayan tasarımcılar için zorlu olabilmektedir. Bu durum hem öğrenme eğrisini uzatmakta hem de projelerde teknik aksaklıklar yaşanmasına yol açabilmektedir. Teknik aksaklıklar ve uyum sorunlarının hesaplamalı tasarımı daha karmaşık bir hale getirdiğini vurgulamaktadır. Bu da projelerin daha uzun sürelerde tamamlanmasına neden olabilir.

Maliyet artışı (Tasarımcı.7, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20): Hesaplamalı tasarımın maliyetli olduğu sıklıkla dile getirilen konulardan biri olmuştur. Yazılım lisansları, teknolojik altyapı gereksinimleri ve teknik iş gücü ihtiyacı, projelerin maliyetlerini yükseltmektedir. Tasarımcılar, bu durumun özellikle küçük ölçekli ofisler ve projeler için bütçe yönetimini zorlaştırdığına dikkat çekmişlerdir. Projelerdeki teknolojik altyapı gereksinimi, başlangıç yatırımlarını ve sürdürülebilirliği etkileyebilir. Bu da hem projelerin maliyetini yükseltmekte hem de süreçleri daha karmaşık hale getirmektedir.

Teknolojiye bağımlılık (Tasarımcı.4, 8, 9, 10, 17, 18, 21): Teknolojiye aşırı bağımlılık, hesaplamalı tasarımın getirdiği bir diğer önemli zorluk olarak görülmektedir. Tasarımcılar,

projelerin tamamının dijital araçlara dayandırılmasının yaratıcılığı sınırlayabileceğini ve sürecin mekanikleşebileceğini ifade etmişlerdir. Teknolojiye bağlı kalmanın tasarım sürecinin organik doğasını olumsuz etkileyebileceğini düşünmüşlerdir. Hesaplamalı araçlara ve algoritmalara dayalı tasarımlar, geleneksel yaratıcı süreçlerin yerini alabilir ve bu durum, sanatsal özgürlüğü kısmen sınırlandırabilir. Tasarımların algoritmaların kalıplarına sıkışması, özellikle estetik öncelikleri olan projelerde olumsuz sonuçlar doğurabildiği gözlemlenebilir. Tasarım sürecinin dijitalleşmesi hem tasarımcının yaratıcılığını destekleyebildiği gibi sınırlandırabilmekte hem de tasarımcıları teknolojinin belirlediği sınırlar içerisine hapsedebilmektedir. Bu nedenle tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarını kullanımda kendini yetkinleştirebilmesi önem kazanmaktadır.

Zaman gereksinimi (Tasarımcı.5, 11, 12, 13, 14): Hesaplamalı tasarımın zaman alıcı bir süreç olduğu belirtilmiştir. Teknik bilgi eksiklikleri, yazılım kullanımındaki zorluklar ve uyum sağlama süreçleri, projelerin tamamlanma süresini uzatabilmektedir. Bu durum, proje planlamasında ek süre gerektirebileceği için gecikmelere yol açabilmektedir.

Yaratıcılığın mekanikleşmesi (Tasarımcı.2, 5, 6, 18): Hesaplamalı tasarımın bazı tasarımcılar tarafından yaratıcılığı sınırladığı düşünülmektedir. Tasarımların algoritmalar ve dijital araçlar aracılığıyla şekillendirilmesi, tasarımcıların yaratıcı düşünce süreçlerini kısıtlayabilmekte ve bu durum, özellikle sanatsal yönü ağır basan projelerde dezavantajlı bir etki yaratabilmektedir. Çünkü yaratıcılık, tasarımların kişiselleştirilmesinde ve özgünlüğünün korunmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerine sunduğu avantajlara rağmen, yukarıda da belirtildiği gibi dezavantajlar projelerin uygulanabilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Tasarımcıların bu teknolojiyi bilinçli ve dengeli bir şekilde kullanmaları, hesaplamalı tasarımın sınırlarını aşarak daha yaratıcı, esnek ve fonksiyonel çözümler üretmeleri açısından önem taşımaktadır.

“Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Teknolojik yatırımlar, dijital becerilerin geliştirilmesi, eğitim ve bilinçlenme
Tasarımcı.2	Eğitim ve araştırma yatırımları, genç tasarımcıların dijital teknolojilere erişimi, multidisipliner yaklaşım,
Tasarımcı.3	Eğitim programlarının genişletilmesi, mesleki gelişim fırsatları, genç tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarına hâkimiyeti, üniversitelerde dersler ve atölye çalışmaları, teknolojik yatırımlar
Tasarımcı.4	Sektörün teknolojik yeniliklere açıklığı, yazılım ve donanım çözümlerinin erişilebilirliği, kapsamlı dersler ve uygulamalı atölyeler
Tasarımcı.5	Yatırım yapılması, eğitim olanaklarının artırılması, dijital altyapının güçlendirilmesi
Tasarımcı.6	Araştırma ve geliştirme, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, genç tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarına hâkimiyeti
Tasarımcı.7	Konferans ve seminerler düzenleme, bölüm başkanları toplantıları, iş gücü ihtiyacı, öğrencilerin yönlendirilmesi, akreditasyon, fırsatların değerlendirilmesi
Tasarımcı.8	Yazılımlara erişim kolaylığı, projelerde hesaplamalı tasarımın yaygınlaştırılması, genç tasarımcıların alana yönlendirilmesi
Tasarımcı.9	Farkındalık yaratma, eğitim ve beceri geliştirme
Tasarımcı.10	Üniversitelerde kapsamlı eğitim programları, hesaplamalı tasarım teknolojileri üzerinde Ar-Ge faaliyetlerinin artırılması, kolay erişim
Tasarımcı.11	Üniversitelerde hesaplamalı araçların kullanımına yönelik derslerin artırılması, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, uygulama desteği
Tasarımcı.12	Yazılım maliyetlerinin azaltılması, eğitimler düzenlenmesi
Tasarımcı.13	Yerel ve uluslararası iş birlikleri, bilgi paylaşımı
Tasarımcı.14	Atölye çalışmaları, seminerler, profesyonellerle birleşim
Tasarımcı.15	Programlama dersleri, yazılımlara erişilebilir kolaylık, sektörle iş birliği ve bilgi paylaşımı
Tasarımcı.16	Öğrencilerin yönlendirilmesi
Tasarımcı.17	Teknolojiye yatırım, yazılımların kullanımını kolaylaştıran arayüzler
Tasarımcı.18	Üniversite müfredatlarında hesaplamalı tasarımın daha fazla yer alması, daha güçlü yazılım altyapısına sahip şirketlerin artması
Tasarımcı.19	Uygulamalı eğitimler verilmesi, öğrencilerin yönlendirilmesi
Tasarımcı.20	Erişilebilir yazılım ve tasarım araçları, sektördeki profesyonellerle eğitim ve uygulama fırsatları
Tasarımcı.21	Profesyonel ve akademik topluluğun hesaplamalı tasarım teknolojilerine erişiminin artırılması, eğitim müfredatlarının güncellenmesi, atölye ve uygulama eğitimlerinin artırılması
Tasarımcı.22	Üniversitelerin hesaplamalı tasarım araçları öğretmesi ve kullanımı konusunda müfredatlarını güçlendirmesi, yazılım maliyetlerinin düşürülmesi

Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için tasarım ofislerinden alınan cevaplar, belirli temalar/kategoriler etrafında toplanmıştır. Bu temaların başlıca unsurları “eğitim”, “teknolojik yatırımlar”, “yazılımlara erişimi”, “mesleki gelişim

fırsatları” ve “bilinçlenme” gibi konularda yoğunlaştığı görülmüştür. Analizde en çok tekrarlanan kavramlardan ilki eğitim ve eğitim programlarının genişletilmesi olmuştur.

Eğitim ve eğitim programlarının genişletilmesi (Tasarımcı.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22): Eğitim, hesaplamalı tasarımın daha geniş bir kullanım alanı bulabilmesi için en çok vurgulanan konu olmuştur. Tasarım ofisleri, üniversitelerde hesaplamalı tasarım teknolojilerine yönelik daha fazla dersin ve atölye çalışmalarının yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Hesaplamalı tasarımın teorik olarak öğrenilmesinin yanı sıra, uygulamalı eğitimlerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Genç tasarımcıların bu teknolojilere hâkim olabilmesi, gelecekte bu araçların daha geniş bir alanda kullanılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Tasarımcı.21, eğitim müfredatlarının güncellenmesi gerektiğini savunurken, Tasarımcı.7 gibi diğer katılımcılar da bölüm başkanları toplantılarında bu konunun dile getirildiğini belirtmektedir.

İkinci olarak daha fazla tekrarlanan kavram teknolojik yatırımlar ve altyapının güçlendirilmesi olmuştur.

Teknolojik yatırımlar ve altyapının güçlendirilmesi (Tasarımcı.1, 3, 5, 6, 10, 17, 18, 20): Hesaplamalı tasarımın daha fazla gelişebilmesi için teknolojik yatırımlar yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Sektördeki yazılım altyapısının güçlendirilmesi ve firmaların bu araçlara daha fazla yatırım yapması gerektiği sıklıkla dile getirilmiştir. Tasarımcı.1 ve Tasarımcı.5, teknolojik yatırımların bu süreçte önemli bir rol oynayacağını vurgularken, Tasarımcı.6 ve Tasarımcı.10, dijital altyapının güçlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Tasarımcı.17, teknolojik arayüzlerin kullanımının daha kolay hale getirilmesi gerektiğini savunmuştur.

Üçüncü olarak daha fazla tekrarlanan kavram, yazılım ve donanım çözümlerinin erişilebilirliği olmuştur.

Yazılım ve donanım çözümlerinin erişilebilirliği (Tasarımcı.4, 8, 12, 20, 22): Hesaplamalı tasarım araçlarına daha fazla erişimin sağlanması gerektiği tasarım ofisleri tarafından önemli bir konu olarak vurgulanmıştır. Bu araçların daha geniş çapta kullanılması için yazılım maliyetlerinin düşürülmesi ve küçük ölçekli firmaların da erişebileceği yazılım çözümlerinin geliştirilmesi ile ülkemizde hesaplamalı tasarım projelerinin sayısının da artabileceği düşünüldüğü belirtilmektedir. Tasarımcı.8, yazılımların daha geniş bir erişime

sahip olması gerektiğini savunurken, Tasarımcı.22 ise yazılım maliyetlerinin düşürülmesinin önemine dikkat çekmiştir.

Dördüncü olarak daha fazla tekrarlanan kavram, mesleki gelişim ve profesyonel eğitim olanaklarının artırılması olmuştur.

Mesleki gelişim ve profesyonel eğitim olanaklarının artırılması (Tasarımcı.3, 4, 7, 13, 14, 15, 21): Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerinde daha geniş bir yer bulabilmesi için mesleki gelişim olanaklarının artırılması gerektiği tasarımcılar tarafından sıklıkla dile getirilmiştir. Tasarım ofisleri, konferanslar, seminerler ve profesyonel eğitimler gibi fırsatların yaygınlaştırılması gerektiğini belirtmektedir. Bu sayede, sektördeki tasarımcıların bu teknolojilere olan hâkimiyetlerinin artacağı ve projelerinde daha etkin bir şekilde kullanabilecekleri düşünülmektedir. Tasarımcı.7, konferanslar ve seminerlerin önemine dikkat çekerken, Tasarımcı.21, profesyonel eğitimlerin artırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Beşinci olarak daha fazla tekrarlanan kavram, bilinçlenme ve multidisipliner yaklaşım olmuştur.

Bilinçlenme ve multidisipliner yaklaşım (Tasarımcı.2, 9, 13, 18, 21): Bilinçlenme ve multidisipliner yaklaşım, hesaplamalı tasarımın gelişmesinde önemli bir faktör olarak dile getirilmiştir. Tasarım ofisleri, iç mimarlık ve diğer disiplinler arasında daha fazla iş birliği yapılması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca, sektördeki profesyonel platformlarda farkındalık yaratılması ve bu araçların daha etkin kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Tasarımcı.2, multidisipliner iş birliği ve farkındalık yaratmanın önemini vurgularken, Tasarımcı.9 ve Tasarımcı.18, sektörde bu araçların kullanımının artırılması için daha fazla bilinçlendirme yapılması gerektiğini savunmaktadır.

Tüm bu bulgular ışığında irdelemeler yapıldığında;

Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha geniş bir yer bulabilmesi için eğitimin kritik bir role sahip olduğu açıktır. Tasarımcıların vurguladığı gibi, üniversitelerde ve profesyonel gelişim programlarında hesaplamalı tasarım araçlarına yönelik daha kapsamlı ve uygulamalı derslerin sunulması gerekmektedir. Özellikle parametrik modelleme, dijital simülasyon ve algoritmik düşünce gibi konuların müfredatlara entegre edilmesi, genç tasarımcıların bu teknolojileri öğrenmelerini ve projelerinde etkin bir şekilde kullanabilmelerini sağlayacaktır. Ayrıca, atölye çalışmaları ve seminerlerle desteklenen

uygulamalı eğitimler, öğrencilere yalnızca teorik bilgi değil, aynı zamanda gerçek dünyada karşılaşabilecekleri projelere yönelik pratik beceriler kazandıracaktır. Bu doğrultuda, sektördeki profesyonellerle iş birliği yapılarak, öğrencilere hesaplamalı tasarım süreçlerinin işleyişini gösteren projeler üzerinde çalışma fırsatları sunulabilir. Bunun yanında, uluslararası eğitim ve iş birliği programlarının artırılması, öğrencilerin küresel düzeydeki yeniliklere ve hesaplamalı tasarım alanındaki en son gelişmelere erişim sağlamalarına olanak tanıyacaktır. Tasarımcıların belirttiği gibi, eğitim süreçlerinde yalnızca yazılım kullanımına değil, aynı zamanda problem çözme, yaratıcılık ve inovasyonun desteklenmesine de odaklanılmalıdır. Hesaplamalı tasarımın sunduğu teknolojik araçların etkin kullanımı kadar, bu araçların yaratıcı ve özgün çözümler üretme kapasitesinin artırılması, iç mimarlık eğitiminde önemli bir amaç olmalıdır.

Sektörde yazılım ve donanım çözümlerine erişim kolaylığının sağlanması, bu teknolojilerin sadece büyük ölçekli firmalar değil, küçük ve orta ölçekli tasarım ofisleri tarafından da kullanılabilmesine olanak tanıyacaktır. Teknolojik altyapının güçlendirilmesi ve yazılım maliyetlerinin düşürülmesi, hesaplamalı tasarımın yaygınlaşmasını hızlandıracaktır.

Bunun yanı sıra, tasarımcıların mesleki gelişim süreçlerinde bu araçları daha etkin kullanabilmeleri için seminerler, atölye çalışmaları ve profesyonel eğitimler düzenlenmesi gerektiği de sıklıkla dile getirilmiştir. Böylece, tasarımcıların yeni teknolojilere adapte olmaları ve hesaplamalı araçlarla daha yaratıcı çözümler üretebilmeleri mümkün olacaktır. Son olarak, multidisipliner yaklaşımların teşvik edilmesi ve farklı disiplinlerin iş birliği içinde çalışması, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerine sunduğu potansiyeli daha iyi değerlendirebilecek bir ortam yaratacaktır. Bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda, hesaplamalı tasarımın iç mimarlıkta daha fazla gelişebilmesi hem eğitim hem de sektördeki dijital dönüşüm süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesine bağlıdır.

3.3. Hesaplamalı Tasarımın İç Mekân Tasarım, Üretim ve Uygulama Sürecindeki Temel Kriterlerin Belirlenmesine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Bu bölümde tez çalışmasının ana amacı altında belirlenen alt amaçlardan birisi olan hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi başlığında katılımcılara 4 adet açık uçlu sorular sorulmuştur. Bu sorulara verilen cevaplardan kavramlar belirlenmiştir. “İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım

kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. “İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Proje bağlamı, kullanıcı-mekân etkileşimi, mekânsal gereksinimler, esneklik, yapısal gereklilikler, hesaplamalı yazılımlar
Tasarımcı.2	Proje ölçeği, işlevsel gereksinimler, kullanıcı odaklı tasarım, mekânsal ihtiyaçlar, malzeme seçimi
Tasarımcı.3	Esneklik, doğruluk, hesaplamalı araçlar, müşteri beklentileri, proje ölçeği
Tasarımcı.4	Proje dinamikleri, işlevsellik, estetik talepler, proje karmaşıklığı, malzeme seçimi, kullanıcı odaklı çözümler
Tasarımcı.5	İlişkisel düşünme kapasitesi, teknolojik inovasyonlar, malzeme inovasyonları, mekânsal çözümler, projenin kavramsal temeli, dijital üretim teknikleri, malzeme performansı,
Tasarımcı.6	Mekânsal dinamikler, müşteri talepleri, çevresel etmenler
Tasarımcı.7	Esneklik, işveren bütçesi, işveren vizyonu, proje gelişimi
Tasarımcı.8	Mekânsal ihtiyaçlar, proje ölçeği ve bağlamı, malzeme teknolojileri
Tasarımcı.9	Kullanıcıyla kurulan ilişki, çevresel bağlam, sosyal bağlam, mekân gereksinimleri
Tasarımcı.10	Kullanıcı ihtiyaçları, mekânın işlevselliği, ekonomik olarak uygulanabilir çözümler
Tasarımcı.11	Proje bütçesi, proje türü ve ölçeği, kullanıcı beklentileri, bağlamsal veriler
Tasarımcı.12	Pragmatik çözümler, kullanıcı ihtiyaçları, projeye özgün bağlam analizi
Tasarımcı.13	Projenin çevresel ve sosyal koşulları, yerel bağlamı, özgün gereksinimleri, estetik hedefler
Tasarımcı.14	Projenin büyüklüğü, kapsamı, işlevsellik gereksinimleri, dijital araçlarla mekânsal çözümler üretme
Tasarımcı.15	Kullanıcıların mekânla olan etkileşimleri ve ihtiyaçları doğrultusunda tasarımın şekillendirilmesi, hesaplamalı araçlar ve algoritmik modelleme kullanarak mekânsal senaryoların üretilmesi, müşteri beklentileri, işlevsel talepler
Tasarımcı.16	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.17	Projenin teknik, yapısal, estetik zorluklarının seviyesi, mekânsal performans, estetik değer, projenin özgünlüğü, projenin çevresel, sosyal ve kültürel bağlamı
Tasarımcı.18	Bütçe kısıtları, üretim teknikleri
Tasarımcı.19	Proje bağlamı ve yerel koşullar, kullanıcı/işveren talepleri
Tasarımcı.20	Biçimsel ihtiyaçlar, algoritmik tasarım yöntemleri, proje ölçeği ve kullanım senaryoları
Tasarımcı.21	Kullanıcı talepleri, mekânsal organizasyon ve karmaşıklık
Tasarımcı.22	Mekânın işlevsel gereksinimi, işveren bütçesi, üretim araçlara erişilebilirlik

İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararlarını etkileyen unsurlar üzerine yapılan analizde, bazı kavramların tasarımcılar tarafından daha sık vurgulandığı görülmüştür. Proje bağlamı, tasarımcılar arasında en sık tekrar edilen kavram olup, Tasarımcı.1, 9, 13, 17 ve 19 tarafından dile getirilmiştir. Projenin mekânsal ve kültürel

çevresine uygun çözümler geliştirmek, tasarım kararlarını doğrudan etkilemektedir. Kullanıcı-mekân etkileşimi ve kullanıcı ihtiyaçları ise, Tasarımcı.1, 2, 9, 10, 15 ve 21 tarafından vurgulanan diğer önemli kavramlardır; bu, hesaplamalı tasarım süreçlerinde kullanıcı odaklı çözümlerin geliştirilmesinin önemini göstermektedir.

Ayrıca, işlevsellik ve mekânsal gereksinimler, Tasarımcı.1, 2, 4, 8, 10, 14, 15 ve 22 tarafından tekrar edilen kavramlar olmuştur. Mekânın işlevsel kullanımı, tasarımın temel taşlarından biri olarak öne çıkmakta ve hesaplamalı araçlar yardımıyla tasarıma uygun hale getirilmektedir. Malzeme seçimi ve verimliliği ise Tasarımcı.2, 4, 5, 8 ve 14 tarafından ifade edilmiş olup, tasarımcıların sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Ancak hesaplamalı tasarım araçlarının karbon ayak izini artırdığı yönündeki düşünceler de sürdürülebilirlik hedeflerindeki negatif özellik olarak görülmektedir.

Bunun yanında, işveren bütçesi ve ekonomik kısıtlar, Tasarımcı.7, 11, 18 ve 22 tarafından vurgulanmıştır. Bütçe, hesaplamalı tasarım süreçlerini şekillendiren önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmakta ve dijital teknolojiler, maliyet etkin çözümler geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Proje ölçeği ise Tasarımcı.2, 3, 11, 14 ve 20 tarafından ifade edilmiş olup, projelerin büyüklüğüne göre hesaplamalı tasarım araçlarının kullanımı ve süreçlerin karmaşıklığına göre çözümler üretilmektedir. Algoritmik tasarım yöntemleri ve dijital araçlar da Tasarımcı.3, 5, 15 ve 20 tarafından belirtilmiş olup, projelerde inovatif ve esnek çözümler geliştirilmesini sağlayan önemli unsurlardır.

Sonuç olarak, bu bulgular, hesaplamalı tasarım süreçlerinin projelerin bağlamına, kullanıcı gereksinimlerine, işlevselliğe, malzeme seçimine ve bütçe kısıtlarına bağlı olarak şekillendiğini göstermektedir. Tasarımcılar, bu unsurları dijital teknolojilerle bütünleştirerek hem işlevsel hem de estetik açıdan tatmin edici sonuçlara ulaşmayı hedeflemektedir.

Tüm bu bulgular ışığında irdelemeler yapıldığında;

İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararlarını etkileyen en önemli unsurlar arasında proje bağlamı, kullanıcı-mekân etkileşimi, kullanıcı ihtiyaçları, işlevsellik ve mekânsal gereksinimler öne çıkmaktadır. Bu kavramlar, tasarım sürecinin kullanıcı odaklı ve mekânın fiziksel çevresiyle uyumlu olması gerektiğini vurgulamaktadır. Tasarımcılar, projelerin çevresel, kültürel ve sosyal bağlamına uygun çözümler geliştirmekte, mekânın işlevselliğini ve kullanıcı deneyimini optimize etmeye odaklanmaktadır. Malzeme seçimi ve

malzeme verimliliği de sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliği bağlamında kritik bir rol oynamaktadır.

İşveren bütçesi ve ekonomik kısıtlar, hesaplamalı tasarım süreçlerini belirleyen diğer önemli faktörlerdir. Bütçe kısıtları altında dijital araçlar, maliyet etkin ve sürdürülebilir çözümler üreterek projelerin hem ekonomik hem de işlevsel açıdan uygun hale getirilmesine olanak tanımaktadır. Proje ölçeği de hesaplamalı tasarım süreçlerinin karmaşıklığını belirleyen bir diğer önemli faktördür. Büyük ölçekli projelerde, mekânın işlevsel ihtiyaçlarına uygun algoritmik yöntemler ve dijital araçlar kullanılarak daha sofistike çözümler geliştirilir. Algoritmik tasarım yöntemleri ve dijital araçlar, projelerde esneklik ve inovasyon sağlayarak, kullanıcıların ihtiyaçlarına ve projenin bağlamına uygun, dinamik çözümler geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

“Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. “Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Proje bağlamına uygun parametrelerin tanımlanması, kullanıcı davranışları, modeller ve simülasyonlar, fiziksel modeller ve sanal prototipler
Tasarımcı.2	Tasarım sürecinin proje gereksinimlerine ve belirlenen parametrelere uygun şekilde yapılandırılması, hesaplamalı araçlar ile mekânsal analizlerin yapılması, mekânların fonksiyonel ihtiyaçlarının analizi, multidisipliner yaklaşım, esneklik, simülasyonlar
Tasarımcı.3	Tasarım sürecinin dijital modeller üzerinden üretim aşamasına entegre edilmesi, BIM ve diğer araçlarla tasarımın detaylandırılması, malzeme performansının dijital simülasyonu, hataları minimize etme ve verimliliği artırma
Tasarımcı.4	Mekânsal analizler, form üretimi, yapı elemanlarının dijital simülasyonlar ile analiz edilmesi, tasarım sürecinde sürekli geri bildirimler alarak tasarımın geliştirilmesi
Tasarımcı.5	Modelleme, dijital simülasyonlar, form-malzeme ve işlev ilişkisi, akışkan formlar
Tasarımcı.6	Projeye özgü parametrelerin belirlenmesi, geri bildirim döngüsü, dijital araçlar ve simülasyonlarla en ideal mekânsal çözümlerin geliştirilmesi
Tasarımcı.7	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.8	Tasarımın farklı senaryolarla test edilerek en uygun tasarımın seçilmesi, hesaplamalı araçların kullanılarak mekânın biçimsel ve işlevsel gereksinimlerinin test edilmesi
Tasarımcı.9	Projeye özgü parametrelerin belirlenmesi, bağlamsal koşulların tasarım sürecinde merkezi bir rol oynaması, farklı senaryoların simülasyonları, tasarım sürecinde kolektif düşüncenin nihai ürüne yansımaları

Tablo 15'in devamı

Tasarımcı.10	Modelleme, dijital analizler ile kullanıcı beklentilerine yanıt verecek mekânsal çözümler geliştirilmesi, mekânın karakteri ve bağlamsal gereksinimler
Tasarımcı.11	Projeye özgü çözümler üretilmesi, alternatif çözümler üretilerek uygun tasarımın seçilmesi, modelleme ve simülasyonlar
Tasarımcı.12	Dijital modelleme araçları kullanarak projeyi detaylı analiz etme, projelerin mekânsal ve işlevsel gereksinimlerinin belirlenmesi, hesaplamalı araçlar kullanarak alternatif çözümler geliştirme, esneklik, sanal simülasyonlar
Tasarımcı.13	Disiplinlerarası yaklaşım, mekânsal düzenlemelerin dijital araçlarla analiz edilmesi, dijital simülasyonlar ve testlerin tasarım sürecinin her aşamasında kullanılması
Tasarımcı.14	Analizlerin yapılması, tasarımın esnekliğini ve işlevselliğini artırma odaklı süreçler
Tasarımcı.15	Hesaplamalı modelleme teknikleri ile tasarım sürecinin yönetilmesi, otonom yapılar
Tasarımcı.16	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.17	Projenin mekânsal gereksinimlerinin analiz edilmesi, dijital simülasyonlar ve testler yardımıyla alternatif çözümler geliştirilmesi, dijital geri bildirimlerle sürecin sürekli iyileştirilmesi
Tasarımcı.18	Modelleme, işlevsel gereksinimleri analiz edilmesi, testler yardımıyla alternatif çözümler geliştirilmesi
Tasarımcı.19	Projeye özgü parametrelerin belirlenmesi, analizlerin yapılması, dijital ortamda testlerin yapılıp en uygun tasarım ve tasarım sürecinin belirlenmesi
Tasarımcı.20	Dijital modelleme araçları kullanarak projeyi detaylı analiz etme, projelerin mekânsal ve işlevsel gereksinimlerinin belirlenmesi, gerekli durumda prototip oluşturulması
Tasarımcı.21	Hesaplamalı araçlar ile mekânsal analizlerin yapılması, mekânların fonksiyonel ihtiyaçlarının analizi
Tasarımcı.22	Tasarım sürecinin hesaplamalı araçlar ve parametrik modelleme ile başlatılması, simülasyonlar kullanılarak tasarım senaryolarının oluşturulması, tasarımda esneklik sağlamak için algoritmik modelleme tekniklerinin kullanılması, tasarım sürecinde mekânın fonksiyonel performansını artırma odaklı çözümler geliştirilmesi

Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecine dair cevaplara bakıldığında, hesaplamalı tasarım teknolojilerinin ve hesaplamalı araçların tasarımcılar tarafından yoğun bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Dijital modelleme ve dijital simülasyonlar, bulgular arasında en sık tekrar eden kavramlar olup, bu araçlar projelerin işlevsel ve estetik gereksinimlerini analiz etme ve tasarım sürecinde en uygun tasarım modellerinin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Tasarımcılardan.1, 2, 3, 4, 5, 12, 18, dijital modelleme tekniklerini kullanarak projelerin mekânsal analizlerini yaparken, dijital simülasyonlar ile bu tasarımları test ederek en uygun çözümleri geliştirmektedir. Bu sayede, projelerin beklenti ve ihtiyaçları doğrultusunda dengeli bir şekilde optimize edilmesi sağlanmaktadır.

Bulgularda ayrıca, modelleme kavramının tasarım süreçlerinde esneklik kazandırmak ve projeye özgü çözümler üretmek için sıkça kullanıldığını ortaya koymaktadır. Tasarımcı.1, 4, 8, 9, 15, 19, 22, hesaplamalı modelleme teknikleriyle tasarımlarını hesaplamalı araçlarla

test ederek, projeye özel parametreler doğrultusunda farklı senaryolar üretmektedir. Modelleme araçları ile projelerin dinamik gereksinimlerine esnek yanıtlar verebilmelerini sağlamaktadır.

Hesaplamalı araçlar kullanarak mekânsal analiz yapma ise işlevsellik ve estetik gereksinimlerin dengeli bir şekilde ele alınmasını mümkün kılmaktadır. Tasarımcı.2, 12, 18, 21, 22, bu araçları kullanarak mekânların fonksiyonel gereksinimlerini analiz etmekte ve projelerde doğruluğu artıran çözümler sunmaktadır. Hesaplamalı araçların, dijital modelleme ile bir araya geldiğinde, tasarımların optimize edilmesine katkı sunduğu ifade edilmiştir.

Bulgular aynı zamanda geri bildirim döngüsünün ve sürekli iyileştirme süreçlerinin tasarım süreci ve aşamasında önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Tasarımcı.4, 6, 17, hesaplamalı araçlar sayesinde projelerden alınan geri bildirimler doğrultusunda tasarımlarını sürekli olarak geliştirebilmektedir. Bu geri bildirimler, projelerin tasarım ve mekânsal kurgu, performans açısından üst düzeye ulaşmasına olanak tanımaktadır.

Tasarımcılar tarafından yine ifade edilen algoritmik modelleme teknikleri ise projelere esneklik kazandıran bir diğer önemli unsurdur. Tasarımcı.2, 22, algoritmalar aracılığıyla projelerindeki mekânsal gereksinimleri analiz etmekte ve bu sayede alternatif ve farklı çözümler üretebildiğini ifade etmiştir. Algoritmik tasarım, projelerdeki karmaşıklıkları yönetmede ve alternatif senaryolar geliştirmede etkin bir rol oynamaktadır.

Son olarak, malzeme performansının dijital/sanal simülasyonlar aracılığıyla test edilmesi, projelerin sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler açısından daha etkili bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır. Tasarımcı.3, 17, 18 gibi birçok tasarımcı, bu simülasyonlar aracılığıyla malzemelerin performansını değerlendirerek, hataları minimize etmekte ve projelerin verimliliğini optimize etmektedir.

Genel olarak, bulgular, tasarımcıların hesaplamalı tasarım projelerinde dijital teknolojileri tasarıma hazırlık ve uygulama süreçlerinde etkin bir şekilde kullandığını ve tasarımların esnekliğini artırırken, işlevsel gereksinimlere yanıt veren ve görsel bütünlüğü güçlendiren çözümler üretmede önemli rol oynadığını göstermektedir. Dijital simülasyonlar ve algoritmik modelleme teknikleri, projelere özgün çözümler geliştirirken, geri bildirim döngüleri sayesinde bu süreçler sürekli olarak iyileştirilmektedir.

Hesaplamalı tasarım projelerinde kullanılan dijital teknolojiler, tasarım süreçlerine derinlemesine bir analiz yeteneği kazandırmış ve projelerin her aşamasında yenilikçi yaklaşımlar ortaya çıkarmıştır. Bu teknolojiler, projelerin farklı boyutlarını kapsamlı bir şekilde ele alarak, mekânların ihtiyaçlarına daha uygun çözümler üretme imkânı sunmuştur. Hesaplamalı modelleme araçları ve simülasyonlar, mekânsal verilerin detaylı bir şekilde incelenmesine olanak tanırken, tasarım süreçlerinin daha sistematik bir şekilde ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Hesaplamalı araçlar, projelerdeki karmaşık ilişkilerin yönetilmesini kolaylaştırır ve tasarımcıların mekânsal senaryoları daha hassas bir şekilde değerlendirmesini sağlamaktadır. Bu sayede, projeler daha özgün yaklaşımlarla ele alınabilir.

Hesaplamalı tasarım projelerinin tasarım sürecinde geri bildirimlerin sürekli olarak alınması projelerin daha iyi hale getirilmesine zemin hazırlamaktadır. Gelişen teknolojiler sayesinde, geri bildirim döngüleri projelerin farklı aşamalarında değerlendirilerek süreçlerin güncellenmesine ve daha iyi sonuçlar elde edilmesine olanak tanır. Malzeme performansının dijital ortamlarda test edilmesi ise projelerde çevresel etkilerin azaltılmasına ve kaynakların daha etkin kullanılmasına katkı sağlar. Böylelikle, projeler hem teknik açıdan hem de sürdürülebilirlik açısından daha bilinçli bir yaklaşımla tasarlanabilmektedir.

Sonuç olarak, hesaplamalı tasarım araçları, hesaplamalı tasarım projelerinde sadece teknik bir kolaylık sağlamanın ötesinde, yaratıcı fikirlerin uygulanmasına olanak veren güçlü bir araç seti sunmaktadır. Bu araçlar, tasarım süreçlerini daha verimli hale getirirken, mekânsal çözümlerlerin daha detaylı ve iyi bir şekilde geliştirilmesini desteklemektedir.

“Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. “Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Tüm proje bileşenlerinin dijital ortamda kapsamlı bir şekilde planlanması ve üretime hazırlanması, simülasyonlar ve parametrik analizler aracılığıyla üretim sürecinin desteklenmesi, CNC kesim, 3D baskı gibi hesaplamalı üretim araçlarının kullanılması, malzeme seçimleri ve uygun üretim tekniklerinin projeye entegre edilmesi,
Tasarımcı.2	Verilerin doğrudan üretim ve uygulama aşamasına entegre edilmesi, üretim sürecinde detayların net bir şekilde belirlenmesi ve uygulama aşamasındaki toleransların dikkate alınması, hesaplamalı üretim araçlarının kullanılması, üretici firma ile iş birliği
Tasarımcı.3	Dijital verilerin doğru bir şekilde fiziksel üretime dönüştürülmesi, CNC kesim, lazer teknolojileri ve modüler sistemler gibi hesaplamalı üretim araçlarının kullanılması/temini, projeye uygun üretici firmanın bulunması, dijital ve fiziksel üretim süreçlerinin eş zamanlı yürütülmesi, hataları minimize etmek için testlerin yapılması.
Tasarımcı.4	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.5	Dijital verilerin doğru bir şekilde fiziksel üretime dönüştürülmesi, malzeme performansının dijital simülasyonlarla test edilmesi, uygulama sürecinde kodlama ve eşleştirmelerde hataları minimize etmek, ön kontrollerin sağlanması
Tasarımcı.6	Simülasyon ve testlerle üretim süreçleri için uygun çözüm yollarının belirlenmesi, üretim araçlarının temin edilmesi, üretici anlaşmaları, uygulama öncesi küçük ölçekli deneme uygulaması yapılması.
Tasarımcı.7	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.8	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.9	Dijital modelleme ile fiziksel üretim süreçlerinin uyum içinde yürütülmesi, dijital modeller üzerinden malzeme seçimlerinin ve üretim yöntemlerinin test edilmesi, uygulama sürecindeki kodlamaların doğru yapılması, yerinde üretimde zeminin uygunluğunun kontrolü.
Tasarımcı.10	Modellerin üretim ve uygulama sürecinin detaylı planlanması, üretim öncesi testlerin titizlikle yapıp hataların minimize edilmesi, üretim sürecinde en uygun araçların belirlenmesi ve temini.
Tasarımcı.11	Proje bileşenlerinin dijital ortamda kapsamlı bir şekilde planlanması ve üretime hazırlanması, her projeye göre süreçlerin farklılaşması
Tasarımcı.12	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.13	Tasarımın 3D yazıcılarla küçük ölçekli maketinin üretilip kontrolünün sağlanması, sahada uygulama - nakliye planının yapılması, hesaplamalı üretim araçlarının kullanılması/temini, projeye uygun üretici firmanın bulunması,
Tasarımcı.14	Üretim sürecinde detayların net bir şekilde belirlenmesi ve uygulama aşamasındaki toleransların dikkate alınması, dijital ve fiziksel üretim süreçlerinin eş zamanlı yürütülmesi, projelere gire kullanılacak araçların farklılaşmasıyla üretim-uygulama sürecinin farklılaşması.
Tasarımcı.15	Üretim yöntemlerinin belirlenmesi, üretici firma görüşmeleri, karmaşık formların 3D yazıcılarla yazdırılıp ön kontrollerin yapılması.
Tasarımcı.16	Cevap verilmemiştir.

Tablo 16'nın devamı

Tasarımcı.17	Modellerin üretim ve uygulama sürecinin detaylı planlanması, , malzeme performansının dijital simülasyonlarla test edilmesi, kodlama kontrollerinin yapılması, uygulama ekibinin profesyonel olması.
Tasarımcı.18	Uygulama öncesi karmaşık detayların simülasyon ve maketler üzerinden kontrol edilmesi, üretim araçlarının temin edilmesi, üretici anlaşmaları, malzeme kontrollerinin sağlanması.
Tasarımcı.19	Verilerin doğrudan üretim ve uygulama aşamasına entegre edilmesi, CNC kesim, lazer teknolojileri ve modüler sistemler gibi hesaplamalı üretim araçlarının kullanılması/temini.
Tasarımcı.20	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.21	Cevap verilmemiştir.
Tasarımcı.22	Cevap verilmemiştir.

Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreçlerine dair verilen cevaplar incelendiğinde, hesaplamalı modellerin doğrudan üretime aktarılması en sık vurgulanan unsurlar arasında yer almaktadır. Tasarımcı.1, 2, 3 ve 19 bu süreci öne çıkarmakta, projelerde dijital verilerin fiziksel ortama başarıyla entegre edilmesinin projelerin hayata geçirilmesi açısından kritik olduğunu belirtmektedir. Hesaplamalı modeller, sahada uygulamaya dönüştürülmeden önce detaylı bir şekilde planlanmakta, sahada doğrulukla uygulanmaktadır. Bu aşama, projelerde zaman ve maliyet tasarrufu sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.

Hesaplamalı üretim teknikleri, CNC kesim, 3D baskı, lazer teknolojileri vb. projelerde kullanılması, yine sıkça tekrarlanan bir kavram olmuştur. Tasarımcı.1, 3, 5 ve 19 bu teknolojilerin projelerde kullanılan başlıca yöntemler arasında yer aldığını ifade etmektedir. CNC kesim, özellikle büyük ölçekli parçaların hassasiyetle işlenmesini sağlarken; 3D baskı, karmaşık formların üretilmesinde büyük bir avantaj sunmaktadır. Lazer teknolojisi ise ince detayların işlenmesi ve daha küçük ölçekteki malzemelerin doğru şekilde kesilmesi için kullanılmaktadır. Bu dijital üretim yöntemleri, projelerin sahada başarıyla uygulanmasına katkı sunmaktadır.

Malzeme performansının dijital simülasyonlarla test edilmesi de üretim süreçlerinde önemli bir aşamadır. Tasarımcı.3, 5 ve 17, malzemelerin üretim sürecinde dijital ortamda test edilerek en uygun sonuçların elde edilmesini sağladığını belirtmektedir. Bu simülasyonlar, malzemelerin projeye uygun olup olmadığını analiz etmekte ve sahada uygulanmadan önce sorunların tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. Böylece, üretim sırasında hataların minimuma indirilmesi ve sürecin daha verimli ilerlemesi sağlanmaktadır.

Hataları minimize etmek için dijital testlerin yapılması ise tasarımcıların üzerinde durduğu bir başka önemli konudur. Tasarımcı.3, 5 ve 17, projelerde olası hataların önceden tespit edilerek gerekli düzeltmelerin yapılmasının, dijital testler sayesinde mümkün olduğunu ifade etmektedir. Bu testler, projelerin sahada sorunsuz bir şekilde uygulanmasını sağlamada kritik bir rol oynamaktadır. Dijital testler, projelerin fiziksel ortama aktarılmadan önce değerlendirilmesini ve sahada karşılaşılabilecek problemlerin en aza indirilmesini desteklemektedir.

Üretim araçlarının temini ve üretici firmalarla yapılan iş birliği de sürecin yönetimi açısından büyük öneme sahiptir. Tasarımcı.2, 3, 6, 13 ve 15, projelerde kullanılan hesaplamalı üretim araçlarının temin edilmesi ve üretici firmalarla yapılan iş birliğinin sürecin etkin bir şekilde ilerlemesine katkı sağladığını vurgulamaktadır. Bu iş birliği, projelerde kullanılan malzeme ve üretim tekniklerinin en uygun şekilde uygulanmasını ve sahada doğru sonuçların alınmasını mümkün kılmaktadır.

Projelerde kodlama ve uygulama süreçlerinin kontrol edilmesi de dikkat edilecek bir başka konu olmuştur. Tasarımcı.5, 9 ve 17, uygulama için kodlamaların ve uygulama aşamasında yapılan kontrollerin, projelerin hatasız bir şekilde tamamlanmasına yardımcı olduğunu belirtmektedir. Kodlamalar sayesinde projelerdeki verilerin sahada doğru bir şekilde uygulanması sağlanmakta ve süreç boyunca ortaya çıkabilecek hatalar minimuma indirilmektedir. Kodlamaların hatalı yapılması durumunda da uygulama aksamakta, süreç uzamaktadır.

Projeye özgü üretim çözüm yollarının belirlenmesi, her projeye göre farklılaşan ihtiyaçlara cevap verebilmek açısından önemlidir. Tasarımcı.1, 3 ve 17, projeye özgü çözüm yolları geliştirerek üretim süreçlerinin planlandığını ve bu çözüm yollarının projelerin başarıya ulaşmasında önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Dijital simülasyonlar ve testler aracılığıyla projeye en uygun üretim yöntemleri belirlenmekte ve süreçler daha sorunsuz ilerlemektedir.

Küçük ölçekli deneme uygulamaları ve maketlerin üretilmesi ise tasarımcıların üretim ve uygulama süreci için üzerinde durduğu bir diğer konudur. Tasarımcı.6, 13, 15 ve 18, küçük ölçekli deneme uygulamalarının ve maketlerin projelerde olası hataların önceden tespit edilmesi ve üretim sürecinin daha başarılı ilerlemesi açısından önemli olduğunu

vurgulamaktadır. Bu denemeler sayesinde sahadaki uygulamalardan önce projelerin test edilmesi ve düzeltilmesi gereken noktaların belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Son olarak, Tasarımcı.4, 7, 8, 12, 14, 16, 20, 21 ve 22, bu soruya yanıt vermemiştir.

“Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?” sorusuna verilen cevaplardan alınan kavramlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. “Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?” sorusuna ait bulgular

Tasarımcı	“Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?” sorusuna ait verilen cevaplardan elde edilen kavramlar
Tasarımcı.1	Dijital ortam ile sahadaki uyum sorunları, saha toleransları, teknik zorluklar, uygulayıcıların teknik kapasiteleri, teknolojik kısıtlamalar nedeniyle karmaşık geometrilerin üretiminde zorluklar
Tasarımcı.2	Teknik kısıtlamalar, malzeme temini, yerel uygulama koşulları (projelerin saha şartlarına göre adapte edilmesi gerektiğinde, orijinal tasarımdan sapmalar olabilmekte)
Tasarımcı.3	Sıkı zaman planlaması (özellikle ticari projelerde), problem çözme baskısı, sahada modifikasyon yapılma durumu, sahadaki uygulayıcılarla iş birliği
Tasarımcı.4	Teknik kısıtlamalar, uygulama koşullarının zorlukları (sahada revizyon gerekebilmekte), malzeme performansında sapmalar, saha koşullarının değişkenliği, yerinde üretimde zemin koşulları, üretim araçlarının yetersizliği, üretici bulamama.
Tasarımcı.5	Kodlama karışması durumu, teknik kısıtlamalar, kısıtlı zaman, model saha uyumunda sapma
Tasarımcı.6	Malzeme temini, sahadaki beklenmedik koşullar, uyumsuz zemin, uygulayıcılarla iş birliği
Tasarımcı.7	Tasarım sürecinde bağlantı detaylarının çözümü (hesaplamalı tasarımların karmaşıklığı arttıkça, bu bağlantı detaylarının çözülmesi zorlaşabilmekte), üretim sürecinde üretici bulamamak, parça kodlama problemi, uygulama sürecinde uygun olmayan zemin, kodlama karışması
Tasarımcı.8	Malzeme performansında farklılık oluşması, uygulama sürecinde sahadaki zeminin uygunluğu, hava koşullarındaki sorunlar, zamanda aksama
Tasarımcı.9	Üretim sürecinde üretim araçları için üretici firma bulunamaması, model saha uyumunda sapma, kodlamaların karışması
Tasarımcı.10	Modellerin sahada uygulanması sırasında teknik kısıtlamalar, yeni ve gelişmiş malzemelerin uygulama aşamasında bazen beklenmedik sorunlara yol açması
Tasarımcı.11	Uygulama sürecinde yerinde müdahaleler yapılması gerekmesi, uygun olmayan zemin, uygulayıcıların teknik kapasiteleri
Tasarımcı.12	Saha koşullarının değişkenliği, yeterli sayı ve özellikte üretici araca erişememe, teknolojik kısıtlama, uygulama alanındaki altyapı eksikliği
Tasarımcı.13	Uygulamada malzemelerin sahada zamanında bulunmaması, proje zamanlaması, proje bütçesinde sapmalar
Tasarımcı.14	Dijital ortam ile sahadaki uyum sorunları, saha toleransları, parça kodlama problemi
Tasarımcı.15	Altyapı problemleri, lojistik süreçler, sahada modifikasyon yapılma durumu
Tasarımcı.16	Cevap verilmemiştir.

Tablo 17'nin devamı

Tasarımcı.17	Teknolojik kısıtlamalar nedeniyle karmaşık geometrilerin üretiminde zorluklar, uygulama ekip yetersizliği, uygulama ekip bilgi yetkinliğinin eksikliği
Tasarımcı.18	Uygulayıcı ekiplerin teknik yeterliliklerinin yetersizliği, üretici firma bulunmasında zorluk
Tasarımcı.19	Teknik ve bütçe kısıtlamaları, malzeme performansındaki değişkenlikler, karmaşık detayların üretimindeki zorluk
Tasarımcı.20	Malzeme temininde yaşanan aksaklıklar, sıkı zaman yönetimi, yerinde uygulamada zemin koşulları
Tasarımcı.21	Uygulama ekiplerinin deneyim eksiklikleri, üretim araçlarında oluşan arızalar ve giderilmesinde harcanan zaman
Tasarımcı.22	Tasarım sürecinde karmaşık detayların çözümündeki zorluklar, uygun malzeme seçimi ve temini, üretim araçları ile malzemenin uyumsuzluğu durumu

Tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinde karşılaşılan problemler incelendiğinde, teknik sınırlamalar ve malzeme temini konularının öne çıktığı görülmektedir. Tasarımcı.2, 6, 13 ve 20, malzeme temininde yaşanan aksaklıkların projelerin uygulanmasında gecikmelere neden olduğunu, özellikle yeni malzemeler kullanıldığında tedarik süreçlerinin karmaşıklaştığını belirtmiştir. Malzeme performansında sahada yaşanan farklılıklar da projelerin planlanan şekilde ilerlemesini zorlaştıran önemli bir etken olarak vurgulanmaktadır (Tasarımcı.4, 10, 19). Malzeme tedarik süreçlerinde yaşanan aksaklıklar, projelerin gecikmesine neden olurken, malzeme performansında yaşanan sahadaki farklılıklar da projelerin başlangıçta öngörülen tasarım parametrelerinden sapmalarına yol açabilmektedir. Malzeme teminindeki aksaklıkları önlemek adına yerel tedarikçilerin daha yaygın kullanılması, tedarik süreçlerinin daha iyi planlanması ve malzemelerin proje başında detaylı test edilmesi, projelerin kesintisiz ilerlemesi için önemli olduğu düşünülmektedir.

Bir diğer önemli problem, uygulama ekiplerinin yeterlilikleri ile ilgilidir. Tasarımcı.17, 18 ve 21, uygulayıcı ekiplerin yeterli teknik bilgiye sahip olmamasının, projelerin sahada doğru uygulanmasını engellediğini ifade etmiştir. Uygulama sürecinde ortaya çıkan ekip yetersizlikleri, özellikle karmaşık projelerde ve yeni tekniklerin kullanıldığı tasarımlarda ciddi bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Uygulama ekiplerinin yeterli teknik bilgiye sahip olmaması, projelerin istenilen doğrulukta uygulanmasını zorlaştırmakta ve bazı projelerde revizyonlar yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle karmaşık geometrilerin uygulanması sırasında karşılaşılan zorluklar, sahada yerinde müdahaleler gerektiren bir problem alanı oluşturmaktadır. Uygulama ekiplerinin eğitimi, yetkinlik seviyesinin artırılması ve yeni teknolojilere adapte olmalarının sağlanması gerektiği düşünülmektedir. Bu, sahadaki müdahalelerin ve revizyonların azalmasına katkıda

bulunacak ve projelerin doğruluğunu artıracaktır. Ayrıca, ekiplerin tasarım süreçlerine daha erken dahil edilmesi, sahadaki uygulamanın daha verimli ilerlemesini sağlayabilir.

Saha koşulları da projelerin hayata geçirilmesinde sıkça karşılaşılan bir problem olarak öne çıkmaktadır. Tasarımcı.3, 8, 15 ve 20, sahadaki zemin sorunları, hava koşulları ve lojistik engellerin projelerin uygulanmasını zorlaştırdığını belirtmiştir. Bu tür saha koşulları, projelerin zamanında tamamlanmasını engellemekte ve sahada çeşitli revizyonlar yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Projelerin saha koşullarına daha iyi uyum sağlaması için önceden yapılacak detaylı saha analizi de önemlidir.

Kodlama karışmaları ve parça kodlama problemleri, dijital projelerin fiziksel üretime aktarılmasında karşılaşılan önemli teknik problemler arasında yer almaktadır (Tasarımcı.5, 7, 9, 14). Bu sorunlar, projelerin sahada doğru uygulanmasını engelleyebileceği gibi, üretim sürecinde hatalara ve yanlış montajlara yol açabilmektedir. Kodlama hatalarının projelerin ilerleyişini olumsuz etkilediği, süreçlerin daha dikkatli yönetilmesi gerektiği düşünülmektedir. Kodlama süreçlerini daha net bir şekilde yönetecek yazılım ve otomasyon sistemlerinin kullanılması, projelerde oluşabilecek hataların önüne geçebilir.

Teknolojik kısıtlama problemleri, özellikle karmaşık geometrilerin ve özgün yapıların üretilmesinde mevcut üretim teknolojilerinin yetersiz kalabileceğini belirtmiştir (Tasarımcı.1, 4, 17 ve 19). Bu tür projelerde kullanılan üretim tekniklerinin, hesaplamalı tasarımların gerektirdiği hassasiyeti karşılamakta zorlandığı ve bu nedenle üretim aşamasında modifikasyonlar yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Teknolojik kısıtlamalar, özellikle büyük ölçekli projelerde zaman kaybına ve ek maliyetlere yol açabilmektedir. Bu nedenle teknoloji yatırımlarının yapılması ve üretim süreçlerinin daha ileri düzeyde teknolojilerle desteklenmesi, hesaplamalı tasarım projelerinin uygulanabilirliğini artıracığı düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra, üretici firma bulunamaması da karşılaşılan problemlerden olmuştur. Tasarımcı.3, 6, 9 ve 18, üretim tekniklerine ihtiyaç duyulan projelerde, yerel üretici firmalar bulmanın zor olduğunu vurgulamıştır. Bu durum, üretim sürecinde gecikmelere yol açmakta ve projelerin planlandığı gibi ilerlemesini engellemektedir. Ülkemizde yerel üretici firmaların desteklenmesi ve sayılarını çoğaltmak adına devlet destekli teşvikler ve iş birlikleri yapılabilceği düşünülmektedir. Ayrıca, yerel firmalarla iş birliğinin

güçlendirilmesi, dışa bağımlılığı azaltacak ve projelerin hızla hayata geçirilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinde en çok karşılaşılan problemler malzeme temini, uygulayıcı ekiplerin yetersizliği, saha koşullarının zorluğu, kodlama sorunları, teknolojik kısıtlamalar ve üretici firma eksikliği olarak öne çıkmaktadır. Tasarımcılar, bu sorunların üstesinden gelebilmek için esnek çözümler geliştirmeye ve dijital süreçlerle saha arasında daha etkili bir koordinasyon sağlamaya çalışmaktadır.



4. SONUÇLAR

Günümüzde dijital teknolojilerin ve hesaplamalı tasarım araçlarının iç mimarlıkta giderek artan bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Ancak, ülkemizde bu alandaki projelerin sayısı dünya genelindeki örneklerle kıyasla henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Aynı zamanda hesaplamalı tasarım konusu hakkında bilgi birikiminin artması ve genç tasarımcıların bu alanda tasarım olanakları-teknikleri üzerine gelişmesi gerektiği düşünülmektedir. Hesaplamalı tasarım projelerinin yaygınlaşması hem farkındalığı artıracak hem de tasarım süreçlerine yeni olanaklar sunacaktır. Çalışma kapsamında ana amaç belirlenerek, bu amacın 3 alt hedefi oluşturulmuş, alt hedeflerle ilişkilendirilerek araştırma soruları belirlenmiştir. Çalışmanın “Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki kullanımın Türkiye’deki tasarımcılar üzerinden okunarak mevcut durumun tespit edilmesi” amacına yönelik olarak “Hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi”, “Hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları” ve “Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi” alt hedeflerine yönelik olarak görüşme katılımcılarının görüşleri değerlendirilmiştir. Görüşme çalışmasına ait sonuçlar araştırma sorularına bağlı olarak sırayla verilmektedir.

“Hesaplamalı tasarım hakkındaki genel yaklaşımların ve gelişim sürecinin belirlenmesi” alt hedefine yönelik katılımcılara sorulan soruların sonuçları aşağıda verilmiştir.

“Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Hesaplamalı tasarımın iç mimarlıkta artan önemi: Tasarımcıların yanıtları, hesaplamalı tasarım düşüncesinin iç mimarlık pratiğinde stratejik bir araç olarak konumlandığını ve bu yaklaşımın projelerde çözüm odaklı süreçler geliştirmeye olanak sağladığını saptamıştır.
- Bütünsel tasarım anlayışının ön planda olması: Tasarımcılar, hesaplamalı tasarımın projelerde verimlilik, kullanıcı deneyimi ve çevresel faktörler arasında dengeli bir ilişki kurmada etkin bir araç olduğunu vurguladıkları saptanmıştır. Hesaplamalı tasarım, bu bağlamda bütünsel bir yaklaşımı teşvik etmekte ve proje sürecinde farklı disiplinler arası etkileşimi güçlendirmektedir.

- Algoritmik ve veri tabanlı karar alma süreçlerinin etkisi: Hesaplamalı tasarımın algoritmalar ve veri kullanımı üzerinden projelere entegre edilmesi, daha bilinçli ve veri temelli tasarım kararları alınmasını sağladığı saptanmış ve bu süreçler, tasarım aşamalarındaki belirsizlikleri azaltarak, projelerin uygulanabilirliğine katkı sağlamaktadır.
- Karmaşık geometrik ve formların tasarımın potansiyeli: Hesaplamalı araçların sunduğu esneklik, özellikle karmaşık geometrik formlar üzerinde çalışan tasarımcılar için avantaj sağladığı saptanmıştır. Bu yöntemlerin, iç mimarlıkta yenilikçi formların yaratılmasında önemli bir rol oynadığı anlaşılmaktadır.
- Hesaplamalı tasarımın uygulanabilirlik ve üretilebilirlik üzerine etkisi: Hesaplamalı tasarımın projelerin uygulanabilirliği ve üretilebilirliği üzerindeki olumlu etkisi olduğu tasarımcıların görüşleri doğrultusunda saptanmıştır. Ancak bu konuda teknolojik, ekip ve altyapı kısıtlamaları bazı durumlarda problemler oluşturabilmektedir. Bu süreçler, projelerde teknolojik gelişmelerin etkin kullanımını teşvik etmektedir.

“Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Hesaplamalı tasarım yöntemlerine geçiş, tasarımcıların teknolojik gelişmelere olan ilgisi ve iç mimari süreçlerde daha karmaşık formlar üretme isteği ile ilişkilidir. Bu süreç, tasarım dünyasında geleneksel yöntemlerin ötesine geçme ihtiyacını doğduğu saptanmıştır.
- Yurt dışı eğitim ve uluslararası projeler, tasarımcıların hesaplamalı tasarım yöntemleriyle tanıştığını saptamıştır.
- Simülasyon teknikleri ve dijital araçların sunduğu esneklik, tasarımcıların projelerinde daha geniş olanaklar ve alternatif çözümler üretmesine olanak tanımıştır. Hesaplamalı tasarımın sunduğu çözümler, mimari süreçlerde daha karmaşık problemlerin ele alınmasına yardımcı olduğu saptanmıştır.
- CAD yazılımlarından hesaplamalı araçlara geçiş yapan ofisler, dijital süreçlerin getirdiği avantajlardan faydalanarak, projelerde daha etkili sonuçlar elde ettiği saptanmış ve bu da teknolojik araçların mimari tasarım süreçlerine sağladığı katkının giderek daha fazla benimsendiğini göstermiştir.

- Hesaplamalı tasarım araçlarının kullanımı, mimari projelerde daha bilinçli karar alma süreçlerini beraberinde getirmiş ve tasarımcıların projelerine farklı bir bakış açısı kazandırdığı saptanmıştır.
- Hesaplamalı tasarımın sunduğu olanakların mimari süreçlerde artan kullanımı, bu yöntemlerin mimarlık dünyasında kalıcı bir yer edinmesine neden olmuştur. Hesaplamalı yöntemlerin benimsenmesi, tasarım süreçlerinde daha derinlemesine düşünme ve uygulama fırsatları sunduğu saptanmıştır.

“Lisans eğitiminizde hesaplamalı tasarım üzerine dersler aldınız mı? Aldıysanız aldığınız dersler nelerdir? ve “Hesaplamalı tasarım konusunda herhangi bir kursa ya da eğitime katıldınız mı? Katıldıysanız bu eğitim/kurslar nelerdir?” araştırma sorularına yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Tasarımcıların hesaplamalı tasarım üzerine lisans eğitimi sırasında herhangi bir ders almadığı saptanmıştır.
- Tasarımcıların hesaplamalı tasarım konusunda herhangi bir kursa ya da eğitime katılmadığı saptanmıştır. Kendi bireysel çabaları ve mesleki tecrübeleriyle öğrendikleri ortaya konulmuştur.

“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” araştırma sorularına yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Tasarımcılar arasında en fazla kullanılan hesaplamalı tasarım yöntemlerinin parametrik tasarım, devamında sıralı şekilde performansa dayalı tasarım, animasyona dayalı tasarım, metamorfik tasarım ve izomorfik tasarım olduğu saptanmıştır. Evrimsel sistemlere dayalı tasarımı ise hiçbir tasarımcı kullandığını ifade etmemiştir.

“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntem/yöntemler nelerdir?” araştırma sorularına yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Tasarımcılar tarafından en fazla kullanılan hesaplamalı tasarım yöntemlerinin sırasıyla, 3 boyutlu yazıcılar, çıkarmalı yöntemle çalışan araçlar, eklemeli yöntemle çalışan araçlar, biçimlendirici yöntemle çalışan araçlar ve robotlar şeklinde olduğu saptanmıştır.

“Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?” araştırma sorularına yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Tasarımcılar tarafından en fazla kullanılan hesaplamalı tasarım programları sırasıyla, Grasshopper 3D, Rhinoceros 3D, Revit, Dynamo, Blender, Maya, CAD yazılımları, CATIO şeklinde olduğu saptanmıştır.

“Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?” araştırma sorularına yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Tasarımcıların hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladıkları ilk 5 yapı tipi sıralamasında ilk sırada ticari yapılar, ikinci sırada ofis yapıları, üçüncü sırada kompleks/karma yapılar, dördüncü sırada kültürel yapılar ve beşinci sırada otel yapılarının olduğu saptanmıştır.

“Hesaplamalı tasarımın sürecinin iç mimarlık alanındaki yeri ve alana katkıları” ikinci alt hedefine yönelik katılımcılara sorulan soruların sonuçları aşağıda verilmiştir.

“Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Kullanıcı deneyimi odaklı çözümler üretme noktasında, hesaplamalı tasarımın sunduğu mekânsal esneklik ve özelleştirme olanakları, tasarımcılar tarafından özellikle vurgulanmış ve bu araçların, mekânların kullanıcı ihtiyaçlarına daha iyi cevap vermesine katkıda bulunduğu saptanmıştır.
- Hesaplamalı tasarım araçlarının, projelerde detayların daha titiz yönetilmesine imkân tanıdığı ve mekânsal ilişkileri daha bütüncül bir yaklaşımla ele alma fırsatı sunduğu saptanmıştır.
- Tasarımcılar tarafından hesaplamalı tasarımın projelere getirdiği avantajların ve sunduğu olanakların, gelecekte iç mimarlık alanında önemli bir rol oynayacağını ve bu teknolojinin projelerde giderek vazgeçilmez bir bileşen haline geleceğini öngörülmektedir.
- Hesaplamalı tasarım teknolojisi, projelerde tasarım süreçlerini dönüştürmektedir. Tasarımcıların görüşleri, bu teknolojinin özellikle karmaşık mekân organizasyonlarında ve modüler sistemlerin uygulanmasında esneklik sağladığı ve proje yönetimini daha etkili kıldığı şeklinde saptanmıştır.

“İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Hesaplamalı tasarımın esneklik sağlaması, projelerin özelleştirilmesine ve bağlama uygun çözümler geliştirilmesine olanak tanıdığı saptanmıştır. Bu esneklik, özellikle karmaşık formlar ve iç mekân kurgularında önemli bir avantaj olarak öne çıkmaktadır.
- Yaratıcılık, hesaplamalı tasarımın sunduğu araçlarla desteklenerek, özgün ve çeşitli mekân çözümlerinin hızla geliştirilmesine katkıda bulunduğu saptanmıştır. Ancak hesaplamalı tasarım algoritmalarının sınırının aşılması durumunda yaratıcılığın mekanikleşebileceği ve bu çizgiye dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.
- Hız, hesaplamalı tasarımın projelerin daha kısa sürede tamamlanmasına olanak tanıyan en önemli katkılarında biri olarak değerlendirilmiş. Prototipleme süreçlerinin hızlanması ve hata oranının azalması, tasarım süreçlerinin daha verimli hale gelmesine katkı sağlamaktadır.
- Karmaşık formların üretilebilmesi, teknolojinin sunduğu modelleme ve simülasyon araçları, özellikle zorlayıcı geometrik yapıların kolayca oluşturulmasına ve projelerde daha özgün mekânsal çözümler üretilmesine olanak tanıdığı saptanmıştır.
- Teknik bilgi gereksinimi, hesaplamalı tasarım süreçlerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için ileri düzeyde uzmanlık ve beceri gerektirmektedir. Dijital araçların karmaşıklığı, teknik bilgi eksikliği olan kullanıcılar için süreçleri zorlaştırabildiği saptanmıştır.
- Maliyet artışı, hesaplamalı tasarım projelerinde kullanılan yazılımlar, teknolojik altyapı ve uzman iş gücü ihtiyacının bütçe yönetimini zorlaştırdığı ve bu maliyetlerin küçük ölçekli projeler için özellikle problem yaratabileceği saptanmıştır.
- Hesaplamalı tasarım süreçlerinin geleneksel yöntemlere kıyasla hız bakımından avantajlı olduğu saptanmış ancak teknik bilgi eksiklikleri ve yazılım kullanımındaki zorlukların projelerde ek zaman gereksinimi doğurarak, süreçlerin planlandığı gibi ilerlemesini zorlaştırabileceği de saptanmıştır.

“Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Eğitim programlarının genişletilmesi ve güncellenmesi, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için kritik bir unsur olarak saptanmıştır. Üniversitelerde daha fazla uygulamalı ders ve atölye çalışması sunulması, müfredatların güncellenmesi, genç tasarımcıların bu teknolojileri daha iyi öğrenmelerine ve projelerde etkili bir şekilde kullanmalarına olanak sağlamak, piyasaya çıktıkları zaman hesaplamalı tasarım yöntem, program ve araçlarına hâkim olmalarının avantaj sağlayacağı saptanmıştır.
- Teknolojik yatırımların artırılması ve dijital altyapının güçlendirilmesi gerektiği saptanmıştır. Sektördeki yazılım ve donanım çözümlerine yapılan yatırımlar, hesaplamalı tasarımın daha yaygın bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayacak ve projelerin dijital süreçlerle daha etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyacaktır.
- Mesleki gelişim ve profesyonel eğitim fırsatlarının yaygınlaştırılması, tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarını daha etkin kullanabilmesi ve bu teknolojilere adapte olabilmesi için önemli bir faktör olarak saptanmıştır. Bu bağlamda, sektörde seminerler, atölye çalışmaları ve profesyonel eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.
- Multidisipliner yaklaşımın teşvik edilmesi, hesaplamalı tasarımın daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Farklı disiplinler arasında iş birliği sağlanarak projelerde hesaplamalı tasarımın sunduğu potansiyelin daha iyi değerlendirilebileceği bir ortam yaratılması gerektiği saptanmıştır.
- Bilinçlendirme çalışmalarının artırılması, hesaplamalı tasarımın potansiyelinin daha geniş bir kitle tarafından anlaşılmasını sağlayacaktır. Tasarımcıların ve sektör profesyonellerinin bu araçlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaları, iç mimarlık projelerinde hesaplamalı tasarımın yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

“Hesaplamalı tasarımın iç mekân tasarım, üretim ve uygulama sürecindeki temel kriterlerin belirlenmesi” üçüncü alt hedefine yönelik katılımcılara sorulan soruların sonuçları aşağıda verilmiştir.

“İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Proje bağlamının hesaplamalı tasarım kararlarını doğrudan etkilediği saptanmıştır. Tasarımcılar, projelerin mekânsal, kültürel ve sosyal bağlamına uygun çözümler geliştirme gerekliliğini vurgulamışlardır.
- Kullanıcı-mekân etkileşimi ve kullanıcı ihtiyaçlarının hesaplamalı tasarım kararlarında belirleyici bir unsur olduğu tespit edilmiştir. Kullanıcı odaklı tasarım anlayışının projelerde mekânsal düzenlemeler ve çözümler üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- İşveren bütçesi ve ekonomik kısıtların hesaplamalı tasarım süreçlerini belirleyen kritik bir faktör olduğu saptanmıştır.
- Proje ölçeğinin hesaplamalı tasarımın uygulanmasında önemli bir etken olduğu tespit edilmiştir. Projelerin büyüklüğü ve karmaşıklığına göre dijital araçların kullanımı ve süreçlerin detaylandırılması gerektiği görülmüştür.
- Algoritmik tasarım yöntemleri ve dijital araçların, projelerde esneklik ve inovatif çözümler geliştirilmesine olanak tanıdığı belirlenmiştir. Tasarımcılar, bu araçlar sayesinde projelere özgün ve dinamik yaklaşımlar getirme imkânına sahip olmuşlardır.

“Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Hesaplamalı tasarım projelerinde dijital modelleme ve simülasyon tekniklerinin yaygın olarak kullanıldığı saptanmıştır. Bu araçlar, projelerin mekânsal analizlerini ve fonksiyonel gereksinimlerini daha detaylı bir şekilde ele alarak tasarım süreçlerinin verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanımaktadır.
- Hesaplamalı modelleme araçlarının projelere esneklik kazandırdığı saptanmıştır. Bu araçlar, projelere özgü parametreler doğrultusunda farklı

senaryolar üretme ve dinamik gereksinimlere uygun çözümler geliştirme imkânı sunmaktadır.

- Mekânsal analizlerin hesaplamalı araçlar yardımıyla yapılması, işlevsellik ve mekânsal gereksinimlerin dengeli bir şekilde ele alınmasını sağladığı saptanmıştır. Bu analizler, projelerde doğruluğu artırarak, projelere uygun ve etkili çözümler üretilmesini sağlamaktadır.
- Geri bildirim döngülerinin ve sürekli iyileştirme süreçlerinin hesaplamalı tasarım projelerinde önemli bir yere sahip olduğu saptanmıştır. Hesaplamalı araçlar sayesinde projeler, tasarım aşamasında sürekli olarak geliştirilebilmekte ve daha etkin çözümler sunulmaktadır.
- Algoritmik modelleme tekniklerinin projelere esneklik kazandırdığı saptanmıştır. Bu teknikler, projelerde karmaşık ilişkileri yönetmeye yardımcı olurken alternatif senaryolar üretme imkânı tanımaktadır.

“Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Hesaplamalı modellerin doğrudan üretime aktarılmasının projelerde zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı saptanmıştır. Bu süreç, dijital verilerin sahaya doğru bir şekilde entegre edilmesini sağlayarak projelerin uygulanabilirliğini güçlendirmektedir.
- Dijital testlerin yapılması, projelerde olası hataların minimuma indirilmesini ve sahada sorunsuz bir uygulama süreci sağlanmasını desteklediği saptanmıştır. Bu testler, fiziksel uygulama öncesinde projelerin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Ancak saha koşullarının değişkenlik durumu karşısında bazen testler yapılmasına rağmen sorunlar çıktığı saptanmıştır.
- Üretim araçlarının temini ve üretici firmalarla yapılan iş birliği, hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreçlerinin başarılı bir şekilde yürütülmesinde önemli bir rol oynadığı saptanmıştır.
- Kodlama ve uygulama süreçlerinin kontrol edilmesinin projelerde doğruluğu artırdığı saptanmış kodlamaların doğru yapılması, projelerin sahada hatasız bir şekilde uygulanmasına yardımcı olmaktadır.

- Küçük ölçekli deneme uygulamaları ve maketlerin üretilmesi, projelerde olası hataların önceden tespit edilmesine ve üretim sürecinin daha etkili yönetilmesine katkı sağladığı saptanmıştır.

“Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?” araştırma sorusuna yönelik elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Malzeme teminindeki aksaklıkların projelerin gecikmesine neden olduğu saptanmıştır.
- Uygulama ekiplerinin yeterli teknik bilgiye sahip olmamasının projelerde hatalara yol açtığı saptanmıştır.
- Saha koşullarının projelerin uygulanmasında önemli engeller oluşturduğu ve zemin sorunları, hava koşulları ve lojistik engeller, projelerin zamanında tamamlanmasını zorlaştığı saptanmıştır.
- Kodlama karışmaları ve parça kodlama problemlerinin projelerin doğru uygulanmasını engellediği saptanmıştır.
- Teknolojik kısıtlamaların, karmaşık geometrilerin ve özgün yapıların üretilmesinde zorluklar yarattığı saptanmıştır.
- Yerel üretici firma eksikliğinin, projelerin planlandığı gibi ilerlemesini engellediği saptanmıştır. Üretim tekniklerine uygun yerel firmaların bulunamaması, süreçte gecikmelere ve dışa bağımlılığa yol açmaktadır.
- Projelerin sahada başarıyla uygulanabilmesi için yerel tedarikçilerin ve üretici firmaların desteklenmesi gerektiği saptanmıştır.

Çalışmanın 1. varsayımı olan; “İç mimarlık alanında hesaplamalı tasarım ile elde edilen ürün ile üretim-uygulama süreci sonrası ortaya çıkan ürün arasında farklılıklar olmaktadır” varsayımı sınıandığında, hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreçlerinde teknolojik kısıtlamalar, yerel üretici firma eksiklikleri, uygulama ekiplerinin yetersiz teknik bilgisi ve malzeme temini gibi sorunlar projelerin uygulanmasında zorluklar yaratmaktadır. Bu durumlar, projede tasarlanan ürün ile uygulama aşamasında ortaya çıkan ürün arasında farkların oluşmasına neden olabilir. Özellikle karmaşık geometrik formların ve özgün tasarım çözümlerinin sahada tam anlamıyla hayata geçirilmesinde sorunlar olabildiği, hesaplamalı tasarım aşamasındaki ideal durumun uygulamada çeşitli kısıtlamalar nedeniyle sekteye uğradığı saptanmıştır.

Çalışmanın 2. varsayımı olan; “Hesaplamalı tasarım projelerinde dijital test ve prototipleme süreci, uygulama hatalarını azaltarak maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır” varsayımı sınıandığında, dijital testlerin ve prototipleme süreçlerinin projelerde olası hataları önceden tespit ederek uygulama sırasında sorunları azaltma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Katılımcı görüşleri, bu süreçlerin projelerin doğruluğunu artırdığını ve saha uygulamalarında zaman ve maliyet tasarrufu sağladığını doğrulamaktadır. Ancak saha koşullarının değişkenliği, dijital test sonuçlarının uygulamada birebir gerçekleşmesini engelleyebilir. Bu durum, saha koşullarıyla dijital simülasyon sonuçlarının örtüşmediği durumlarda bazı zorluklar yaşanabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın 3. varsayımı olan; “Hesaplamalı tasarımın sunduğu hesaplamalı modelleme olanakları, iç mimarlık projelerinde karmaşık ve estetik formların yaratılmasına katkı sağlarken, geleneksel yöntemlerin ötesinde daha yaratıcı mekânsal çözümler geliştirme imkânı sunmaktadır” varsayımı sınıandığında, hesaplamalı modelleme araçlarının iç mimarlık projelerinde özellikle karmaşık ve özgün formların oluşturulmasına imkan sağladığı doğrulanmıştır. Tasarımcılar, hesaplamalı tasarımın sunduğu parametrik ve algoritmik modelleme olanakları sayesinde yaratıcı çözümler geliştirdiklerini belirtmiştir. Ayrıca, bu araçların geleneksel yöntemlere kıyasla esneklik sunduğu ve projelerde daha dinamik mekânsal düzenlemeler oluşturulmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum, hesaplamalı tasarımın iç mimarlık projelerinde inovatif çözümler için güçlü bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

5. ÖNERİLER

Bu bölümde çalışma sonucunda hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha etkili ve yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için çeşitli önerilere yer verilmektedir. Bu öneriler, eğitim, piyasa ve uygulama alanına ve gelecek çalışmalara yönelik öneriler başlıklarında verilmiştir.

Eğitim alanına yönelik öneriler:

- Müfredat Güncellemeleri: Hesaplamalı tasarım araçlarının ve yöntemlerinin iç mimarlık eğitimi kapsamında daha geniş bir şekilde yer alabilmesi için üniversitelerde bu konulara yönelik derslerin müfredata eklenmesi önerilir. Hem teorik hem de uygulamalı derslerle öğrencilerin hesaplamalı tasarım teknolojilerine hâkim olması sağlanmalı, bu sayede öğrenciler erken dönemde bu teknolojilerle tanışma fırsatı bulmalıdır.
- Uygulamalı Eğitimlerin Artırılması: Hesaplamalı tasarım süreçlerinin daha iyi anlaşılması ve pratik becerilerin geliştirilmesi amacıyla uygulamalı atölye çalışmaları ve laboratuvar ortamlarının eğitim programlarına dahil edilmesi önerilir. Bu, öğrencilerin hesaplamalı tasarım araçlarını aktif bir şekilde kullanmalarını sağlayacaktır.
- Eğitimcilerin Yetiştirilmesi: Hesaplamalı tasarım konusunda eğitim verecek akademisyenlerin ve eğitimcilerin yetkinliklerini geliştirmek için üniversitelerde sürekli mesleki gelişim programları oluşturulmalı ve hesaplamalı tasarım üzerine uzmanlaşmış eğitimciler yetiştirilmesi önerilir.

Piyasa ve uygulama alanına yönelik öneriler:

- Mesleki Eğitimlerin Yaygınlaştırılması: Tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçları ve yöntemleri konusunda sürekli kendilerini geliştirebilmeleri için sektörde mesleki eğitimler, seminerler ve konferanslar düzenlenmelidir. Bu profesyonel eğitimlerin hem küçük hem de büyük ölçekli firmalar için erişilebilir hale getirilmesi önerilir.
- Yazılım Maliyetlerinin Düşürülmesi: Küçük ve orta ölçekli firmaların hesaplamalı tasarım araçlarına erişimini kolaylaştırmak amacıyla yazılım lisans maliyetlerinin düşürülmesi veya daha uygun maliyetli çözümler

sunulması önerilir. Bu, piyasa genelinde hesaplamalı tasarım araçlarının kullanımını yaygınlaştıracaktır.

- Uygulama Ekiplerinin Eğitimi: Sahada hesaplamalı tasarım projelerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için uygulama ekiplerinin bu teknolojiler hakkında düzenli eğitim alması gerekmektedir. Ekiplerin yetkinliklerinin artırılması, projelerde hata oranını düşürecek ve hesaplamalı tasarımın uygulamada etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Bu nedenle uygulama ekiplerinin düzenli eğitimlerle desteklenmesi önerilir.
- Uluslararası İş Birliklerinin Artırılması: Hesaplamalı tasarım projelerinde küresel bilgi birikiminin yerel projelere entegre edilebilmesi amacıyla uluslararası iş birliği fırsatlarının artırılması gerekmektedir. Yerel ve küresel iş birliği programları desteklenmeli ve tasarımcıların uluslararası projelerde deneyim kazanması teşvik edilmelidir. Bu bağlamda uluslararası iş birliği programlarının yaygınlaştırılması önerilir.

Gelecek çalışmalara yönelik öneriler:

- Hesaplamalı tasarımın iç mimari projelerindeki maliyet verimliliği üzerindeki etkilerini incelenebilir. Tasarım süreçlerindeki dijitalleşmenin ve hesaplamalı araçların, proje bütçeleri ve zaman yönetimine olan etkileri analiz edilerek, bu teknolojilerin ticari projelerde nasıl daha etkili kullanılabileceği araştırılabilir.
- Üniversitelerde hesaplamalı tasarım eğitiminin öğrencilerin mesleki becerilerini nasıl geliştirdiği ve mezuniyet sonrası iş piyasasındaki etkisi araştırılabilir. Bu bağlamda, hesaplamalı tasarım araçlarının öğrenilmesinin öğrencilerin mesleki yetkinliklerine katkıları incelenebilir.
- Hesaplamalı tasarım araçlarının iç mekânın fonksiyonel düzenlemelerinde nasıl daha etkin kullanılabileceği üzerine odaklanılabilir. İç mimarlık projelerinde mekânsal organizasyon, mobilya yerleşimi, aydınlatma düzenlemeleri gibi fonksiyonel unsurların hesaplamalı tasarım ile optimize edilmesi araştırılabilir.
- Hesaplamalı tasarımın iç mekân estetiği üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar yapılması önerilebilir. Bu çalışmalar, özellikle karmaşık geometrilerin, formların ve malzeme çeşitliliğinin iç mekânda estetik deneyim

üzerindeki rolünü irdeleyebilir. Hesaplamalı tasarımın, mekânın görsel bütünlüğüne katkıları ele alınabilir.

- Hesaplamalı tasarım araçlarının, iç mekân tasarımında kişiselleştirilmiş çözümler üretme potansiyelini inceleyen çalışmalar yapılabilir. Özellikle kullanıcı ihtiyaçlarına göre esnek ve modüler tasarımlar geliştirme, hesaplamalı tasarımın sunduğu esneklikle nasıl daha ileri taşınabileceği üzerine araştırmalar önerilebilir.
- Hesaplamalı tasarımın dijital üretim araçları ile nasıl entegre edildiğini araştıran çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar, dijital üretim teknolojileri ile hesaplamalı tasarım süreçlerinin nasıl optimize edilebileceğini ve bu araçların iç mimarlık projelerinde nasıl kullanılabileceğini ele alabilir. İç mimarlık alanında dijital üretim araçları ve hesaplamalı tasarımın entegrasyonunu inceleyen çalışmalar yapılması önerilebilir.
- Yurt içi ve yurt dışı tasarım ofislerinin iç mimari projelerinde hesaplamalı tasarım araçlarını nasıl kullandıkları ayrı ayrı ele alınarak karşılaştırmalı bir analiz yapılabilir. Yurt içi projelerde kullanılan hesaplamalı tasarım yöntemleri, teknolojik altyapı, eğitim seviyeleri ve tasarımcıların bu teknolojilere adaptasyon süreçleri incelenirken; yurt dışında bu araçların gelişmiş teknoloji ve deneyimle nasıl kullanıldığı, farklı kültürel ve sektörel bağlamlarda hangi avantaj ve dezavantajlar sunduğu detaylı bir şekilde ele alınabilir. Bu araştırma, yerel tasarım pratiklerinin uluslararası örneklerle nasıl farklılaştığını ve hangi alanlarda gelişim sağlanabileceğini göstermeye yardımcı olabilir. Yurt içi ve yurt dışı iç mimari hesaplamalı tasarım uygulamalarının karşılaştırmalı olarak ele alınması önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akipek, F.Ö. & Inceoğlu, N. (2007). The Uses of Digital Design and Manufacturing Tehniques in Architectural Design Process, *Megaron*, 2(4): 237-253.
- Anjum, T., Dongre, P., Misbah, F., & Nanyam, V. P. S. N., (2017). *Purview of 3DP in the Indian Built Environment Sector*, *Procedia Eng.*, 196, 228–235.
- Balaguer, C., & Abderrahim, M., (2008). *Trends in Robotics and Automation in Construction*. s.l.:INTECH Open Access Publisher.
- Barnatt, C. (2016). *3D Printing*. Wroclaw, Polonya: ExplainingTheFuture.com.
- Bentley, P., (1999). *An Introduction to Evolutionary Design by Computers In Evolutionary Design by Computers*. Ed. Peter Bentley. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers.
- Breseghello, L. (2014). *Three d printing in Architecture*. Politecnico di Milano, Bachelor Thesis. İtalya.
- Brischetto vd., (2017). Special Issue on Additive Manufacturing Technologies and Applications, *Technologies MDPI*, 5(3), 58.
- Budig, M., Lim, J. & Petrovic, R. (2014). Integrating robotic fabrication in the design process. *Architectural Design*, 84(3), 22-43.
- Canbolat, T., & Aydın, K. (2019). Mobilya Sektörü Özelinde Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım ve Malzeme-Biçim-Üretim Yöntemi Üzerine İlişkisel Düşünme. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (4), 181-192.
- Celani, G. (2012). Digital fabrication laboratories: Pedagogy and impacts on architectural education. *Architectural Research Quarterly*, 16(4), 349-357. <https://doi.org/10.1017/S1359135512000623>
- Crawley, D., Lawrie, L., Winkelmann, F., Buhl, W., Huang, Y., Pedersen, C., Strand, R., Liesen, R., Fisher, D., Witte, M., & Glazer, J., (2001). EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*, 33(4), 319–331.
- Çağlar, B. (2017). *Sayısal Fabrikasyonun Güncel Mimarlık Pratiğine Yansımalarını Mimarlık Ofisleri Üzerinden Okuma Deneyimi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çalışkan, C. İ. & Arpacıoğlu, Ü. (2020). Yapı Üretiminde Eklemeli İmalat Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25 (2) , 1117-1136.
- Çolakoğlu, B. & Yazar, T. (2013). Mimarlık Eğitiminde Algoritma: Stüdyo Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3).

- Çıltık, A. (2008). *Sayısal Tasarım Kavramları ve Algoritmik Düşüncenin Mimari Tasarıma Etkileri*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dörfler, K. vd., (2016). Mobile Robotic Brickwork. In: Reinhardt, D., Saunders, R., Burry, J. (eds) *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2016*.
- Dunn, N. & Ebrary, I. (2012). *Digital fabrication in architecture*. London: Laurence King Publishing.
- Erdem, A. & Özkar, M. (2011). *Computational design thinking in architectural education: A comparison between different educational models*. In Proceedings of the 29th Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe.
- Ergun, E. (2008). *Rethinking The Architectural Design Process Through its Computable Body of Knowledge*. Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, Ankara.
- Feng, C. vd. (2014). *Towards Autonomous Robotic In-Situ Assembly*. ISARC - The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, Sydney.
- Fluent Inc, (2006). *Fluent 6.3 User Guide*.
- Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association.
- Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop -From Personal Computers to Personal Fabrication*. Basic Books.
- Gershenfeld, N. (2012). *How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution?*. Foreign Affairs, 91(6), 43-57.
- Gibson, I., Rosen, D., W., & Stucker, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies*. Springer.
- Gönenç Sorguç, A. & Kruşa Yemişcioğlu, M. (2020). Mimarlıkta Fabrikasyon Teknolojileri ve Endüstri/Mimarlık 4.0. Dosya 45, *Gelecek, Teknoloji ve Mimarlık*.
- Gramazio, F., Kohler, M. & Oesterle, S. (2010). Encoding Material. *Architectural Design*, 80(4), 108-115.
- Hauschild, M. & Karzel, R. (2011). *Digital Processes: Planning, Designing, Production*. Basel/Berlin/Boston: Birkhauser.
- Helm, V., Willmann, J., Gramazio, F. & Kohler, M. (2014). *In-Situ Robotic Fabrication: Advanced Digital Manufacturing Beyond the Laboratory*. In: F. Rohrbein, G. Veiga & C. Natale, eds. *Gearing Up and Accelerating Cross-fertilization between Academic and Industrial Robotics Research in Europe*: s.l.:Springer International Publishing, 63-83.

- Holland, B. (2010). Computational Organicism: Examining Evolutionary Design Strategies in Architecture. *Nexus Network Journal* 12, 12(3), 485–495.
- İşbitiren, İ. (2020). Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım ve Üretim Yaklaşımları: Pavyonlar Üzerine İnceleme. *Tasarım Enformatiği* , 2 (1), 37-46.
- Kartoğlu, G. (2016). Digital Ortamda Mimari Tasarım Kapsam ve Olanakları. Erişim Tarihi: 17.10.2021 Erişim Adresi: https://www.academia.edu/7341001/Seminer_Makale_Hesaplamal%C4%B1_Tasar%C4%B1m
- Kidwell, J. (2017). Best Practices and Applications of 3D Printing in the Construction Industry. *Construction Management*, 79.
- Kolarevic, B. (2001). Digital fabrication: manufacturing architecture in the information age.
- Kolarevic, B. (2000). Digital Morphogenesis and Computational Architectures, 4. Sigradi. 1-6.
- Kolarevic, B., (2003). *Architecture in The Digital Age: Design and Manufacturing*, Spon Press, London, 117-120.
- Kotnik, T. (2006). *Algorithmic Extension of Architecture*. Master Thesis, ETH Zurich.
- Kruth, J.P., Wang, X., Laoui, T. & Froyen, L. (2003). Lasers and materials in selective laser sintering. *Assembly Automation*, 23(4)- 357-371.
- Kruth, J-P. (1991). Material in-process manufacturing by rapid prototyping techniques. *Annals of the CIRP*, 40 (2)-603-614.
- Lojanica, V. & Dragisic, M. (2012). The topological principles in the contemporary architectural design process. *4th International Conference on Computational Methods*. 25 - 28 November 2012. Gold Coast, Australia.
- Lynn, G. (1999). *Animate Form*. New York, Princeton Architectural Press.
- Mathur, R. (2016) 3D Printing in Architecture. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(7), 583.
- Melchels, F.P.W., Feijen, J. & Grijpma, D.W., (2010). A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. *Biomaterials* 31, 6121-6130.
- Mentor Graphics. (2000). FloVENT – Optimizing Data Center Cooling by Simulation.
- Mitchell, W. & McCullough, M. (1995). Prototyping (Ch. 18). *In Digital Design Media*, 2nd ed., 417-440. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Negroponte, N. (1970). *The Architecture Machine*. Cambridge: MIT Press.

- Oberti, I. & Plantamura, F. (2015). Is 3d Printed House Sustainable?. *International Conference on Future Buildings and Districts*, Lausanne, EPFL Solar Energy and Building Physics Laboratory, 173-178.
- Oliveira, G. (2019). *Accuracy and Precision of 3D Printed Dental Models Produced by Different Additive Manufacturing Technologies*. PhD Thesis, University of North Carolina, Chapel Hill.
- Oxman, R. (2008). Digital architecture as a challenge for design pedagogy: Theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*, 29(2), 99-120. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2008.01.001>
- Özgel Felek, S. (2019). Mimari Yapılarda 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3 (3)- 289-296.
- Paoletti, I., (2017). Mass Customization with Additive Manufacturing: New Perspectives for Multi Performative Building Components in Architecture. *Procedia Engineering*, 180-1150-1159.
- Pollock, M., Roderick, Y., McEwan, D. & Wheatley, C. (2009). Building simulation as an assisting tool in designing an energy efficient: A case study. *Integrated Environmental Solutions Limited*, White Paper.
- Raman, M. (2005). *Sustainable design: An American perspective. Performative Architecture – Beyond Instrumentality*. New York & London: Spon Press.
- Rempen, T. (1999). *Frank O. Gehry: der Neue Zollhof Düsseldorf*. Essen, Germany: Bottrop.
- Roberts, A. & Marsh, A. (2005). *ECOTECT: Environmental Prediction in Architectural Education*. Wales: Cardiff University.
- Sevgi, S.,Y. (2013). *İç Mimaride Sayısal Tasarım ve Üretim Teknikleri: Sergileme Elemanı Tasarımı*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Seward, D. W. (2002). Automating the Construction Workplace: Positioning and Navigational. *Construction Innovation*, 2(3), 167-189.
- Shi, X. (2010). Performance-based and performance-driven architectural design and optimization. *Front. Archit. Civ. Eng.* 4, 512–518.
- Slessor, C. (2000). Digitizing Dusseldorf. *In Architecture*. 89(9): 118-125.
- Sönmez, V., G. & Alacapınar, F. (2011). *Örneklendirilmiş Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Anı Yayıncılık, Ankara.
- Stenio, N. (2010). Parametric Thinking in Urban Design: A Geometric Approach. CAAD, Cities, Sustainability: *Proceedings for the 5th International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD)*, 261-270, Morocco.

- Şahin, K., & Turan, B., O. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2),97-116.
- Tepavčević, B., Šijakov, M., & Štulić, R. (2012). Animation tools in architectural design and education. *Pollack Periodica*. 7:157-162.
- Tepavčević, B. (2017). Design thinking models for architectural education. *The Journal of Public Space*, 2(3): 67–72. DOI: 10.5204/jps.v2i3.115.
- Trisnawan, D. (2018). Ecotect Design Simulation on Existing Building to Enhance its Energy Efficiency. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 105: 1-5. DOI: 10.1088/1755-1315/105/1/012117.
- URL-1. (2021, Ekim 20). BMW Blob: www.bollinger-grohmann.com/en/projects/bmw-bubble.html adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2022, Mart 28). Animasyon: www.tr.wikipedia.org/wiki/Animasyon adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2022, Mart 28). Authority Otobüs Terminali: <http://glform.com/buildings/port-authority-triple-bridge-gateway-competition/> adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2022, Mart 29). Metamorfik: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2022, Mart 29). Peter Eisenman. BFL Software Ofisleri: <https://thearchiblog.wordpress.com/tag/peter-eisenman/> adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2022, Mart 31). Achim Menges. MDE 02 AA Strawberry Bar: <http://www.achimmenges.net/?p=4434> adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2022, Nisan 4). Emerging Objects Group, Saltygloo Pavillion: <https://www.dezeen.com/2013/12/12/3d-printed-salt-pavilion-emerging-objects/> adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2022, Nisan 4). SLS Baskı Aydınlatma: <https://arti90.com/portfolio-item/sls-teknolojisi/> adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2022, Nisan 4). DLP Baskı: <https://antinsky.com/pt/products/anycubic-photon-ultra-dlp-resin-3d-printer-102-4-57-6-165mm-high-precision-durability-3d-printing-machine> adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2022, Nisan 4). D-Shape, Radiolaria Pavillion: www.shiro-studio.com/radiolaria.php adresinden alınmıştır.
- URL-11. (2022, Nisan 4). D-Shape, Root Chair: <https://d-shape.com/Prodotti/root-chair/> adresinden alınmıştır.
- URL-12. (2022, Nisan 4). Contour Crafting: <https://3dprinting.com/news/contour-crafting-expected-to-be-used-to-build-homes-by-2018/> adresinden alınmıştır.

- URL-13. (2022, Nisan 4). Güney Kaliforniya Üniversitesi Contour Crafting kullanılarak
yerinde dökülmüş beton duvar:
https://www.architectmagazine.com/technology/products/3d-printed-buildings-are-coming-soon-to-a-planet-near-you_o adresinden alınmıştır.
- URL-14. (2022, Nisan 6). Belzberg Mimarlık, Mexico City, Ofis Binası, Karbon Çelik
Kabuk: <http://mimdap.org/2019/03/profyl/224965/> adresinden alınmıştır.
- URL-15. (2022, Nisan 8). Zollhof Kuleleri:
<https://carminevolpe.wordpress.com/2016/02/24/neuer-zollhof-und-rheinturm/>
adresinden alınmıştır.
- URL-16. (2022, Nisan 10). Biçimlendirici Üretim Teknikleri:
<https://meltcollective.com/project/tool-library/formative-fabrication/#:~:text=Forming%20processes%20make%20use%20of,or%20subtract ed%20in%20this%20process> adresinden alınmıştır.
- URL-17. (2022, Nisan 14). Robot ve Yapay Zekâ Müzesi:
<https://www.melikealtinisik.com/2-index/3290-seoul-robot-ai-museum/> adresinden
alınmıştır.
- Uygan, O. (2016). Heykel Sanatında Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Kullanımı. Anadolu
Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Vikipedi. (2021). Topoloji. Erişim Tarihi: 26.09.2021 Erişim Adresi:
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Topoloji>
- Vikipedi. (2021a). İzomorfî. Erişim Tarihi: 28.09.2021 Erişim Adresi:
<https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0zomorfizma>
- Warnier, C. & Verbruggen, D. (2014). *Printing Things: Visions and Essentials for 3D Printing*. Berlin: Gestalten.
- Weinstein, D.A. & Nawara, P. (2015). Determining the Applicability of 3D Concrete
Construction (Contour Crafting) of Low Income Houses in Select Countries. *Cornell
Real Estate Review*, 13, 11.
- Woodbury, R. (2010). *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge.
- Wu, C., Yi, R., Liu, Y., -J., He Y. & Wang, C., C., L., (2016). Delta DLP 3D printing with
large size. *2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and
Systems (IROS)*, Daejeon, Korea (South), 2155-2160.
- Yetgin, S. (2011). *Sayısal Tasarım Araçları: Tasarım sürecindeki rolleri bağlamında bir
inceleme*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,
İstanbul.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. (6. Baskı).
Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Zaha Hadid Architects. (2012). Galaxy Soho. Erişim Tarihi: 20.10.2021 Erişim Adresi: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/galaxy-soho/>

Zaha Hadid Architects. (2020). OPPO Genel Merkezi. Erişim Tarihi: 20.10.2021 Erişim Adresi: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/oppo-headquarters/>



7. EKLER

Ek 1. Görüşme Soruları

GÖRÜŞME SORULARI

Aşağıda yer alan sorular “Tasarımcının Genel Yaklaşımı ve Kendini Geliştirme Süreci”, “İç Mimarlık Alanı Üzerinde Değerlendirme” ve “Hesaplamalı Tasarımın İç Mimarlık Alanında Tasarım, Üretim ve Uygulama Süreci” konularında ayrı ayrı gruplanmıştır. Her bir alana yönelik bölümlerde yer alan sorulara cevap vermenizi rica ederiz. Şimdiden teşekkür eder, saygılarımızı sunarız.

Demografik Bilgiler

- İsminiz :
Firma İsmi: :
Yaşınız :
Mesleğiniz : ☐ Mimar ☐ İç Mimar ☐ Endüstriyel Tasarımcı
Mesleki Tecrübeniz : yıl
Çalışma Sahanız : ☐ Uluslararası ☐ Ulusal ☐ Karma
Çalışma Alanınız : ☐ Mimari ☐ İç Mimari ☐ Mobilya ☐ Diğer.....
Eğitim Durumunuz : ☐ Lisans ☐ Lisansüstü ☐ Doktora

1.Grup Sorular - Tasarımcının Genel Yaklaşımı ve Kendini Geliştirme Süreci

- 1) Hesaplamalı tasarım düşüncesine genel yaklaşımınız nedir?
- 2) Hesaplamalı tasarımlar yapmaya nasıl başladınız?
- 3) Lisans eğitiminizde hesaplamalı tasarım üzerine dersler aldınız mı?
☐ Evet ☐ Hayır
a) Aldığınız dersler:.....
- 4) Hesaplamalı tasarım konusunda herhangi bir kursa ya da eğitime katıldınız mı?
☐ Evet ☐ Hayır
a) Katıldığınız eğitimler:.....
- 5) Hesaplamalı tasarımda kullandığınız yöntemler nelerdir?
☐ Parametrik Tasarım ☐ Animasyona Dayalı Tasarım
☐ İzomorfik Tasarım ☐ Performansa Dayalı Tasarım
☐ Metamorfik Tasarım ☐ Evrimsel Sistemlere Dayalı Tasarım
☐ Diğer:.....
- 6) Hesaplamalı tasarımda kullandığınız araçlar nelerdir?
☐ Birleştirici Yöntemle Çalışan Araçlar ☐ Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar

Ek-1'in devamı

- ☐ Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar ☐ Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar
☐ Robotlar ☐ 3 Boyutlu Yazıcılar
☐ Diğer:.....

- 7) Aşağıda yer alan tablo üzerinde hesaplamalı tasarımlarınızda kullandığınız yöntemlere bağlı olarak tercih ettiğiniz araçlar hangisi/hangileri olduğunu lütfen işaretleyiniz.

Yöntemler	Hesaplamalı Tasarım Araçları					
	Birleştirici Yöntemle Çalışan Araçlar	Çıkarmalı Yöntemle Çalışan Araçlar	Eklemeli Yöntemle Çalışan Araçlar	Biçimlendirici Yöntemle Çalışan Araçlar	Robotlar	3 Boyutlu Yazıcılar
Parametrik Tasarım						
İzomorfik Tasarım						
Metamorfik Tasarım						
Animasyona Dayalı Tasarım						
Performansa Dayalı Tasarım						
Evrimsel Sistemlere Dayalı Tasarım						

- 8) Kullandığınız bu araçları kendiniz mi ediniyorsunuz yoksa firmalardan kiralarak mı kullanıyorsunuz? Nedenini açıkla mısınız?
- 9) Hesaplamalı tasarımda konusunda hazır olan programları mı kullanıyorsunuz yoksa kendiniz başka bir program mı geliştiriyorsunuz?
- ☐ Hazır Programlar
☐ Yazılımı firmamıza ait programları kullanıyoruz.
☐ Her ikisi

- 10) Hesaplamalı tasarımda kullandığınız bu programlar nelerdir?

- 11) Hesaplamalı tasarım projelerini en fazla uyguladığınız ilk 5 yapı tipini sıralar mısınız?

1. Konut Yapıları	2. Restoran/ Bar / Kafe Yapıları	3. Ofis Yapıları	4. Kültür Yapıları
5. Eğitim Yapıları	6. Hastane Yapıları	7. Ticari Yapılar	8. Oteller
9. Spor Yapıları	10. Kompleks/Karma Yapılar	11. Dini Yapılar	

Sıralama:

- 12) Aşağıda yer alan tablo üzerinde hesaplamalı tasarım yaptığınız proje tipini ve bu proje tipinde hesaplamalı tasarımın hangi alanda/alanlarda (yapı kütlesi, iç mekân, cephe, mobilya, aksesuar) bulunduğunu lütfen işaretleyiniz.

Yapı işlevi	Tasarım Alanı				
	Yapı Kütlesi	İç Mekân	Cephe	Mobilya	Aksesuar
Dini Yapılar					
Eğitim Yapıları					
Hastane Yapıları					

Ek-1'in devamı

Kompleks/Karma Yapılar					
Konut					
Kültür Yapıları					
Oteller					
Restoran / Bar / Kafe Yapıları					
Spor Yapıları					
Ticari/Ofis Yapıları					

2.Grup Sorular - İç Mimarlık Alanı Üzerinde Değerlendirme

- 13) Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanındaki yeri ve önemi sizce nedir?
- 14) İç mimarlık alanında kullanılan hesaplamalı tasarımın tasarıma kattığı avantaj ve dezavantajları sizce nelerdir?
- 15) Hesaplamalı tasarımın iç mimarlık alanında daha fazla gelişmesi için sizce neler yapılmalıdır?

3.Grup Sorular - Hesaplamalı Tasarımın İç Mimarlık Alanında Tasarım, Üretim ve Uygulama Süreci

- 16) İç mekân projelerinde hesaplamalı tasarım kararını neye göre alıyorsunuz? Belirleyici etmenler nelerdir?
- 17) Hesaplamalı tasarım projelerinde tasarım sürecini nasıl yürütüyorsunuz?
- 18) Hesaplamalı tasarım projelerinin üretim ve uygulama süreci hakkında bilgi verir misiniz?
- 19) Tasarım, üretim ve uygulama sürecinde karşılaştığınız problemler nelerdir?

ÖZGEÇMİŞ

2014 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Bölümünden 2018 yılında mezun oldu. 2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2023 yılında İskenderun Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Hâlâ aynı kurumda akademik çalışmalarını sürdürmektedir.

Akademik Çalışmalar:

Bahar, Z. & Tavşan, F. (2024). *Sustainability Approach in 3D Printed Urban Furniture*. Atabeyoğlu, Ö. & Metin, A.E. (Eds.). *The Past, Present and Future of Urban Design in Architectural Sciences*. 2024, Chapter:1, 1-28. ISBN: 978-625-367-857-9. Iksad Publications. DOI: 10.5281/zenodo.13876864.

Tavşan, F. & Bahar, Z. (2023). Examination of Child-Friendly Restaurants on The Scale of Child Needs. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, (27), 1-27. <https://doi.org/10.16950/iujad.1125301>

Tavşan, F., Bahar, Z. & Tavşan, C. (2022). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yağmur Suyu Toplama Sistemli Pavilyonlar. *Kent Akademisi*, 15(2), 896-915. <https://doi.org/10.35674/kent.936162>

Bahar, Z. & Yalçinkaya, Ş. (2021). Bir Tasarım Ögesi Olarak Gün Işığı: Jean Nouvel. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 1724-1738. <https://doi.org/10.29130/dubited.894120>

Bahar, Z. & Kurak Açıcı, F. (2021). Tarihi Yapıların Yeniden İşlevlendirilmesi: Kayseri Lisesi. *Artium*, 9(2), 68-78. <https://doi.org/10.51664/artium.880347>

Tavşan, F., Tavşan, C. & Bahar, Z. (2021). LEED Platinum Sertifikalı İlk Ve Ortaöğretim Eğitim Yapılarında Sürdürülebilirlik: Amerika Birleşik Devletleri Örneği, *The Journal of Academic Social Science*, 119, 89–112, Aug. 2021.

Aydıntan E., Karadeniz İ., Niyet Hayal C., Çınar A. & Bahar Z. (2019). Aydınlatma Armatürü Tasarımı Üzerine Bir Farkındalık Çalışması, 2. *Uluslararası19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi*, Samsun, Türkiye, 27 - 29 Aralık 2019, ss.286-304.