

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIMI ETKİLEŞİMİNİN
3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA UZMAN GÖRÜŞÜ
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sühan ARTUĞ

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

TEMMUZ 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIMI ETKİLEŞİMİNİN
3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA UZMAN GÖRÜŞÜ
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sühan ARTUĞ
(502171517)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi M. Cem ALTUN

TEMMUZ 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502171517 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sühan ARTUĞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIMI ETKİLEŞİMİNİN 3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA UZMAN GÖRÜŞÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi M. Cem ALTUN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. İkbâl ÇETİNER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Aslıhan ÜNLÜ
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 16 Temmuz 2020





Sağlıklı günlerimize,



ÖNSÖZ

Çalışmamda benimle beraber yol alan;

Çalışma disiplini, sabrı ve özverisiyle; lisans, yüksek lisans ve henüz çok başında olduğum akademi sürecimde örnek aldığım, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım M.Cem ALTUN'a,

Hayatımın her anında ve özellikle de tez sürecimde benim için yaşamımı kolaylaştıran, ayıramadığım vakitleri anlayışla karşılayan, desteklerini her daim yanı başımda hissettiğim annem Sevgi ARTUĞ, babam Bekir ARTUĞ, ablam Nihan ARTUĞ ve kardeşim Süeda ARTUĞ'a,

Birlikte aynı mesleği icra etmekten, üretmekten, paylaşmaktan, aynı yol üzere yan yana yürümekten büyük keyif aldığım ve tezimi baştan sona okuyarak kıymetli fikirleriyle katkıda bulunan sevgili dostum Elif KESER'e,

Gördüğüm her yerde tezimin o an üzerinde çalıştığım bir kısmını mutlaka anlattığım, motivasyonum azaldığında kaldığım yerden hevesle devam etmeme yardımcı olan tüm geniş aileme... İçimdeki mimarlık heyecanını canlı tutan, yedi senedir türlü telaşlarla koridorlarında dolaşmaktan çokça keyif aldığım Taşkıyla'ya... Tüm katmanlarıyla sakinlerinin zihinlerinde ufuklar açan İstanbul'a... Bir "iyi"yi yeşertmek ve dünyayı güzelleştirmek uğruna çabalayan herkese,

Teşekkürlerini sunarım.

*

Delfi çalışmasında uzman olarak görüşlerine başvurduğum, kıymetli vakitlerini benimle paylaşan; Prof. Dr. Özlem Eren, Prof. Dr. Hülya Kuş, Prof. Dr. Ayşin Sev, Prof. Dr. Ayşe Nil Türkeri, Prof. Dr. Aslıhan Ünlü, Doç. Dr. Emrah Acar, Doç. Dr. Erkan Ayılar, Doç. Dr. İkbâl Çetiner, Doç. Dr. Ecem Edis, Doç. Dr. İlkay Koman, Doç. Dr. Fatih Yazıcıoğlu, Dr. Öğr. Üyesi Berrin Şahin Diri, Dr. Öğr. Üyesi Volkan Gür, Dr. Öğr. Üyesi Ezgi Korkmaz, Dr. Öğr. Üyesi Seher Güzelçoban Mayuk, Araş. Gör. Dr. Caner Göçer, Araş. Gör. Bahar Başarır, Araş. Gör. Meriç Altıntaş Kaptan, Araş. Gör. Mine Koyaz | Özen Aksu Akın, Melike Altınışık (MAA), Özge Sarı Arslan, Cavidan Bayraktar (Latek Construction), Cafer Bozkurt (CBA), Mutlu Çilingiroğlu (MCM), Şafak Delice (Ulaş Mimarlık), Kağan Erk (Metex Design), Ersen Gürsel (EPA Mimarlık), Canan Hacıoğlu (Zoom / TPU), Cem İlhan (TeCe Mimarlık), S.Arda Karaatlı (Kâat Mimarlık), Melike Zeynep Atay Kızıldaş (NITA Mimarlık), Gamze Kumru, M.Talha Öksüzoğlu (Emine Öğün & Mehmet Öğün Mimarlık), Nevzat Sayın (NSMH), Hakika Sezgin, Kübra Yanık Sezgin, Ayşegül Taşkın'a çok teşekkürler.

Bu çalışma, İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından Yüksek Lisans Tez Projesi kapsamında desteklenmiştir (Proje kodu: MYL-2018-41929).

Temmuz 2020

Sühan Artuğ
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	5
1.2 Kapsam.....	6
1.3 Yöntem.....	7
2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	11
2.1 Literatür Taraması ve Analizi.....	11
2.2 Delfi Yöntemi ile Gelecek Öngörülleri	17
2.2.1 Öngörü yöntemleri literatür taraması ve analizi	17
2.2.2 Öngörü yöntemi olarak Delfi yönteminin seçilmesi	23
2.2.3 Delfi yöntemi	26
2.2.4 Bu çalışmada kullanılan Delfi yöntemi.....	28
2.3 Tasarım Yoluyla Araştırma Yöntemi ile Tasarım Senaryosu Geliştirme	35
2.4 3B Baskı ile Detay Prototipi Üretimi	36
3. MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ VE MİMARİ YAPIMA YÖNELİK AYRINTIDA TASARIM	41
3.1 Mimari Yapım Teknolojileri	41
3.2 Mimari Yapıma Yönelik Ayrıntıda Tasarım	48
3.2.1 Tipik bölge detay tasarım yöntemleri	52
3.2.2 Birleşim bölge detay tasarım yöntemleri	55
3.2.3 Hem tipik hem birleşim bölge detay tasarımına yönelik yöntemler	56
3.2.4 Türkiye’de mimarlık ortamındaki uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım yöntemleri	58
3.3 Tasarım - Yapım Etkileşimi	61
3.3.1 Yapım teknolojilerinin tasarıma etkisi	62
3.3.2 Tasarımın yapım sürecine etkisi	68
3.3.3 Çizimlerde ve şartnamelerde bulunması gereken bilgilerin meslek kuruluşları tarafından tanımları ve standartlar	72
4. DİJİTAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ	77
4.1 Dijital Üretimin Tarihsel Gelişim Süreci ve Sınıflandırmaları	79
4.1.1 Naboni & Paoletti’nin dijital üretim sınıflandırması	79
4.1.2 Hauschild, Karzel, Hellstern, Kollmann & Schönbrunner’in dijital üretim sınıflandırması.....	80
4.1.3 Redwood, Schöffner & Garret’in dijital üretim sınıflandırması	81

4.1.4 Kolarević'in dijital üretim sınıflandırması	82
4.1.5 Dijital üretim sınıflandırmalarının derlenmesi	83
4.2 Eklemeli Dijital Üretim - 3B Baskı Teknolojisi	86
4.2.1 3B baskı tanımı ve tarihsel gelişim süreci	86
4.2.2 3B baskı sınıflandırmaları	91
4.2.2.1 Redwood, Schöffer & Garret'in 3B baskı sınıflandırması	91
4.2.2.2 Kocovic'in 3B baskı sınıflandırması	91
4.2.2.3 Gebhart & Hötter'in 3B baskı sınıflandırması	91
4.2.2.4 Gibson, Rosen & Stucker'ın 3B baskı sınıflandırması	94
4.2.2.5 3B baskı sınıflandırmalarının derlenmesi	95
4.2.3 3B baskı seçim ağacı	103
4.2.4 3B baskı iş akış analizi	104
4.2.5 3B baskı için tasarım	104
4.2.6 Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı	105
4.2.6.1 Mimari 3B yazıcı çeşitleri	106
4.2.6.2 Avantajlar ve geliştirilmesi gereken alanlar	109
4.2.6.3 Mimari 3B baskının örnekler üzerinden incelenmesi	111
5. MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIM	
ETKİLEŞİMİNİN 3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA DELFİ	
UZMAN GÖRÜŞÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ	117
5.1 Yapım Teknolojileri Analizi Ölçüt Takımı	117
5.2 Delfi Çalışmasının Sonuçlarını Uygulamak Üzere Örnek Detay Seçimi	123
5.2.1 Birleşim bölge detay kombinasyonlarının oluşturulması	124
5.2.2 3B baskı için yeniden tasarlanacak detayın seçimi	125
5.3 Delfi Uzman Görüşü Yönteminin Uygulanması	125
5.3.1 Odak grup çalışması	126
5.3.2 Delfi yöntemi için öngörülecek uzmanlar	126
5.3.3 Uzmanlara konu ile ilgili verilen ön bilgiler ve yöneltilen sorular	129
5.3.4 Delfi çalışması birinci tur - uzmanlarla ilk görüşme	134
5.3.5 Delfi çalışması birinci tur cevapları ve analizi	135
5.3.6 Delfi çalışması ikinci tur cevapları ve analizi	148
5.4 Delfi Çalışmasının Sonucu ve Değerlendirilmesi	156
5.5 Delfi Çalışması Sonuçlarına Göre Yapımda 3B Baskı Teknolojisi Kullanımının	
Mimari Yapıma Yönelik Ayrıntıda Tasarım Süreçlerine Olası Etkileri	174
5.5.1 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının tipik bölge detay tasarım	
yöntemlerine olası etkileri	174
5.5.2 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının birleşim bölge detay tasarım	
yöntemlerine olası etkileri	176
5.5.3 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının hem tipik hem birleşim bölge	
detay tasarımına yönelik yöntemlerine olası etkileri	176
5.5.4 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının Türkiye'de mimarlık	
ortamında uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım yöntemlerine olası etkileri .	177
6. DELFİ ÇALIŞMA SONUÇLARI DOĞRULTUSUNDA BİR BİRLEŞİM	
BÖLGESİ DETAYININ YENİDEN TASARLANMASI VE 3B BASKI	
PROTOTİP ÜRETİMİ	179
6.1 Mevcut Detayın 3B Baskı Teknolojisi için Yeniden Tasarlanması	186
6.2 Detay Prototipinin 3B Baskı Teknolojisi ile Basılması	192
6.2.1 Tasarımın prototip baskıya hazır hale getirilmesi	193
6.2.2 3B prototip baskı süreci	196
6.2.3 3B baskı için tasarımın ve üretimin değerlendirilmesi	202

7. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	205
KAYNAKLAR	211
EKLER.....	219
ÖZGEÇMİŞ.....	341





KISALTMALAR

3B	: Üç Boyutlu
3DP	: 3 Dimensional Printing
3DFP	: 3 Dimensional Foam Printing
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BAP	: Bilimsel Araştırma Projesi
BIM	: Building Information Modelling
C-Fab	: Cellular Fabrication
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CC	: Contour Crafting
CIAM	: Congres Internationaux d'Architecture Moderne
CNC	: Computer Numerical Control
CP	: Concrete Printing
DfAM	: Design for Additive Manufacturing
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DS	: D-Shape
DT	: Delphi Technique
EBM	: Electron Beam Melting
ESA	: European Space Agency
EThOS	: E-thesis Online Service
E-posta	: Elektronik posta
FDM	: Fused Deposition Modelling
FEF	: Freeze-form Extrusion Fabrication
FG	: Focus Group
IAAC	: Institute for Advanced Architecture of Catalonia
INNOWIZ	: Innovation Wizard
ISO	: International Organization for Standardization
İSMD	: İstanbul Serbest Mimarlar Derneği
LLM	: Layer Laminate Manufacturing
LMD	: Laser Metal Deposition

LOM	: Laminated Object Manufacture
M	: Metre
Mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
MJ	: Material Jetting
MJM	: Multi-jet Modelling
NARCIS	: National Academic Research and Collaborations Information System
NGT	: Nominal Group Technique
PLA	: Polilaktik asit
PUR	: Polyurethane Foam
PVA	: Polivinil alkol
RIBA	: The Royal Institute of British Architects
SLA	: Stereolithograpy
SLM	: Selective Laser Melting
SLS	: Selective Laser Sintering
SMS	: Selective Mask Sintering
TG	: Tasarım Girdisi
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
Tübitak	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YL	: Yüksek Lisans
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurumu
Yy	: Yüzyıl

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Dijital üretim sınıflandırması (Naboni ve Paoletti, 2015).....	80
Çizelge 4.2: Dijital üretim sınıflandırması (Hauschild ve diğ., 2011).....	81
Çizelge 4.3: Dijital üretim sınıflandırması (Kolarevic, 2003).....	83
Çizelge 4.4: Çıkarmalı dijital üretimler	84
Çizelge 4.5: Şekillendirmeli dijital üretimler	85
Çizelge 4.6: Birleştirmeli dijital üretimler.....	86
Çizelge 4.7: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Malzeme Ekstrüzyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017)	96
Çizelge 4.8: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Tekne Polimerizasyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017)	97
Çizelge 4.9: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Toz Odacığı Füzyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017)	98
Çizelge 4.10: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Malzeme Püskürtme (Gibson ve diğ., 2015; Redwood ve diğ., 2017)	99
Çizelge 4.11: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Bağlayıcı Püskürtme (Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017)	100
Çizelge 4.12: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi –Yönlendirilmiş Enerji Birikimi (Gibson, 2015; Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017)	101
Çizelge 4.13: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Katman Laminasyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017)	102
Çizelge 4.14: Bina üretim endüstrisinde potansiyel 3B baskı kullanımı (Woensel ve diğ., 2018)	107
Çizelge 4.14 (devam): Bina üretim endüstrisinde potansiyel 3B baskı kullanımı (Woensel ve diğ., 2018)	108
Çizelge 4.15: Mimari 3B baskı örnekleri – Bina ölçeği	113
Çizelge 4.15 (devam): Mimari 3B baskı örnekleri – Bina ölçeği	114
Çizelge 4.16: Mimari 3B baskı örnekleri – Bina bileşen ölçeği.....	115
Çizelge 5.1: Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.....	118
Çizelge 5.1 (devam): Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.....	119
Çizelge 5.1 (devam): Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.....	120
Çizelge 5.2: Delfi çalışmasına katılan uzmanlar	127
Çizelge 5.2 (devam): Delfi çalışmasına katılan uzmanlar	128
Çizelge 5.3: Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.....	132
Çizelge 5.3 (devam): Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.....	133
Çizelge 5.3 (devam): Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.....	134
Çizelge 5.4: Delfi çalışmasında birinci tur görüşmelerindeki bir uzman cevabının deşifre örneği.....	135
Çizelge 5.5: Uzmanların birinci turda 1. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi...	136
Çizelge 5.6: Uzmanların birinci turda 2. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi...	137

Çizelge 5.7: Uzmanların birinci turda 3. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi...	137
Çizelge 5.8: Uzmanların birinci turda 4. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi...	138
Çizelge 5.9: Uzmanların birinci turda 5. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi...	138
Çizelge 5.10: Uzmanların birinci turda 6. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.	139
Çizelge 5.11: Uzmanların birinci turda 7. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.	139
Çizelge 5.12: Uzmanların birinci turda 8. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.	140
Çizelge 5.13: Uzmanların birinci turda 9. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.	140
Çizelge 5.14: Uzmanların birinci turda 10. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	141
Çizelge 5.15: Uzmanların birinci turda 11. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	141
Çizelge 5.16: Uzmanların birinci turda 12. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	142
Çizelge 5.17: Uzmanların birinci turda 13. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	142
Çizelge 5.18: Uzmanların birinci turda 14. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	143
Çizelge 5.19: Uzmanların birinci turda 15. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	143
Çizelge 5.20: Uzmanların birinci turda 16. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	144
Çizelge 5.21: Uzmanların birinci turda 17. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	144
Çizelge 5.22: Uzmanların birinci turda 18. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	145
Çizelge 5.23: Uzmanların birinci turda 19. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	145
Çizelge 5.24: Uzmanların birinci turda 20. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	146
Çizelge 5.25: Uzmanların birinci turda 21. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi	146
Çizelge 5.26: İkinci turda 1. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	149
Çizelge 5.27: İkinci turda 2. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	149
Çizelge 5.28: İkinci turda 3. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	150
Çizelge 5.29: İkinci turda 4. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	150
Çizelge 5.30: İkinci turda 5. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	151
Çizelge 5.31: İkinci turda 7. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	151
Çizelge 5.32: İkinci turda 9. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	152
Çizelge 5.33: İkinci turda 10. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	152
Çizelge 5.34: İkinci turda 11. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	153
Çizelge 5.35: İkinci turda 12. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	153
Çizelge 5.36: İkinci turda 13. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	154
Çizelge 5.37: İkinci turda 14. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	154
Çizelge 5.38: İkinci turda 16. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	155
Çizelge 5.39: İkinci turda 20. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	155
Çizelge 5.40: İkinci turda 21. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar	156
Çizelge 6.1: Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.....	180
Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi	181
Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi	182
Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi	183

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi	184
Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi	185
Çizelge 6.2: Katmanların yoğunluk ve doku ayarları	194
Çizelge 6.3: Prototip detay parçalarının boyutu, baskı süresi ve malzeme miktarı	196
Çizelge B.1: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 1 (Url-5, Url-6, Url-7) ..	225
Çizelge B.2: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 2 (Url-8, Url-9)	226
Çizelge B.3: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 3 (Url-10, Url-11)	227
Çizelge B.4: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 4 (Url-12, Url-13)	228
Çizelge B.5: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 5 (Url-14)	229
Çizelge B.6: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 6 (Url-15, Url-16, Url-17)	230
Çizelge B.7: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 7 (Url-18)	231
Çizelge B.8: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 8 (Url-12, Url-19)	232
Çizelge B.9: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 9 (Url-16, Url-17)	233
Çizelge B.10: Mimari 3B baskı örneği–Bina ölçeği–örnek 10 (Url-20, Url-21)	234
Çizelge B.11: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 11 (Url-5)	235
Çizelge B.12: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 12 (Url-22, Url-23)	236
Çizelge B.13: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 13 (Url-9)	237
Çizelge B.14: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 14 (Url-5)	238
Çizelge B.15: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 15 (Url-5)	239
Çizelge B.16: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 16 (Url-24)	240
Çizelge B.17: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 17 (Galjaard, 2015)	241
Çizelge B.18: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 18 (Url-25)	242
Çizelge B.19: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 19 (Url-26, Url-27)	243
Çizelge B.20: Mimari 3B baskı örneği–Bina bileşen ölçeği–örnek 20 (Url-12, Url-19, Url-28)	244
Çizelge C.1: Çatı yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi	245
Çizelge C.2: Dış duvar yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi	246
Çizelge C.3: Döşeme yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi	247
Çizelge C.4: Duvar boşluğu yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi	247
Çizelge D.1: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 1	248
Çizelge D.2: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 2	249
Çizelge D.3: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 3	250
Çizelge D.4: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 4	251
Çizelge D.5: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 5	252
Çizelge D.6: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 6	253



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: 1910 yılından 2000 yılı vizyonu (Caneparo, 2014).....	3
Şekil 1.2: Robotik yapı sisteminin kavramsal tasarımı (Bijl ve diğ., 1986).....	4
Şekil 1.3: Çalışmanın özet akış şeması.....	10
Şekil 2.1: Öngörü yöntemlerinin özellikleri ve ilişkileri (Armstrong, 2001).....	24
Şekil 2.2: Kompozit tahmin çerçevesi: Tahmin yöntemlerinin sistematik olarak düzenlenmesi, özellikleri, gereklilikleri. (Sharma, 2018)	24
Şekil 2.3: Tercihlere göre öngörü çerçevesi (Sharma, 2018)	25
Şekil 2.4: Grup hata oranının gruptaki uzman sayısı ile ilişkisi (Dalkey, 1969).....	29
Şekil 2.5: Üç aşamalı klasik Delfi süreci (Skulmoski ve diğ., 2007)	30
Şekil 2.6: Hibrit Delfi süreci (Landeta, 2011)	30
Şekil 2.7: Bu çalışmada uygulanan Delfi yöntemi akış şeması	31
Şekil 2.8: Bu çalışmada uygulanan yöntemin akış şeması	39
Şekil 4.1: İnşaat 4.0 (Craveiro ve diğ., 2019).....	78
Şekil 4.2: Üretim miktarına göre maliyet değişim grafiği (Redwood ve diğ., 2017)	82
Şekil 4.3: Malzemenin bir araya gelme durumuna bağlı olarak 3B baskının sınıflandırılması (Gebhart & Hötter, 2016).....	93
Şekil 4.4: İşlevsel özelliklere göre 3B yazıcı seçim ağacı (Redwood ve diğ.,2017).....	103
Şekil 4.5: Estetik özelliklere göre 3B yazıcı seçim ağacı (Redwood ve diğ., 2017).....	103
Şekil 4.6: 1997'deki konsept başlangıcından bu yana inşaat uygulamaları için büyük ölçekli 3B baskı üretimindeki artış (Buswell ve diğ., 2018).....	106
Şekil 4.7: 3B baskı kurulum şeması (Craveiro ve diğ., 2019)	106
Şekil 5.1: 3B baskıya uyarlanmak için seçilen birleşim bölge detayı şematik çizimi.....	125
Şekil 5.2: Öngörü çalışmasının amacı	129
Şekil 5.3: 2035 senaryosu – kesit çizimi, teknoloji kurgusu ve prototip fotoğrafı..	131
Şekil 5.4: İkinci turda, 1. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	157
Şekil 5.5: İkinci turda, 2. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	159
Şekil 5.6: İkinci turda, 3. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	160
Şekil 5.7: İkinci turda, 4. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	161
Şekil 5.8: İkinci turda, 5. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	162
Şekil 5.9: İkinci turda, 7. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	163
Şekil 5.10: İkinci turda, 9. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	164

Şekil 5.11: İkinci turda, 10. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	166
Şekil 5.12: İkinci turda, 11. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	167
Şekil 5.13: İkinci turda, 12. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	168
Şekil 5.14: İkinci turda, 13. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	169
Şekil 5.15: İkinci turda, 14. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	170
Şekil 5.16: İkinci turda, 16. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	171
Şekil 5.17: İkinci turda, 20. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	172
Şekil 5.18: İkinci turda, 21. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.....	173
Şekil 6.1: Örnek detay kesit çizimi.....	186
Şekil 6.2: Eskiz ile duvar elemanının ana kararlarının verilmesi	188
Şekil 6.3: 1:Örnek detay modeli ve 2:3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli.....	189
Şekil 6.4: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli görünüşleri	190
Şekil 6.5: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli- yerinde/atölyede basılan parçalar	190
Şekil 6.6: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay - 1/2 ölçekli maket fotoğrafları.....	191
Şekil 6.7: Prototip üretimi için detay modelinin parçalara bölünmesi	193
Şekil 6.8: Prototip parça birleşimleri için geçmelerin tasarlanması	194
Şekil 6.9: Destek elemanlarının belirlenmesi	195
Şekil A.1: H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 – yapı elemanı tasarımı ve malzeme seçimi destek aracı akış şeması (Genç & Altun, 2011).....	220
Şekil A.2: M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer - yapı elemanlarında seçenek üretimi ve değerlendirilmesi aracı akış şeması (Genç & Altun, 2011).....	221
Şekil A.3: M.C. Altun, I. Türkay - 4+9 detay tasarımı destek aracı akış şeması (Altun & Türkay, 2015).....	222
Şekil A.4: Temel model (Emmitt ve diğ., 2004)	223
Şekil A.5: S. Emmitt, J. Olie, P. Schmid - 9+1 adımlı detay tasarım yöntemi akış şeması (Aksu & Altun, 2009).....	223
Şekil A.6: E. Allen - “detay kalıpları” yöntemi akış şeması (Aksu & Altun, 2009).....	223
Şekil A.7: P. Rich, Y. Dean – yapı elemanı tasarımı ilkeleri akış şeması (Aksu & Altun, 2009).....	224
Şekil G.1: 2028 senaryosuna ait 1/1 prototip fotoğrafları	265
Şekil G.2: 2035 senaryosuna ait 1/1 prototip fotoğrafları	265

MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIMI ETKİLEŞİMİNİN 3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA UZMAN GÖRÜŞÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Konu ve bağlam:

“Mimari bir elemanı inşa etmek ve süreci tasarlamak için kullanılan, bilimsel ilkelere dayalı uygulamaların tümü” olarak tanımlanabilen mimari yapım teknolojileri gelişen sanayi ve azalan kaynaklar sonucu oluşan verimlilik arayışıyla, teknolojik gelişmelerden etkilenecek zaman içinde yeniliklere adapte olmaktadır. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak özellikle son 25 yıldır dijital üretim teknolojilerinin mimari yapım teknolojisi olarak kullanıldığı görülmektedir. Sürekli malzeme katmanlarının birbirlerine ilave edilmesiyle gerçekleştirilen eklemeli imalatın kullanıldığı parça üretme eylemi olan 3B baskı teknolojisi de bu dijital üretim teknolojilerinden biridir.

Tasarımcılar zihinlerindeki fikirleri ve fikirlerin fiziksel bir mimari ürüne nasıl dönüşeceğini aktarmak ve yapım aşamasına hazırlamak için tasarım sürecine ihtiyaç duyarlar. Mimari bir yapının “inşa edilebilmesi” için “yapım” rolünü üstlenen kişilere verilmek üzere “detaylandırıldığı” süreçler “mimari yapıya yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri” olarak tanımlanmıştır. Tasarım süreçlerinde yapım teknolojileri göz önünde bulundurulduğu gibi, yapım teknolojilerinin gelişme yönünü belirleyen etkenlerden biri de tasarım süreçlerindeki eylemlerdir. Bu karşılıklı etki mimari tasarım-yapım etkileşimi olarak ortaya çıkmaktadır. Böylece, tasarım süreçleri de yapım teknolojilerinin değişimiyle ilişkili olarak farklılıklar göstermektedir.

Günümüzde hızla gelişen ve dönüşen teknoloji alanında, “ileriye yönelik tahmin (öngörü)”de bulunabilmek, bu gelişmenin sorunsuzca ilerleyebilmesi için gerekli alt yapıyı hazırlama ve teknoloji stratejilerini belirlemede etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Öngörüler hem mevcut teknolojilerin kullanımındaki değişimlere hem de uzun vadede ortaya çıkacak yeni teknolojilere yönelik olabilir. Bir grup bireyin bir bütün olarak karmaşık bir problemle başa çıkmasına olanak sağlayan “Delfi (Delphi)” yöntemi, teknoloji öngörüsünde bulunmak için kullanılan yöntemlerden biridir. Kısaca, bir uzman grubuna yöneltilen sorular ve soruların cevaplarının geri bildirimiyle beraber tekrar yöneltildiği, birbirini takip eden turlardan oluşmaktadır. Böylelikle sonucunda teknolojinin gelişme yönü ya da bu gelişmenin etkileri hakkında öngörüler elde edilir.

Araştırma sorusu, amaç ve kapsam:

Bu çalışma yukarıda aktarılan konular çerçevesinde, “Yakın gelecekte, mimari yapım teknolojisi olarak yeni gelişen 3B baskı teknolojisi yaygın olarak kullanıldığında, yapıya yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkisi ne olur?” sorusuna cevap aramaktadır. Araştırma sorusu doğrultusunda çalışmanın genel amacı, “yapım – tasarım” etkileşimi bağlamında, mimari yapım teknolojisindeki değişimin tasarım sürecine etkisinin saptanmasıdır. Çalışmanın odaklandığı nokta ise; mimari yapım teknolojisi olarak 3B

baskı kullanımının, mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine olan etkisi ile ilgili öngörü geliştirmektir. Çalışmanın alt yapısını oluşturacak kuramsal çerçevenin kapsamı; mimari yapım teknolojileri (21. yüzyılın ilk çeyreğine kadarki mimari yapım teknolojileri ve dijital mimari yapım teknolojileri – 3B baskı), mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri ve mimari yapım-tasarım etkileşimidir. Çalışmanın ana bölümünde ise mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımının mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkilerinin bir birleşim bölge detayının üzerinden belirlenmesi için, farklı deneyim düzeylerine sahip olan akademisyen ve sektörde detay tasarımı üzerine çalışan mimarlar ile Aralık 2019 – Mart 2020 arasında, görüşmeler yapılmıştır. Bu alan çalışması ile ilgili kapsam sınırlamaları; İstanbul’daki dördü devlet ve ikisi özel olmak üzere toplam 6 farklı üniversitede yapı bilgisi ana bilim dalında görev yapan, +30 ile +2 yıl aralığında deneyime sahip akademisyenler ve İstanbul’da gerçekleşen projelerde aktif olarak detay tasarlayan/tasarlamış, +50 ile +2 yıl aralığında deneyime sahip sektörde çalışan mimarlar olarak belirlenmiştir.

Yöntem:

Bu amaç doğrultusunda, çalışmada kullanılan yöntemlerin ilki, “literatür taraması, analizi ve derlemesi”dir. Çizilen kapsam çerçevesinde; mimari yapım teknolojileri, mimari yapıma yönelik ayrıntıda detay tasarımı, mimari tasarım-yapım etkileşimi, yapım teknolojileri analiz ve karşılaştırma ölçütleri ve birleşim bölge detayları konularında literatür taraması ve analizi yapılmış, ulaşılan bilgiler yine kaynaklardan yararlanılarak oluşturulan başlıklar belirlenerek derlenmiştir. Devamında, bir öngörü yöntemi olan “Delfi – Uzman görüşü yöntemi” kullanılmıştır. Bu yöntemle, uzmanlara, mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine olan etkilerinin neler olacağıyla ilgili sorular yöneltilmiş ve birbirini takip eden iki tur ile görüşlerine başvurulmuştur. Son olarak Delfi çalışmasında elde edilen sonuçlar, “Tasarım yoluyla araştırma” ve “Protip üretimi” yöntemleri izlenerek bir birleşim bölge detayı üzerinde uygulanmıştır.

Araştırma sonuçları ve etkisi:

3B baskı teknolojisi mimari yapım teknolojisi olarak kullanıldığında tasarım sürecine olan etkileri ile ilgili Delfi çalışmasında elde edilen başlıca sonuçlar: Yerinde – ön üretimli yapım arasında kalite kontrol kolaylığı açısından günümüzde var olan fark oldukça azalacaktır; birleşim ve ek elemanları neredeyse ortadan kalkacak ve günümüze kıyasla detaylar “sadeleşecektir”; tasarım sınırlarını belirleyen en büyük etken 3B yazıcı ve kullanılan malzemelerin özellikleri olacaktır; 3B baskı teknolojisi ile birden fazla işlevi karşılayan karmaşık malzeme arayışı artacak ve malzeme araştırmalarını bu yönde teşvik edecektir; iklim ve çevre verilerine yönelik tasarım, yapım ve tasarım ile ilgili süreç tasarımı gerekliliği, tasarım aracı olarak maket yapımı, kullanılan üretim teknolojilerinden bağımsız olarak her zaman varlığını sürdürecektir; Tasarımcı ve kontrolör olarak “Mimar” rolünün korunması fakat tüm tasarım ve üretim sürecine hakim bir “tek akıl (yapay zeka)”nın olması beklenmektedir.

Bu çalışmayla, 3B baskı teknolojisinin bina teknolojisi olarak gelecek kullanımı yapım-tasarım etkileşimi üzerinden incelenmiş, uzmanlar tarafından teknolojinin olası etkin gelişim yönleri öngörülmüştür. Bu öngörülerin yeni tasarım alt süreçlerine dönüştürülmesi ve bir örnek üzerinde uygulanması ile çalışma sonuçlarının uygulanabilirliği ortaya konmuştur. Mimarlık ofisleri için, gelişen teknolojilere adaptasyon sağlarken yürüttükleri tasarım süreçlerine yönelik olarak değişiklik gösterebilecek durumlar ve kriterlerle ilgili veriler ve kolaylaştırıcı bilgiler sunulmuştur. 3B baskı teknolojisinin avantajlarının ve hâlihazırda yürütülen

Çalışmaların sunulması ile inşaat sektörünün bu konudaki çalışmalara yönlenmesi teşvik edilmiştir. Özellikle Türkiye’deki araştırma gruplarının ve sektörel paydaşların, son on yıldır uluslararası düzeyde yürütülen çalışmalara bir takım halinde dahil olmasının önemi belirtilerek, gelecekteki mimarlık teknolojisi eğitimine ve 3B baskının mimarlık alanında kullanımıyla ilgili yapılacak araştırmalara çeşitli veriler oluşturulmuştur.

Tezin kurgusu:

Birinci bölüm; konunun tanıtıldığı ve kavramların açıklandığı giriş ile başlamakta, alt amaçlarla beraber çalışmanın asıl amacı, bölümler ile ilgili ayrı ayrı kapsam ve sınırlamalar ve zet akış şemasıyla beraber yönteminin tarif edilmesiyle tamamlanmaktadır.

İkinci bölümde çalışmanın yöntemi, ilgili konu başlıkları altında ayrıntılı olarak sunulmuştur. Tezin, grafiksel bir anlatım ile kolay takip edilebilmesi için hazırlanan akış şeması bölüm sonunda bulunmaktadır.

nc bölümde literatürden yararlanılarak, mimari yapım teknolojileri, mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarımın ve tasarım-yapım süreçlerinin etkileşimi irdelenip ulaşılan bilgiler derlenmiştir. Böylelikle, çalışmanın kapsadığı konular ile ilgili genel bir bakış sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, dijital üretim teknolojileri anlatılmaktadır. Dijital retim teknolojilerinin; çıkarmalı, şekillendirmeli, birleştirmeli ve eklemeli olarak sınıflandırıldığı bölümün devamında, bir eklemeli üretim olan ve bu çalışmadaki tasarım-yapım etkileşiminin ele alındığı bağlam olan 3B baskı teknolojilerine odaklanılmıştır. 3B baskı uygulanmış örnekler ele alınarak teknolojinin günümüzde geldiği nokta, mimari alandaki kapasitesi ve sınırları sunulmuştur.

Beşinci bölüm Delfi yönteminin uygulaması ve sonuçlarını içermektedir. Bu yöntemde sırasıyla; uzman olarak görüşüne başvurulacak kişiler seçilmiş, yüz yüze gerçekleştirilen ilk görüşmede ana problem olan “Mimari retim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusu ve 21 alt soru uzmanlara yneltirmiştir. Alt sorular; yapım teknolojilerini analiz etmek ve karşılaştırmak için literatürden yararlanılarak geliştirilen ölçüt takımından, Delfi yönteminin başında gerçekleştirilen “odak grup” çalışmasından ve detay tasarım yöntemlerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra, ilk tur sonuçları analiz edilerek verilen cevapların istatistiklerini içeren bir rapor haline getirilmiştir. Bu rapor ikinci turda uzmanlara sunulmuş ve ilk turda verilen cevapların oylanması istenmiştir. Son olarak, ikinci tur sonuçları analiz edilerek cevaplar değerlendirilmiş ve Delfi çalışmasının sonuçlarına ulaşılmıştır.

Altıncı bölümde, Delfi çalışmasında ulaşılan sonuçlar doğrultusunda, günümüz teknolojileri için tasarlanmış bir birleşim bölge detayı, tasarım senaryosu geliştirilerek 3B baskı teknolojisinde üretilmek üzere yeniden tasarlanmıştır. Buradaki teorik bulgular “Tasarım yoluyla araştırma” yöntemi izlenerek tasarıma uygulanmış ve tasarım sürecinde izlenen adımlar ve deneyimler raporlanmıştır. Gerçekleştirilen tasarımın retilbilirliğini test etmek ve genel 3B baskı kurallarını örnek bir üretim üzerinde denemek için bir prototip retilimi gerçekleştirilmiştir.

Ve son olarak yedinci bölümde tm alışmanın sonucu sunulmuş ve ileriye yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.



DETERMINATION OF ARCHITECTURAL CONSTRUCTION TECHNOLOGIES - DETAIL DESIGN INTERACTION WITH THE EXPERT VIEW METHOD IN THE CONTEXT OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES

SUMMARY

Subject and Context:

Architectural construction technologies, which can be defined as “all of the practices based on scientific principles used to build an architectural element and design the construction process”, are adapted to innovations over time by being affected by technological developments with the search for efficiency resulting from developing industry and decreasing resources. As a result of these developments, it is seen that digital production technologies have been used as architectural construction technology especially for the last 25 years. 3D printing technology, which is the act of producing parts using additive manufacturing realized by adding continuous layers of material to each other, is one of these digital production technologies.

Designers need the design process to convey the ideas in their minds and how ideas turn into a physical architectural product and prepare them for the construction phase. The processes in which an architectural structure is "detailed" to be given to those who take the role of "construction" in order to “be construct” are defined as "detail design for architectural construction". As construction technologies are considered in design processes, one of the factors determining the development direction of construction technologies is actions in design processes. This mutual effect emerges as an architectural design-construction interaction. Thus, the design processes also differ in relation to the change of construction technologies.

Today, in the field of rapidly developing and transforming technology, making a “forward prediction (forecast)” is considered as an effective tool for preparing the necessary infrastructure and determining the technology strategies for this development to proceed smoothly. Forecasts can address both changes in the use of existing technologies and new technologies that will emerge in the long term. The “Delphi” method, which allows a group of individuals to deal with a complex problem as a whole, is one of the methods used to make technology predictions. Briefly, it consists of successive tours where questions directed to a group of experts and questions are re-directed together with feedbacks. As a result, predictions about the direction of technology development or the effects of this development are obtained.

Research question, purpose and scope:

This study, within the framework of the above-mentioned topics, “In the near future, when the newly developed 3D printing technology is used in a widespread manner as architectural construction technology, what effect does it have on the detail design process for architectural construction?” is looking for an answer to the question. The general aim of the study in line with the research question is to determine the effect of the change in architectural construction technology on the design process in the context

of the "construction - design" interaction. The focus of the study is; to develop a prediction about the effect of 3D printing as architectural construction technology on the detail design process for architectural construction.

The scope of the theoretical framework of the study is; architectural construction technologies (until the first quarter of the 21st century and digital technologies - 3D printing), detail design process for architectural construction and architectural construction-design interaction. In the main part of the study, in order to determine the effects of the use of 3D printing as architectural construction technology on the detail design process for architectural construction, meetings were held between December 2019 - March 2020 with academicians who have different experience levels and architects working on detail design in the construction sector. Scope limitations related to this field survey determined as; “Academicians” working in the department of construction technology in 6 different universities, four of them are state universities and two of them are private universities who have experience between +30 and +2 years and “Architects” actively design or designed details in projects realized in Istanbul, who working in the sector with experience between +50 and +2 years.

Method:

For this purpose, the first method used in the study is “literature review, analysis and compilation”. Within the framework of the scope; The literature review and analysis were made on architectural construction technologies, detail design for architectural construction, architectural design-construction interaction, construction technology analysis and comparison criteria, and intersection area details. The information was compiled by determining the titles again achieved from literature. Subsequently, “Delphi - Expert opinion method”, which is a foresight method, was used. With this method, questions were asked to selected experts about the effects on the detail design process, when 3D printing was used as architectural construction technology. And their views were consulted with two successive tours. Finally, the results obtained in Delphi study have been applied on a intersection area detail by following the methods of "Research through design" and "Prototyping".

Results and impacts:

When 3D printing technology is used as architectural construction technology, the main results obtained in the Delphi study regarding its effects on the design process are:

- The difference between the on-site and off-site construction in terms of ease of quality control will decrease considerably today.
- Joints and additional elements will almost disappear and details will be "simplified" compared to today.
- The biggest factor that determines the design boundaries will be the properties of the 3D printer and the materials used.
- With 3D printing technology, the search for complex materials that meet multiple functions will increase and encourage material research in this field.
- Design for climate and environmental data, the process design requirement related to construction and design, model making as a design tool will always exist regardless of the production technology used.

- It is expected that the role of "Architect" as a designer and controller will be preserved, but there will be a "mastermind (artificial intelligence)" that dominates the entire design and production process.

With this study, the future use of 3D printing technology as building technology has been examined through the construction-design interaction and possible effective development aspects of technology have been foreseen by experts. The applicability of the study results has been demonstrated by transforming these predictions into new design sub processes and applying them on a sample. For architectural offices, data and facilitating information about situations and criteria that may vary in terms of their design processes while providing adaptation to developing technologies are presented. The introduction of the advantages of 3D printing technology and the work currently underway has been encouraged to direct the construction industry to work on this issue. In particular, the importance of involving as a team to work carried out at international level in the last ten years are specified to the research groups in Turkey and sectoral stakeholders. Various data have been created for future architectural technology education and research on the use of 3D printing in the field of architecture.

Thesis construct:

First part; starts with the introduction where the subject is introduced and the concepts are explained, then it is completed by the main purpose of thesis with sub-purposes, scope and limitations related to the sections, describing the method and the flow chart.

In the second part, the method of the study is presented in detail under the related topics. The flow chart prepared for the easy follow-up of the thesis with a graphical explanation is at the end of the section.

In the third part, by making use of the literature, the information about the architectural construction technologies, detail design process for architectural construction, and the interaction of the design and construction processes is analyzed and compiled. Thus, an overview of the topics covered by the study is presented.

In the fourth section, digital production technologies which is classified as subtractive, formative, assembly, and additive are explained. In the continuation of the digital production technologies section is focused on 3D printing technologies, which is an additive manufacturing technology and the context of the design-construction interaction discussed in this study. The point where technology has reached today, the capacity and limits in the architectural field are presented by considering 3D printed samples.

The fifth chapter includes the application and results of Delphi method. In this method, respectively;

- The people who are consulted as experts are selected and contacted.
- First round - face to face meeting: The main problem that is "What are the effects of detail design process when using 3D printing as architectural production technology?" and 21 sub-questions were directed to the experts. Sub questions was created by using the criterion group which was developed to analyze and compare construction technologies, "focus group" which was made at the beginning of the Delphi method and detail design methods.
- The results of the first round were analyzed and made into a report containing the statistics of the answers given.

- Second round - communication by e-mail: The report containing the results of the first round was presented and the answers given in the first round were asked to voted.
- The results of the Delphi study were reached by analyzing and evaluating the answers of second round.

In the sixth part, in accordance with the results obtained in Delphi study, an intersection area detail designed for today's technologies has been redesigned to be produced in 3D printing technology by developing a design scenario. The theoretical findings here have been applied to the design by following the "Research through design" method and the steps and experiences followed during the design process have been reported. A prototype was produced to test the constructability of the realized design and to test the general 3D printing rules on a sample production.

Finally, in the seventh part, the results of the whole study are presented and forward evaluations are made.



1. GİRİŞ

“Gelecek bilimi ile ilgili çalışanlar üç sorunla karşılaşır. Her şeyden önce siz yanılıyorsunuzdur. İkinci olarak, siz haklı olsanız bile zamanlamanız yanlıştır. Ve üçüncüsü, haklı olduğunuza kimse inanmıyordur. ”

“When you are in the futurology business there are three problems that you run into. First of all, you’re wrong. Second of all, you get the timing wrong even when you’re wright. And third of all, when you’re right you’re never believed.”

(Woudhuysen, 1992).

Gelecek ile ilgili uzun ya da kısa vadede tahminde bulunmak geçmiş dönemlerden itibaren insanların sosyal, ekonomik veya doğal çevreleriyle ilgili düzen kurarken başvurdukları yollardan biri olmuştur. Çiftçiler toprağı hasat edebileceklerini düşündükleri için ekmişlerdir ya da piramitler dünyanın uzun bir süre devam edeceği inancıyla yapılmaya başlanmıştır. Özellikle değişimleri önceden öngörebilmek, ilişkili olduğu paydaşlarının ona uyum sağlayabilmesini kolaylaştırmaktadır. Dalkey’in (1969) belirttiğı gibi, devlet ve endüstri planlama teşkilatları özellikle; nükleer savaş, aşırı nüfus, atmosferin kirlenmesi, doğal kaynakların tükenmesi, ırksal çatışmalar gibi hazırlıklı olmak için adımlar atılmazsa insanları yok edebilecek görünen felaketlere karşı hazırlıklı olmak istemektedirler. Ancak bunların yanında ekonomik ve sosyal yaşam üzerinde büyük etkisi olan bilim ve teknoloji gücünü iyi kullanabilmek için gelecek resmine, ya da olası senaryolara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teknoloji gibi günümüzde hızla gelişen ve dönüşen bir alanda “ileriye yönelik tahmin (öngörü)”de bulunabilmek, aynı zamanda bu gelişmenin sorunsuzca ilerleyebilmesi için gerekli alt yapıyı hazırlama imkanı sunmaktadır. Teknolojik öngörü, teknoloji stratejilerini belirlemede etkili bir araç olarak kabul edilmiştir ve çok sayıda teknik geliştirilmiştir. İleriye yönelik tahminlerin kalitesi büyük ölçüde teknolojilerin uygun öngörü teknikleriyle eşleştirilmesine bağlıdır. Öngörüler hem mevcut teknolojilerin kullanımındaki değişimlere hem de uzun vadede ortaya çıkacak yeni teknolojilere yönelik olabilir (Mishra, 2002).

Teknoloji öngöröleri; işlevsel kapasite, zamanlama veya öneme odaklanabilir. Teknolojik öngöröler yeni kavramlarla ilgilendikleri ve bunları dayandıracak çok az tarihsel kanıtları olduğu için oldukça zordur. Teknoloji tahmini deterministik değildir, yani tek bir geleceğı yansıtmaya çalışmaz. Aksine, iyi tahminler, bazıları diğerlerinden daha muhtemel olabilecek bir dizi olası geleceğı ortaya koymaktadır (Porter ve diğ., 2011).

Beyin fırtınası, senaryo geliştirme, eğilim analizi gibi yöntemlerin yanı sıra, bir grup bireyin bir bütün olarak karmaşık bir problemle başa çıkmasına olanak sağlayan Delfi yöntemi, teknoloji öngörüsünde bulunmak için kullanılan bir yöntemdir. 2.2. bölümde ayrıntılı bir şekilde ele alınan Delfi yöntemi, kısaca, bir uzman grubuna yöneltilen sorular ve soruların cevaplarının geri bildirimiyle beraber tekrar yöneltildiğı birbirini takip eden turlardan oluşmaktadır. Böylelikle sonucunda teknolojinin gelişme yönü ya da bu gelişmenin etkileri hakkında öngöröler elde edilir.

Hızla artan nüfus ve tüketim ile beraber gelişen sanayi ve azalan kaynaklar sonucu oluşan verimlilik arayışıyla, *Mimari Yapım Teknolojileri* de teknolojik gelişmelerden etkilenecek zaman içinde yeniliklere adapte olmaktadır. Mimari Yapım Teknolojileri, aşağıda sıralanan tanımlamalardan faydalanılarak;

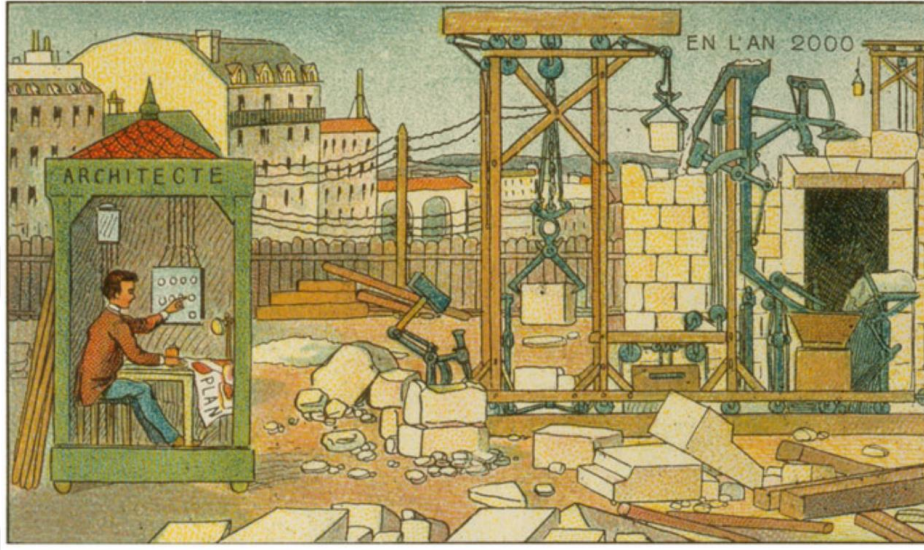
- Teknoloji; belirli bir teknik alanda, bilimsel ilkelere dayanan tutarlı bilgi ve uygulamaların tümü (Benk, 1967) ya da yeni bilginin araştırılmasında, ürünlerin ve süreçlerin tasarımında uygulanan bilimsel bilgi ve mühendislik bilgisinin temeli (Gaynor, 1996).
- Yapım; yapmak, var etmek, üretmek eylemi, inşa; hammaddeyi elle ya da makine ile işleyerek mal üretme işi (Benk, 1967).
- Yapım teknolojisi; yapım işlerini yerine getirmek için etkin metotlarla ilgilenen bilimsel bir disiplin (Ataev, 1980).

“Mimari bir elemanı inşa etmek ve süreci tasarlamak için kullanılan, bilimsel ilkelere dayalı uygulamaların tümüdür” şeklinde tanımlanabilir.

Mimari yapım teknolojileri, ilkel çağlarda insanların kendi barınma ihtiyaçlarını kendilerinin karşılamasından başlayarak üretimin giderek örgütlenmesi ile günümüze gelmiştir. Sanayi devrimiyle beraber yeniden kurulan ekonomik düzen, keşfedilen malzemeler, artan talep ve şehirleşmeler diğer sektörlerde olduğı gibi inşaat endüstrisinde de makine ve prefabrik parça kullanımını arttırmıştır. Bunların yanında

mimari akımlar ve tasarımcıların hayal ettiklerini gerçekleştirme isteği yapım teknolojilerinin sınırlarını zorlayan ve gelişmesini tetikleyen etkenlerden biridir.

“Fransa Ulusal Kütüphanesi (*Bibliothèque nationale de France*)” arşivinde bulunan, 1910 yılında üretilmiş 2000 yılı vizyonu (Şekil 1.1), yapım teknolojilerinde ilerlemenin nasıl hayal edildiğini göstermektedir. İnsan gücünden arındırılmış şantiye süreci, operatör panelinde bulunan mimar tarafından tam ve doğrudan kontrol edilmektedir.

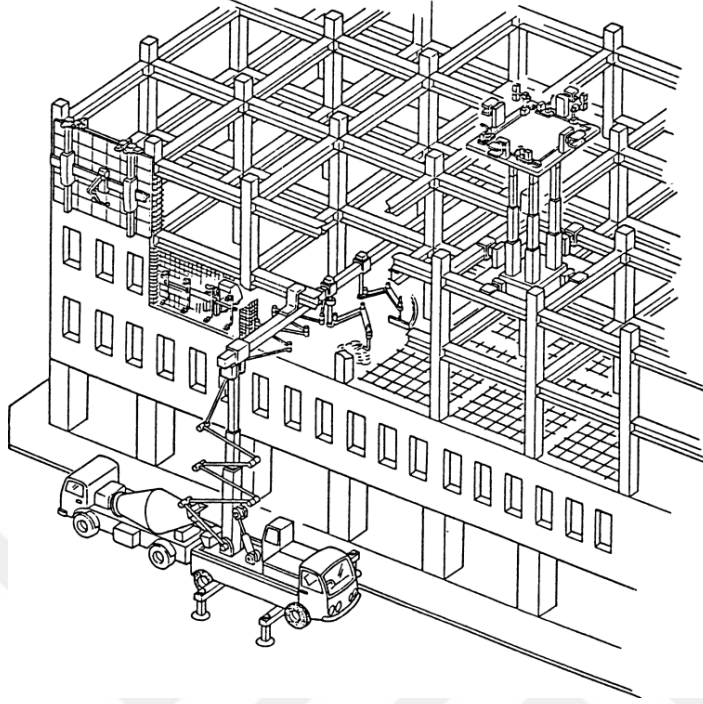


Şekil 1.1: 1910 yılından 2000 yılı vizyonu (Caneparo, 2014).

Günümüze daha yakın bir tarihte, 1986’da Marsilya’da yapılan bir konferansta (Bijl ve diğ., 1986), robotik teknolojilerin şantiyede kaynak yaparken, donatı yerleştirme ve birleşimlerinde, beton kalıplarının oluşturulmasında ve beton dökümünde kullanımı Şekil 1.2’de gösterildiği gibi ifade edilmiştir.

Tüm bu ve benzer gelecek senaryolarının sonucunda günümüze baktığımızda dijital üretim teknolojilerinin yapım teknolojisi olarak kullanıldığını görmekteyiz. *Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi* de özellikle son on yılda yazıcıların ve malzemelerin uygun özelliklere ulaşmasıyla araştırmaların yönlendiği, deneme üretimlerinin gerçekleştirildiği ve hızla güncel pratiğin içinde yer edinen dijital üretim teknolojilerinden biridir. 3B baskı teknolojisi; sürekli malzeme katmanlarının birbirlerine ilave edilmesiyle gerçekleştirilen eklemeli imalatın kullanılmasıyla parça üretme eylemidir. Yüksek el emeği maliyeti veya kalıplar olmadan karmaşık geometriler oluşturulması, yapım süresinin önemli ölçüde azaltılması ve formların

tasarımında serbestlik sunulması, tasarım ve yapım sürecindeki aktörlerin ilgilerini 3B baskı teknolojisine çekmektedir (Kolarevic, 2003).



Şekil 1.2: Robotik yapı sisteminin kavramsal tasarımı (Bijl ve diğ., 1986).

Tasarımcılar zihinlerindeki fikirleri ve fikirlerin fiziksel bir mimari ürüne nasıl dönüşeceğini aktarmak ve yapım aşamasına hazırlamak için tasarım sürecine ihtiyaç duyarlar. Tasarlanan yapının üretim aşamasını göz önünde bulundurma gerekliliği şüphesiz ki tasarım sürecinin en başından itibaren önemini korumaktadır. Bununla birlikte kavramsal tasarımı üretime hazır hale getiren detaylandırma sürecinin, ön tasarımda alınan karakteristik ve estetik kararları, yüksek bir yaratıcılıkla ve sorunsuzca üretim aşamasına aktarabilmesi gerekir (Emmitt, 2007). Bu detaylandırma süreci *Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreci* olarak adlandırılabilir. Tasarım süreçlerinde yapım teknolojileri göz önünde bulundurulduğu gibi, yapım teknolojilerinin gelişme yönünü belirleyen etkenlerden biri de tasarım süreçlerindeki eylemlerdir. Bu karşılıklı etki *Mimari Tasarım-Yapım Etkileşimi* olarak ortaya çıkmaktadır.

Böylece, tasarım süreçleri de yapım teknolojilerinin değişimiyle ilişkili olarak farklılıklar göstermektedir. “Önce sanal sonra gerçek inşa et” 2000’li yılların inşaat endüstrisi için yapılan araştırma ve süreç gelişimlerinin anahtar kelimesi olmuştur (Newton ve diğ., 2009). Gao ve Fischer (2008), 3 boyutlu modellerle yapılan sanal

inşaaanın kullanım alanlarını; kullanıcının gereksinimlerini belirlemek, profesyonel olmayan paydaşlarla etkileşimde bulunmak, tasarım seçeneklerini analiz etmek, farklı sistem eşleşmelerini ve inşa edilebilirlik konularını kontrol etmek, tedarik zincirlerini yönetmek ve inşaat planlaması olacak şekilde belirlemiştir.

Bu çalışma yukarıda aktarılan konular çerçevesinde, “Yakın gelecekte, mimari yapım teknolojisi olarak yeni gelişen 3B baskı teknolojisi yaygın olarak kullanıldığında, yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkisi ne olur?” sorusuna cevap aramaktadır.

1.1 Amaç

Mimari tasarım süreçleri ve yapım arasındaki ilişki yaratıcı detay çözümleri için önemlidir. Erken alınan kararlar, detay tasarım aşamasında verilen kararları şekillendirir. Üretim kısıtlamaları ve mevcut teknolojiler, detaylandırma, mimarlık mühendisliği veya malzeme seçimi olarak tanımladığımız bu karar alma sürecini etkiler (Emmitt ve diğ., 2004).

Bu kapsamda, çalışmanın genel amacı, “yapım – tasarım” etkileşimi bağlamında, mimari yapım teknolojisindeki değişimin tasarım sürecine etkisinin saptanmasıdır. Çalışmanın odaklandığı nokta ise mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımının mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine olan etkisi ile ilgili öngörü geliştirmektir.

Buna bağlı olarak alt amaçlar, aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Mimarlık alanında yapılan bir araştırmada geleceğe yönelik öngörü yöntemi kullanılması.
- Konu bağlamında mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı teknolojisinin derlenen ölçütlerle değerlendirilmesi.
- Günümüzde yürütölen çalışmalar referans alınarak 3B baskı teknolojisine yönelik tasarım süreci örneğinin gerçekleştirilmesi.
- Mevcut durumda 3B baskı teknolojisi bağlamında geliştirilmiş araç, bina bileşeni ve malzeme olanaklarının derlenmesi.
- Gelecekteki mimarlık teknolojisi eğitimine veri oluşturulması.

- Mimarlık ofisleri için gelişen teknolojilere adaptasyonlarını kolaylaştırıcı bilgi sunulması.
- 3B baskı teknolojisinin avantajlarının ve hâlihazırda yürütülen çalışmaların sunulması ile inşaat sektörünün bu konudaki çalışmalara yönlendirilmesi.
- Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecinin meslek pratiği ve akademi açısından irdelenmesi.

Aynı zamanda, mimar rolünün yapım teknolojisine göre değişimi, 3B baskı teknolojisinin yaratıcılığa etkisi, 3B baskının yeniden kullanıma ve çevreye olan etkiyi azaltmaya karşı katkıları çalışmada sorgulanması amaçlanan diğer konulardır.

1.2 Kapsam

Çalışmanın genel amacı doğrultusunda kapsamı mimari yapım teknolojileri ve yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleridir. Konunun ele alınış şekline göre bölümler ile ilgili kapsam ve sınırlamalar ayrı ayrı belirlenmiş ve aşağıda ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

Çalışmasının alt yapısını oluşturacak kuramsal çerçevenin kapsamı;

- Mimari yapım teknolojileri;
 - 21. Yüzyılın ilk çeyreğine kadarki mimari yapım teknolojileri
 - Dijital mimari yapım teknolojileri – 3B baskı
- Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri
- Mimari yapım-tasarım etkileşimi

olarak ele alınmıştır.

Tezin ana bölümünde mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımının mimari üretime yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkilerinin belirlenmesi için, farklı deneyim düzeylerine sahip olan akademisyen ve sektörde detay tasarımı üzerine çalışan mimarlar ile görüşmeler yapılmıştır. Bu alan çalışması ile ilgili kapsam sınırlamaları;

- Mekânsal olarak İstanbul'daki mimarlık bölümü başarı sıralaması ilk sıralarda olan dördü devlet ve ikisi özel olmak üzere toplam 6 farklı üniversitede yapı bilgisi ana bilim dalında görev yapan (İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız

Teknik Üniversitesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Bilgi Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi) akademisyenler ve İstanbul’da gerçekleşen projelerde aktif olarak detay tasarlayan/tasarlamış mimarlar,

- Deneyim yılları akademisyenler için +30 ve +2 yıl aralığında, sektörde çalışan mimarlar için +50 ve +2 yıl aralığında,
- Görüşme tarihleri Aralık 2019 – Mart 2020 arasında,

olacak şekilde belirlenmiştir.

Alan çalışmasının sonuçlarının uygulandığı bölümde güncel teknolojilerle üretim için tasarlanan detay, 3B baskıda üretilmek üzere yeniden tasarlanmıştır. Yeniden tasarlanan detayın prototip üretimi 3B baskı ile gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım ve üretimin kapsamı;

- Yapı elemanı ve yapı bütünü ara kesitindeki birleşim bölge detayı, birleşim bölge detay kümesinde esas olarak beklenti ve karmaşıklık düzeyi yüksek olan dış kabuk bileşeni,
- İstanbul Teknik Üniversitesi bünyesinde erişim sağlanabilecek bir 3B yazıcıyla üretimi

olarak ele alınmıştır.

1.3 Yöntem

Bu çalışmada;

- Literatür taraması, analizi ve derlemesi
- “Delfi – Uzman görüşü yöntemi” ile öngöründe bulunma
- Tasarım yoluyla araştırma ve Prototip üretimi

yöntemleri kullanılmıştır.

Literatür taraması, analizi ve derlemesi

Birçok yayına çevrimiçi ulaşılabilen ve sürekli geliştirilmekte olan İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi literatür araştırmaları için kullanılan en önemli kaynaklardan biridir.

Mimari yapım teknolojileri; ilgili anahtar kelimeler kullanılarak, ulusal ve uluslararası veri tabanlarında, farklı kaynak türleri için taranmıştır. Literatür taraması sonucu ulaşılan ve bu kaynakların referans listelerinin incelenmesiyle elde edilen yeni kaynaklar analiz edilerek, yapım teknolojileri, “Günümüz yapım teknolojileri ve dijital üretim” şeklinde sınıflandırılmış, her biri ilgili bölümler altında açıklanmış ve dijital eklemeli üretim-3B baskı ayrı bir bölümde ayrıntılı şekilde incelenmiş olup tüm yapım teknolojileri karşılaştırılmalı şekilde değerlendirilmiştir.

Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri; ilgili anahtar kelimeler kullanılarak, ulusal ve uluslararası veri tabanlarında, farklı kaynak türlerinde taranmıştır. Literatür taraması sonucu yöntemler tarifleyen altı farklı kaynak analiz edilerek tipik ya da birleşim bölge tasarımına yönelik olma açısından sınıflandırılmıştır.

Tasarım – yapım etkileşimi; ilgili anahtar kelimeler kullanılarak, ulusal veri tabanlarında, farklı kaynak türlerinde taranmıştır. Literatür taraması sonucu ulaşılan ve bu kaynakların referans listelerinin incelenmesiyle elde edilen tasarım ile yapım arasındaki ilişkiyi farklı açılardan ele alan kaynaklar incelenmiş, analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Günümüz ve 3B baskı yapım teknolojilerini analiz ve karşılaştırma “Ölçüt grubu” için; ilgili anahtar kelimeler kullanılarak, ulusal veri tabanlarında, farklı kaynak türlerinde taranmıştır. Literatür taraması sonucu ulaşılan ve bu kaynakların referans listelerinin incelenmesiyle elde edilen yeni kaynaklar analiz edilmiş, ele aldıkları konulara göre ölçüt grup başlıkları belirlenmiş ve ölçüt takımı haline getirilmiştir.

Tasarım ve yapım süreçlerinin ele alındığı bölümlerde hangi özellikteki yapı elemanlarının inceleneceğine karar verebilmek için literatürden yararlanılarak oluşturulan listeden, belirli kriterler doğrultusunda gözlemlenecek 3 birleşim detay tipi seçilmiştir.

Delfi - Uzman görüşü yöntemi ile öngörüde bulunma

Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımının tasarım sürecine etkisi hakkında öngörüde bulunabilmek için öncelikle literatürde öngörü yöntemleri araştırılmış ve çalışma için uygun olan ‘Delfi Metodu’ seçilmiştir. Bu yöntemde sırasıyla;

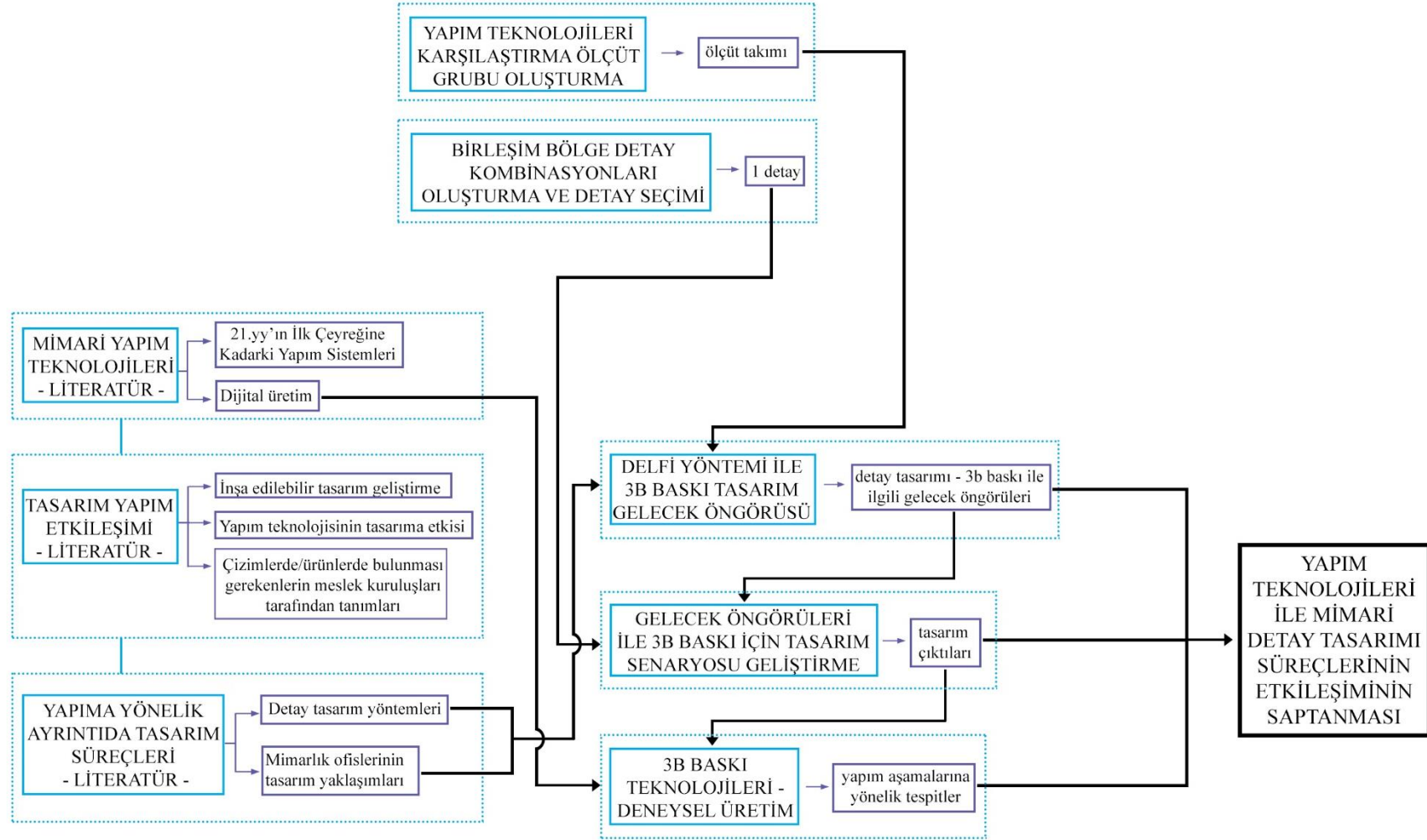
- Uzman olarak görüşüne başvurulacak kişiler seçilmiş ve iletişime geçilmiştir.
- İlk tur - yüz yüze görüşme: Ana problem olan “Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusu ve 21 alt soru uzmanlara yöneltilmiştir.
- İlk tur sonuçları analiz edilerek verilen cevapların istatistiklerini içeren bir rapor haline getirilmiştir.
- İkinci tur – e-posta ile iletişim: İlk tur sonuçlarını içeren rapor sunulmuş ve verilen cevapların oylanması istenmiştir.
- İkinci tur sonuçları analiz edilerek cevaplar değerlendirilmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır.

Tasarım yoluyla araştırma ve Prototip üretimi

Delfi çalışmasında ulaşılan sonuçlar doğrultusunda, 5.2. bölümde seçilen, günümüz teknolojileri için tasarlanmış birleşim bölge detayı, tasarım senaryosu geliştirilerek 3B baskı teknolojisinde üretilmek üzere yeniden tasarlanmıştır. Burada teorik bulgular “Tasarım yoluyla araştırma (*Research through design*)” yöntemi izlenerek pratik olarak uygulanmış ve tasarım sürecinde izlenen adımlar ve deneyimler raporlanmıştır.

Gerçekleştirilen tasarımın üretilebilirliğini test etmek ve genel 3B baskı kurallarını örnek bir üretim üzerinde denemek için bir prototip üretilmiştir. Bu prototip üretiminde “Taşkışla 102b Bilişim laboratuvarı / Mimarlık Fakültesi – Ultimaker3 Extended” 3B yazıcısı kullanılmıştır. Baskı sarf malzeme ihtiyacı ise “İTÜ BAP birimi - Yüksek Lisans Tez projesi desteği” ile karşılanmıştır. Öngörü çalışması sonucu 3B baskı teknolojisine uyarlanan bir birleşim bölge detayı parçalar halinde basılmış ve deneysel üretim ve montaj aşamaları gözlemlenmiştir.

Bu çalışma sürecinin özet akış şeması Şekil 1.3’te verilmektedir.



Şekil 1.3: Çalışmanın özet akış şeması.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Tez çalışmasının oluşum aşamalarının aktarılabilmesi için bu bölümde kullanılan bilimsel araştırma yöntemleri, konu başlıkları altında, hangi konunun hangi yöntemlerle ele alındığı açık bir şekilde anlatılmıştır. Bu çalışmada;

- Literatür taraması, analizi ve derlemesi
- “Delfi – Uzman görüşü yöntemi” ile öngörude bulunma
- Tasarım yoluyla araştırma ve Prototip üretimi

yöntemleri kullanılmıştır.

Bu bölümde aktarılan çalışmanın yöntemi ve adımları bir akış şeması halinde bölüm sonunda verilmektedir.

2.1 Literatür Taraması ve Analizi

Tüm araştırmalara, araştırma alanındaki mevcut çalışmalar ve bilgiler ile ilgili detaylı tarama yaparak ve gerekli olan bilgilere erişilerek başlanması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan literatür taraması, bilgi kaynaklarına ulaşma, kaynak analizi ve değerlendirme, kavramsal çerçeve geliştirme ve rapor halinde yazma süreçlerini içermektedir (Rowley & Slack, 2004).

Bu çalışmada, çizilen kapsam çerçevesinde;

- Mimari yapım teknolojileri
- Mimari yapıma yönelik ayrıntıda detay tasarımı
- Mimari tasarım-yapım etkileşimi

ve

- Yapım teknolojileri analiz ve karşılaştırma ölçütleri
- Birleşim bölge detayları

konularında literatür taraması ve analizi yapılmış, ulaşılan bilgiler yine kaynaklardan yararlanılarak oluşturulan başlıklar belirlenerek derlenmiştir.

Mimari yapım teknolojileri

Günümüze kadarki (21.yy'ın ilk çeyreğine kadar) mimari yapım teknolojileri; literatür taraması, analizi ve derlemesi yöntemiyle ele alınmıştır.

Literatür taraması:

Yapım teknolojileri, Türkçe ve İngilizce;

“Yapım (*Construction*), Yapım teknolojileri (*Construction technologies*), Mimari yapım teknolojileri (*Architectural construction technologies*), Bina teknolojisi (*building technology*), Robotik yapım teknolojileri (*Robotic construction technologies*), 3B baskı teknolojileri (*3D printing technologies*), Katmanlı imalat (*Additive manufacturing*), Mimari 3B baskı (*Architectural 3D printing*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, YÖK Tez, Proquest Dissertations & Theses Global, EthOS, TU Berlin, TU München, Universitaet Stuttgart, NARCIS, TU Delft, TU Eindhoven”

veri tabanlarında,

“Akademik kitap, YL/Doktora tezi, makale, bildiri”

kaynak türlerinde taranmıştır.

Belirli kaynaklara ulaşıldığında kaynakların yazar isimleri tekrar ilgili veri tabanlarında taranarak konu hakkındaki diğer eserlerine ulaşılmıştır. Konu ile yakından ilgili kaynakların referans listeleri de gözden geçirilerek 50 adet kaynak, incelenecek kaynaklar arasına eklenmiştir.

Literatür taraması sonucu ulaşılan yapım teknolojisi ile ilgili kaynakların üst grup sınıflandırması:

Yapım teknolojileri;

Eser (1977) kitabının “tarihsel gelişim çerçevesi” sınıflandırması ve kaynak türleri göz önünde bulundurularak,

- 21.yy’ın ilk çeyreğine kadarki teknolojilerle ilgili akademik kitaplar (16 adet),
- Dijital Üretim ile ilgili ulusal ve uluslararası tezler (25 adet) ve akademik kitaplar (8 adet)

olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Literatür analizi sonucu yapım teknolojilerinin alt grup sınıflandırması ve ulaşılan bilgilerin sentezi:

Yapım teknolojileri;

- 21.yy’ın ilk çeyreğine kadarki yapım sistemleri; Eser (1977) kitabının “endüstrileşme düzeyi” sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve 3.1. bölümde yapım sistemlerinin özellikleri, kullanılan teknolojiler bağlamında açıklanmıştır.
- Dijital üretim; Naboni ve Paoletti (2015), Hauschild ve Karzel (2011), Redwood ve diğ. (2017), Kolareviç (2003) kitaplarının “üretim türleri” sınıflandırmalarına göre sınıflandırılmış ve 4. bölümde hem sınıflandırmalar hem de dijital üretim özellikleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

Yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri

Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri; literatür taraması, analizi ve derlemesi yöntemiyle ele alınmıştır.

Literatür taraması:

Yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri, Türkçe ve İngilizce;

“Detay tasarımı (*Detail design*), Mimari detay tasarımı (*Architectural detail design*), Detay tasarım modelleri (*Detail design models*), Detay tasarım yöntemleri (*Detail design methods*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, YÖK Tez”

veri tabanlarında,

“Akademik kitap, YL/Doktora tezi, makale, bildiri”

kaynak türlerinde taranmıştır. Belirli kaynaklara ulaşıldığında kaynakların yazar isimleri tekrar ilgili veri tabanlarında taranarak konu hakkındaki diğer eserlerine

ulaşılmıştır. Konu ile yakından ilgili kaynakların referans listeleri de gözden geçirilerek 15 adet kaynak, incelenecek kaynaklar arasına eklenmiştir.

Literatür taraması sonucu ulaşılan teorik detay tasarımı süreçleri ile ilgili kaynakların sınıflandırılması ve analizi:

Üretime Yönelik Ayrıntıda Tasarım Süreçleri, Aksu ve Altun (2009) kaynağında ele alındığı gibi “sezgisel” ve “metoda dayalı” olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Tasarım süreçleri içerisinde metoda dayalı olan süreçler seçilmiştir çünkü orijinal bir detay tasarlanması için tasarımcının gereklilikler, kaynaklar, kısıtlamalar gibi oldukça fazla kriteri göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Kızılyaprak ve Altun (2011)’de ele alındığı gibi “kullanıcıdan beklediği adımları sistematik bir şekilde tanımlayan ve tasarımcıyı yönlendiren” detay tasarım süreçleri tarifleyen 6 farklı kaynak seçilmiştir. Bu kaynaklar; tarif ettikleri süreçlerin kullanım amaçları ve yöntemleri irdelenerek, uygulanmış süreç örnekleri incelenerek ve tasarım adımları denenerek analiz edilmiştir. Daha sonra tipik ya da birleşim bölge tasarımına yönelik olmaları açısından sınıflandırılmıştır.

Tasarım yapım etkileşimi

Bu bölümde, daha önce ayrı ayrı incelenen “mimari yapım teknolojileri” ve “mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri” arasındaki etkileşim ve birbirlerini nasıl yönlendirdikleri; literatür taraması, analizi ve derlemesi yöntemiyle ele alınmıştır.

Literatür taraması:

Tasarım – Yapım etkileşimi, Türkçe ve İngilizce;

“Tasarım-yapım ilişkisi (*Design-construction connection*), Yapım teknolojilerinin tasarıma etkisi (*The effect of construction technologies on design*), İnşa edilebilir tasarım (*Constructable design*), Tasarım süreç yönetimi (*Design process management*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, YÖK Tez”

veri tabanlarında,

“Akademik kitap, YL/Doktora tezi, makale, bildiri”

kaynak türlerinde taranmıştır. Belirli kaynaklara ulaşıldığında kaynakların yazar isimleri tekrar ilgili veri tabanlarında taranarak konu hakkındaki diğer eserlerine ulaşılmıştır. Konu ile yakından ilgili kaynakların referans listeleri de gözden geçirilerek 30 adet kaynak, incelenecek kaynaklar arasına eklenmiştir.

Literatür taraması sonucu tasarım-yapım ilişkisi ile ilgili ulaşılan kaynakların sınıflandırılması ve analizi:

Tasarım ile yapım arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için;

“Yapım teknolojilerinin tasarım çıktılarından beklentilerini” (Rosen, 1998) ve “yapım teknolojilerinin olanaklarının ve sınırlamalarının tasarım sürecine etkisini” (Emmitt, 2012) farklı açılardan ele alan kaynaklar incelenmiş olup, “tasarım-yapım” etkileşimine hangi yönden baktıkları göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır.

Yapım teknolojileri analiz ve karşılaştırma ölçütleri oluşturmada kullanılan yöntem

Yapım teknolojilerini analiz etmek ve karşılaştırmak için çeşitli ölçütlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu bölümde gerekli ölçütler, literatür taraması, analizi ve derlemesi yöntemiyle elde edilmiştir.

Literatür taraması:

Mimari yapım teknolojisi analiz ölçütleri, Türkçe ve İngilizce;

“Mimari değerlendirme ölçütü (*Architectural evaluation criteria*), Bina karşılaştırma ölçütü (*Building comparison criteria*), Bina kriterleri (*Building criteria*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, YÖK Tez”

veri tabanlarında,

“Akademik kitap, makale ve bildiri, YL/Doktora tezi”

kaynak türlerinde taranmıştır. Belirli kaynaklara ulaşıldığında kaynakların yazar isimleri tekrar ilgili veri tabanlarında taranarak konu hakkındaki diğer eserlerine ulaşılmıştır. Konu ile yakından ilgili kaynakların referans listeleri de gözden geçirilerek 8 adet kaynak, incelenecek kaynaklar arasına eklenmiştir.

Literatür taraması sonucu ulaşılan kaynakların analizi ve ölçüt takımı oluşturma:

Literatür taraması sonucu ulaşılan Özkan (1976), Emmitt ve Gorse (2014), Smith (2010) ve Eser (1982) kaynakları;

“karşılaştırma ölçütü bağlamında hangi yönden ele alındıkları gözetilerek”

analiz edilmiştir. Ulaşılan ölçütler toplam 7 adet ölçüt grup başlığı temel alınarak, ele alındıkları konulara göre sınıflandırılmış ve tekrarlardan arındırılarak ölçüt takımı haline getirilmiştir.

Birleşim bölge detay seçiminde kullanılan yöntem

Bu bölümde literatürden yararlanılarak mimari detay havuzu oluşturulmuş ve gelecekte 3B baskı teknolojisine uyarlanması için bir birleşim bölge detay seçimi yapılmıştır.

Literatür taraması:

Yapı elemanları sınıflandırmaları, Türkçe ve İngilizce;

“Yapı elemanları (*Building elements*), Yapı elemanı sınıflandırma ölçütleri (*Building elements classification criteria*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi”

veri tabanında,

“Akademik kitap”

kaynak türlerinde taranmıştır. Belirli kaynaklara ulaşıldığında kaynakların yazar isimleri tekrar ilgili veri tabanlarında taranarak konu hakkındaki diğer eserlerine ulaşılmıştır. Konu ile yakından ilgili kaynakların referans listeleri de gözden geçirilerek 5 adet kaynak, incelenecek kaynaklar arasına eklenmiştir.

Yapı elemanlarının ve sınıflandırma biçimlerinin seçilmesi:

Rich & Dean (1999), Davies & Petty (1960), Binan (1986) ve Emmitt & Gorse (2014) kaynaklarının ele aldıkları sınıflandırma biçimlerinden, mimari yapım teknolojileri bağlamında kullanılacağı ve yapım aşamaları inceleneceği için “yapım ile ilgili sınıflandırmalar” seçilmiştir. Ayrıca katmanlaşmanın çeşitli olması ve farklı uzmanlıkları içermesi istendiği için dış ortamla ilişkili yapı elemanları seçilmiştir.

Teorik detay seçenekler listesi oluşturma:

Tasarım ve yapım süreçlerinin ele alındığı bölümlerde hangi özellikteki yapı elemanlarının inceleneceğine karar verebilmek için;

“yapım yeri, gövde yapısı, biçimi, binadaki konumu, işlevi”

sınıflandırma biçimlerine göre yapı elemanlarının tüm olası seçenekler listesi oluşturulmuştur. Bu sınıflandırma başlıkları altında oluşturulan tüm olası seçenekler listesi “teorik” detay seçenekler listesi olarak adlandırılmıştır.

Pratik birleşim bölge detay seçenekler listesi oluşturma ve seçim yapma:

Tüm olası “teorik” detay seçenekler listesinden;

“pratik” ve “yapısal uyum olarak birbirleriyle bir araya gelebilen”

birleşim bölge detay kombinasyonları seçilmiştir. Bu kombinasyonlar yapılırken kağıt üzerinde eşleştirilen fakat yapısal uyum gözetildiğinde bir araya gelmesi mümkün olmayan yapı elemanı çiftleri elenmiştir. Burada oluşturulan liste “pratik” birleşim bölge detay seçenekler listesi olarak adlandırılmıştır.

Oluşturulan listeden;

“çeşitlilik, sektördeki kullanım sıklığı, 3B baskı teknolojisine uyarlanabilme”

gibi özellikler gözetilerek 5.2 bölümünde ele alınan 1 detay seçilmiştir.

2.2 Delfi Yöntemi ile Gelecek Öngörülleri

Gelecekte, 3B baskı teknolojisinin mimari yapım teknolojisi olarak kullanımı “Delfi” yöntemi ile ele alınmıştır. Bu bölümde, Delfi öngörü yönteminin seçimi ve uygulanması ayrıntılı şekilde anlatılmıştır.

2.2.1 Öngörü yöntemleri literatür taraması ve analizi

Geleceğe yönelik öngörü yöntemleri, Türkçe ve İngilizce;

“Öngörü (*Forecasting*), Gelecek bilimi (*Futurology*), Gelişen Teknolojiler (*Emerging technologies*), Stratejik öngörü (*Strategic foresight*), Teknolojik öngörü (*Technological forecasting*), Tasarım öngörüsü (*Design forecast*), Mimarlık öngörüsü (*Architectural forecast*), İnşaat sektörü öngörüsü (*Construction forecast*)”

anahtar kelimeleri kullanılarak,

“İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, YÖK Tez, YÖK Tez, Proquest Dissertations & Theses Global, EthOS, TU Berlin, TU München, Universitaet Stuttgart, NARCIS, TU Delft, TU Eindhoven gibi farklı uluslararası üniversite tez depoları”

veri tabanlarında,

“Akademik kitap, makale ve bildiriler, ulusal ve uluslararası tezler”

akademik kaynak türlerini kapsayacak şekilde literatür taraması yapılmıştır. Ön incelemeden sonra, teknoloji öngörülerine ilgili olan 15 adet kaynak ayrıntılı şekilde analiz edilmiş ve öngörü yöntemi belirlenmesi için aşağıdaki kaynaklar seçilerek ele alınmıştır:

- Porter ve diğ. (2011)
- Jantsch (1967)
- Mishra ve diğ. (2002)
- Kang ve diğ. (2013)
- Türkmenoğlu (2017)
- Landeta ve diğ. (2011)

Seçilen kaynaklarda sınıflandırılan öngörü yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

Porter ve diğ. (2011):

- İzleme – Gözlem (*Monitoring*): Çevredeki bilgi kaynakları tanımlanır; bilgi toplanır, filtrelenir ve öngöründe kullanılacak şekilde yapılandırılır. Güncel farkındalığı olan konular üzerinde bir öngörünün yapılandırılması için kullanılabilir.
- Uzman Görüşü (*Expert Opinion*): Belirli bir alandaki uzmanların görüşleri alınır ve analiz edilir. Tanımlanabilir uzmanların bulunduğu ve veriler eksik olduğu için modellemenin zor veya imkansız olduğu konularda kullanılabilir.
- Eğilim Analizi (*Trend Analysis*): Konu ile ilgili matematiksel ve istatistiksel verilerin var olduğu durumda, veriler grafiklere aktararak gelecek ile ilgili öngöründe bulunulur.

- **Modelleme (*Modeling*):** Gerçek dünyanın bir kısmının yapısının ve dinamiklerinin basitleştirilmiş bir temsili olan akış diyagramları, basit denklemler, fiziksel modeller veya bilgisayar simülasyonlarından oluşur. Karmaşık sistemlerde kullanılabilir.
- **Senaryo (*Scenarios*):** Geleceğin bazı yönlerinin veya bugünden geleceğe giden yolların anlık görüntülerini içerir. Oldukça belirsiz durumlarda kullanılabilir.

Jantsch (1967): Alanında öncü kaynaklardan biri olan bu kitapta teknoloji öngörü yöntemleri çalışma tekniği ve organizasyonu açısından incelenmiştir.

- **Sezgisel Düşünme (*Intuitive Thinking*)**
 - **Beyin Fırtınası (*Brainstorming*):** Sistematiik olarak birkaç kişinin sezgisel düşünceye dayalı yeni fikirler keşfetmek için yaptığı konuşma, tartışmadır. Askeri öngörü yöntemi olarak kullanılabilir.
 - **Delfi Tekniği (*Delphi Technique*):** Tekrarlayan ve psikolojik etkilerden uzak beyin fırtınası olarak adlandırılabilir. Fikir birliği ile elde edilen bilgi ve görüş geribildirimi ile serpiştirilmiş sıralı bireysel sorgulama tasarımıdır. Sosyal, ulusal, kurumsal ve askeri hedefler öngörmek için kullanılabilir.
 - **Ütopya (*Utopia*):** Pozitif gelecek kurgusu olarak tanımlanan ütopya, edebiyat alanında kullanılabilir.
- **Keşifsel Öngörü (*Exploratory Forecasting*):** Güvenli bir ampirik temelden başlayarak, ölçülebilir veriler ile öngörü geliştirilir.
- **Kurala Dayalı Öngörü (*Normative Forecasting*)**
- **Geri Bildirim Teknikleri (*Feedback Techniques*):** Sonuç odaklıdır, ekonomi ve matematik alanlarında kullanılabilir.

Mishra ve diğ. (2002): Bu makalede teknoloji öngörü teknikleri; öznel, keşfe dayalı ve kuralcı yaklaşımlar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

- **Öznel Değerlendirme Yöntemleri (*Subjective Assessment Methods*)**
 - **Yönetici Görüş Jürisi (*Jury of Executive Opinion*)**
 - **Satış Gücü Birleştirme Yöntemleri (*Sales Force Composite Methods*)**

- Resmi Anketler ve Pazar Araştırmasına Dayalı Değerlendirmeler (*Formal Surveys and Market Research-based Assessments*)
- Bireysel Öznel Olasılık Değerlendirmeleri (*Individual Subjective Probability Assessments*)
- Keşif Yöntemlerine Dayalı Teknoloji Öngörülleri (*Exploratory Methods of Technological Forecasting*)
 - Senaryo Geliştirme (*Scenario Developments*)
 - Delfi Yaklaşımı (*Delphi Approach*)
 - Çapraz Etki Matrisleri (*Cross-impact Matrices*)
 - Eğri Uydurma ve Sınırlar (*Curve Fitting and Envelopes*)
- Kuralcı Yaklaşım Dayalı Teknoloji Öngörülleri (*Normative Approaches to Technological Forecasting*)
 - Model ve Simulasyonlar (*Models and Simulations*)
 - Ağ Teknikleri (*Network Techniques*)

Kang ve diğ. (2013): Bu çalışma; teknoloji, iletişim, sanayi, malzeme, enerji ve sağlık endüstrilerinin hangi öngörü yöntemini kullandığını araştırmakta ve ilişkilerini tanımlamaktadır. Teknoloji alanında kullanılan öngörü yöntemleri en sık kullanılanlardan en aza doğru aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

- Eğilim Analizi (*Trend Analysis*)
- İzleme – Gözlem ve Anlama Yöntemleri (*Monitoring and Intelligence Methods*)
- Uzman Görüşü (*Expert Opinion*)
- İstatiksel Yöntemler (*Statistical Methods*)
- Tanımlayıcı ve Matris Yöntemleri (*Descriptive and Matrices Methods*)
- Model ve Simülasyon (*Modeling and Simulation*)

Türkmenoğlu (2017): Yazar, eğitim programlarında veya profesyoneller tarafından kullanılan 6 adet tasarım yöntemini incelemiştir. Bu yöntemlerinin altında bulunan, geleceğe yönelik öngöründe bulunurken kullanılabilecek tasarım yöntemlerini

seçmiştir. Geleceğe yönelik olarak seçilen tasarım yöntemleri, üst başlıklar altında aşağıda sıralanmıştır;

- INNOWIZ (*Innovation Wizard*): Innowiz yöntemi, Ghent ve Howest üniversiteleri tarafından, tasarım eğitim programları için yaratıcılık araçlarından ve tasarım düşünme yöntemlerinden oluşturulmuştur. Türkmenoğlu, 115 tasarım yöntemi arasından 4 adet geleceğe yönelik tasarım yöntemi seçmiştir. Bu yöntemler:
 - Eğilim ve Teknoloji Zaman Çizelgeleri (*Trend and Technology Timelines*)
 - DesigninSite (*DesigninSite*)
 - Mobil VIP Kartları (*Mobility VIP Cards*)
 - Ağacı Keşfet (*Explore a Tree*)
 - Eğilim izleme (*Trendwatching*)
- 101 Tasarım Yöntemi: 101 Tasarım Yöntemi, tasarım planlaması konusunda çalışan Vijay Kumar tarafından yazılmış bir kitaptır. Türkmenoğlu, bu kitapta açıklanan 101 tasarım yöntemi arasından 5 adet geleceğe yönelik tasarım yöntemi seçmiştir. Bu yöntemler:
 - Eğilimler Uzmanı Röportajı (*Trends Expert Interview*)
 - Eğilimler Matrisi (*Trends Matrix*)
 - Dönem Haritaları (*Eras Map*)
 - Kukla Senaryosu (*Puppet Scenario*)
 - Öngörü Senaryoları (*Foresight Scenario*)
- Delft Tasarım Rehberi: Delft üniversitesi tarafından 2010 yılında endüstri ürünleri tasarımcıları için hazırlanan kılavuzda 36 adet tasarım yöntemi listelenmiştir. Türkmenoğlu, bu yöntemler arasından 1 adet geleceğe yönelik tasarım yöntemi seçmiştir. Bu yöntem:
 - Eğilim Analizi Yöntemi (*Trend Analysis Method*)
- Robert Curedale Tasarım Yöntemleri: Endüstri ürünleri tasarımcısı Curedale, yayınladığı kitabında 198 adet tasarım yönteminden bahsetmektedir.

Türkmenoğlu, bu yöntemler arasından 3 adet geleceğe yönelik tasarım yöntemi seçmiştir. Bu yöntemler:

- Gelecek Tekerleği (*Future Wheel*)
- Delfi Yöntemi (*Delphi Method*)
- Çizgi Grafik (*Line Chart*)
- IDEO Yöntem Kartları: IDEO tasarım firmasının başkanı Tim Brown, ürünleri tasarlamak ve yeni stratejiler geliştirmek için analitik araçlar ve üretken teknikler sunan yöntem kartları oluşturmuşlardır. Türkmenoğlu; gelecek, tahmin, öngörü sözcüklerini içeren yöntemleri araştırmış ve 51 yöntemden 4'ünü geleceğe yönelik tasarım projeleri ile ilişkili bulmuştur. Bu yöntemler:
 - Tarihsel Analiz (*Historical Analysis*)
 - Uzun Vadeli Tahminler (*Long Range Forecasts*)
 - Gelecek Yıl Başlıkları Tahmin (*Predict Next Years Headlines*)
 - Senaryo Testi (*Scenario Testing*)
- MAPS: MAPS; tasarım araştırmacılarına “problemleri belirleme/kategorize etme, tasarım araştırmasının rolünü belirleme, süreçle ilgili yöntemleri seçme ve tasarım bilgileri” imkanı sunan bir çevrimiçi platformdur. Sihirbaz, Planlayıcı ve Referans. İlk başta kullanıcının üzerinde çalıştığı projenin doğasını anlamak için bir anket sunar. Daha sonra planlayıcı bölümü kullanıcının projeyi kurmasını ve belgelemesini destekler. En son referans bölümü, 200'den fazla yöntem, şablon ve bağlantı içeren bir yöntem veri tabanıdır. Türkmenoğlu, bu yöntemlerden 12 adet geleceğe yönelik tasarım yöntemi seçmiştir. Bu yöntemler:
 - PEST Analizi (*PEST Analysis*)
 - Uzun Vadeli Tahmin (*Long Range Forecast*)
 - Senaryo Planlama (*Scenario Planning*)
 - Sosyal ve Etik Simülasyonu (*Social and Ethical Simulation*)
 - Senaryo Testi (*Scenario Testing*)
 - Eğilim Analizi (*Trend Analysis*)

- Eğilim Kümelenmesi (*Trend Clustering*)
- Gelecek Yıl Başlıkları Tahmin (*Predict Next Years Headlines*)
- Ürün Katman Haritası (*Product Segment Map*)
- Tarihsel Analiz (*Historical Analysis*)
- Senaryo Tekniği (*Scenario Technique*)
- Geçmişe Yönelik Öngörü (*Backcasting*)

Landeta ve diğ. (2011): Bu makalede, öncelikle teknoloji öngörüsünde kullanılabilecek 3 yöntem ele alınıyor, daha sonra bu yöntemlerin birleştirildiği bir Hibrit Delfi Yöntemi öneriliyor.

- Odak Grubu (*Focus Group - FG*): Odak Grup çalışması, belirli bir ilgi alanı ile ilgili, moderatör dahilinde fakat yönlendirilmeden bir atmosfer içinde bilgi elde etmek için tasarlanmış, dikkatle planlanmış tartışmalar veya mülakatlardır.
- Nominal Grup Tekniği (*Nominal Group Technique - NGT*): Fiziksel olarak bir arada olan bir gruba yöneltilen sorunun sırayla cevaplanması ve sonra cevapların oylanması şeklinde ilerleyen bir süreçtir.
- Delfi Tekniği (*Delphi Technique - DT*): Delfi yöntemi; anonim bir grup uzmandan, yinelenen süreç içerisinde güvenilir grup görüşü almayı amaçlayan bir sosyal araştırma tekniğidir.
- Hibrit Delfi Yöntemi (*Hybrid Delphi Method*): Sırasıyla FG, NGT ve DT yöntemlerinin uygulandığı bir hibrit yöntemdir. Burdaki amaç yöntemlerin etkinliğini arttırmak ve birbirlerinin olumsuz yönlerini tolere edebilmelerini sağlamaktır.

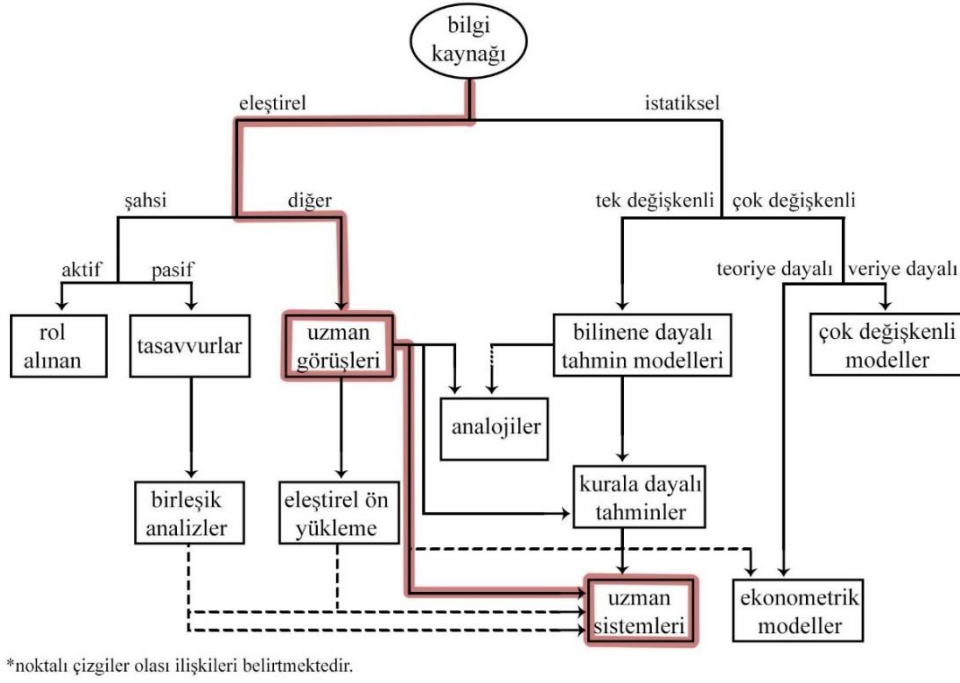
2.2.2 Öngörü yöntemi olarak Delfi yönteminin seçilmesi

İncelenen kaynaklarda bulunan gelecek tahmini yöntemlerinden seçim yaparken;

“öngörü süreçleri, ölçekleri, kullanım alanları, mimarlık/inşaat ile ilgili öngörülerdeki kullanılabilirlikleri, veri gereklilik düzeyleri, kaynak gereksinimleri, uzmanların sahip olması gereken bilgi düzeyleri”

kriterlerinin yanı sıra, öngörü yöntem seçimi şemalarından yararlanılmıştır.

Armstrong (2001)'de bulunan şemada çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda ilerlendiğinde Şekil 2.1'de gösterildiği gibi önce “Uzman Görüşleri (*Expert Opinion*)” daha sonra “Uzman Sistemleri (*Expert System*)” yöntemine ulaşılmıştır.



Şekil 2.1: Öngörü yöntemlerinin özellikleri ve ilişkileri (Armstrong, 2001).

Sharma (2018)'de bulunan 2 şemada da yine çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda Şekil 2.2'de ve Şekil 2.3'de “Delfi” yöntemlerine ulaşılmıştır.

özellikler → yöntemler ↓	verilere bağlılığı	tahminin doğası	uygulama süresi	tahmin aralığı	yöntem kategorileri		
					gözlem	tahmin	müdahale
Etnografya	hayır	Y	U	Y + O			●
Anket	hayır	Y + T	K U	Y			●
Delfi	hayır	T	U	O + U			●
Tasarım odaklı düşünme	hayır	Y	K	Y + O + U			●
Çevresel tarama	evet	Y	U	U	●		
Tasarım trend analizi	evet	Y	U	O + U	●		
Nystrom'un çerçevesi	evet	Y	U	O	●		
Makine öğrenimi	evet	Y	K	Y	●		
İstatistiksel model	evet	N	K	Y		●	
Çapraz etki analizi	evet	T	K	Y		●	
Karar analizi	evet	T	K	Y		●	
Morfoloji analizi	evet	Y	U	O		●	

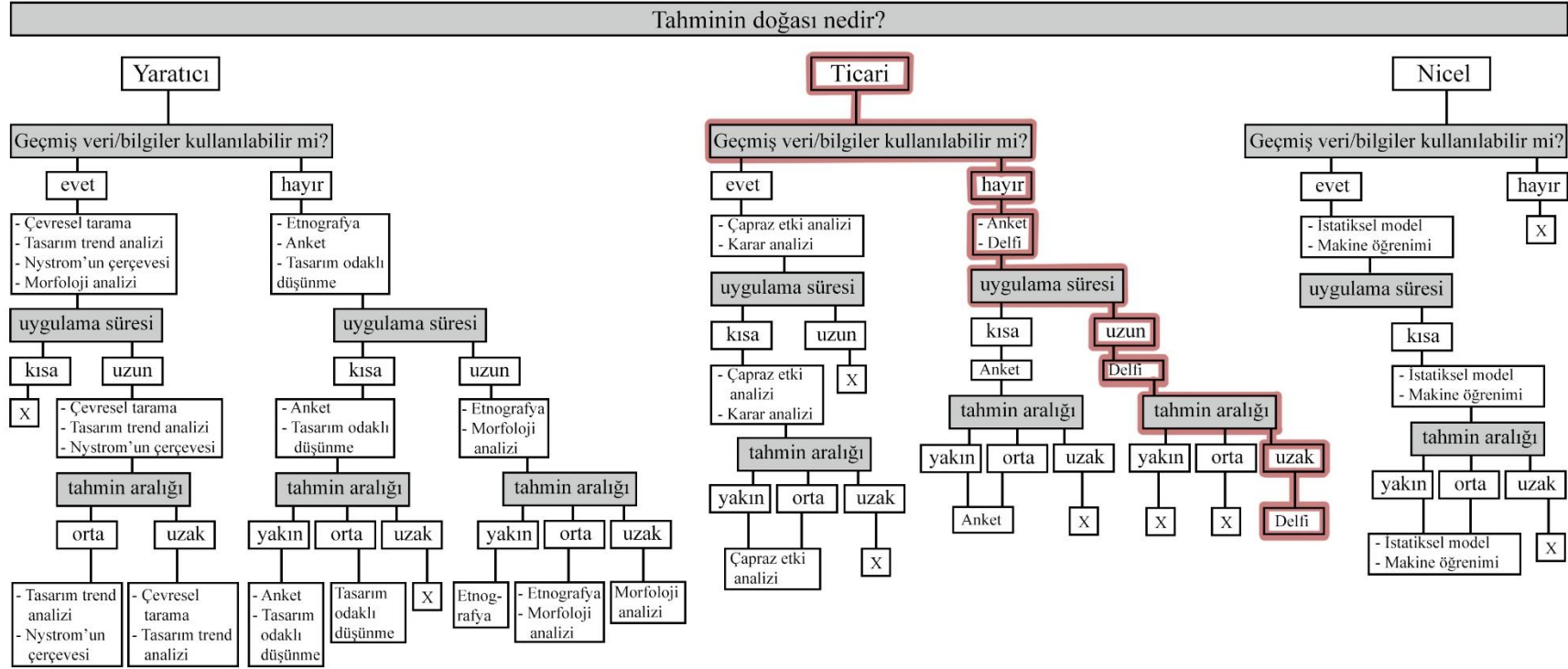
Var olan verilerin kullanılabilirliği:
 - evet (E)
 - hayır (H)

Tahminin doğası:
 - yaratıcı (Y)
 - ticari (T)
 - nicel (N)

Uygulama süresi:
 - kısa (K)
 - uzun (U)

Tahmin aralığı:
 - yakın (Y)
 - orta (O)
 - uzak (U)

Şekil 2.2: Kompozit tahmin çerçevesi: Tahmin yöntemlerinin sistematik olarak düzenlenmesi, özellikleri, gereklilikleri (Sharma, 2018).



Şekil 2.3: Tercihlere göre öngörü çerçevesi (Sharma, 2018).

Tüm bu seçim şemaları ve çalışmanın özellikleri gözetilerek “Delfi (*Delphi*)” yöntemi uygulanmak üzere seçilmiştir.

2.2.3 Delfi yöntemi

Delfi’nin kelime anlamı

Tübitak (2004) tarafından hazırlanan 2003 – 2023 strateji raporunda “Delphi” yöntemi Türkçe’ye “Delfi” olarak çevrilmiştir. Bu sebeple bu çalışmada da Delfi yöntemi olarak kullanılacaktır.

İnsanlığın geleceklerini tahmin etme arzusu, geçmişten itibaren süregelen bir davranıştır. “Delfi” Klasik Yunan mitolojisindeki “Delfi kahini (*Oracle of Delphi*)”nden gelmektedir. Yunan mitolojisinde Delfi, geleceği öngörme kabiliyeti ile ünlü olan ve önemli kehanetlerde bulunan ejderha Pathos’un yaşadığı yerdir (Keeney ve diğ., 2011).

“Delfi” kavramı ilk olarak, 1950’lerin başlarında, Hava Kuvvetleri destekli Rand Corporation şirketinin uzman görüşünün kullanımı ile ilgili çalışmasında kullanılmıştır. Çalışmanın amacı bir grup uzmanın, kontrollü geri bildirimlerde bulunularak, bir dizi yoğun anket ile en güvenilir görüş birliğini elde etmektir. Ancak, ilk çalışmadan sonra, savunma topluluğu dışındaki bireylerin dikkatini bu yöntem çekmesini sağlayan Gordon ve Helmer (1964) tarafından yayınlanan “Uzun Vadeli Tahmin Çalışması Raporu” başlıklı rapor olmuştur. Bu çalışmanın amacı uzun vadeli eğilimlerin toplumlara, dünyaya ve özellikle bilime ve teknolojiye olası etkilerini incelemektir. Uzun vade 10-50 yıl aralığında tanımlanmıştır (Linstone ve Turoff, 2002).

Delfinin tanımları

Linstone ve Turoff (2002)’a göre “Delfi, bir grup iletişim sürecini yapılandırmak için bir yöntem olarak karakterize edilebilir, böylece süreç bir grup bireyin bir bütün olarak karmaşık bir problemle başa çıkmasına olanak sağlar.”

Weber ve Ladkin (2003), bir veri toplama tekniği olarak Delfi’yi, bir organizasyon veya endüstriyi etkileyebilecek faktörler üzerindeki belirsizliğin, konuyla ilişkili uzmanların bir tepki görme korkusu olmadan serbestçe tartışılabildiği, tasarımdan ilham alan bir öngörü projesi olarak tanımlamaktadır (Buhning ve Koskinen, 2008’de atıfta bulunulduğu gibi).

Woudenberg (1991) ve Dalkey (1969)'e göre Delfi yönteminin 3 önemli özelliği bulunmaktadır. Bunlar:

- Anonimlik: Uzman katılımcıların cevapları posta veya e-posta ile alınır ve anonim olarak değerlendirilir.
- Kontrollü geri bildirim: İkinci tur ve sonrasında, bir önceki turun tüm sonuçları tüm katılımcılara istatistiksel bir formatta sunulur, böylece geri bildirimde sahip uzman herhangi bir baskı hissetmeden fikirlerini yeniden sorgulayabilir.
- Birden fazla tur: Birbirini tekrar eden birden fazla tur vardır, böylece sorular farklı formatlarda yeniden sorulabilir ve uzman her turda fikrini değiştirebilir.

Kullanılan çalışma alanları

Skulmoski ve diğ. (2007)'nin çeşitli kaynaklardan derlediği yöntemin kullanım alanları şu şekildedir;

- Yöntem bir yargılama, karar verme veya öngörü aracı olarak kullanılabilir (Rowe ve Wright, 1999).
- Program planlama ve yönetiminde uygulanabilir (Delbeq, Van de Ven ve Gustafson, 1975).
- Bir sorun hakkında eksik bilgi olduğunda kullanılabilir (Adler ve Ziglio, 1996; Delbeq ve diğerleri, 1975).
- Analitik tekniklerden ziyade, kolektif bir temelde bireylerin öznel kararlarından faydalanılabilir (Adler ve Ziglio, 1996) ve kolektif insan zekası eldeki problemin çözümü için kullanılabilir (Linstone ve Turliff, 1975).
- Henüz var olmayanları araştırmak için kullanılabilir (Czinkota ve Ronkainen, 1997; Helal, Kull ve Leffmann, 1997; Skulmoski ve Hartman 2002).

Avantaj / dezavantajları

Avantajlar:

Mishra ve diğ. (2002)'ne göre öngörü yöntemi olarak Delfi kullanımının avantajları:

- Güvenilirlik
- Doğruluk
- Uzmanlar tahminleri kolayca değiştirebildiği için esnekliği yüksektir.

- Tahmin sırasında değişikliğe imkan sağladığı için diğer yöntemlere göre daha dinamikdir.
- Nispeten basit ve uygun maliyetlidir.
- Geçmişe yönelik verilerin sınırlı olduğu durumlarda kullanılabilir.

Dezavantajları:

Mishra ve diğ. (2002)'ne göre öngörü yöntemi olarak Delfi kullanımının dezavantajları:

- Uzman tanımını yapmak zordur.
- Birbirini takip eden turlarda aynı uzman grubuyla çalışmak zor olabilir.
- Teknolojik değişikliklerle ilgili tahmin yapılırken ekonomik ve toplumsal boyutların ele alınması zordur.

2.2.4 Bu çalışmada kullanılan Delfi yöntemi

Uzman ve tur sayıları kararı

Delfi yönteminin yıllar içinde birçok varyasyonu kullanılmıştır. Çalışmalarda tur sayıları 2-10 arasında değişmektedir (Woudenberg, 1991). Sonucunda ortak tek bir karar isteniyorsa ve uzman grubu heterojen ise, üç veya daha fazla tur gerekebilir. Bununla birlikte, amaç görüş farklılıklarını görmek ise ve uzman grubu homojen ise, teorik doygunluğa ulaşmak veya yeterli bilgiyi ortaya çıkarmak için üç turdan daha azı yeterli olmaktadır. Yöntem olarak Delfi yöntemini kullanan 1981-2006 yılları arasında yapılmış 41 doktora tezinden 7 tanesi 2 tur, 29 tanesi 3 tur, 4 tanesi 4 tur, 1 tanesi 5 tur olarak uygulamıştır. Bu tezlerdeki uzman sayıları 8-345 arasında değişmekle beraber ortalama uzman sayısı 42'dir (Skulmoski ve diğ., 2007).

Dalkey (1969)'ye göre sonuçların doğruluğunun uzman sayısı ile ilişkisi Şekil 2.4'de görülmektedir. Grafiğe göre, uzman sayısı 1-29 arasında iken sayı arttıkça yanlışlık oranı hızla düşerken, 29 uzmandan sonrasında bu etki azalmaktadır.



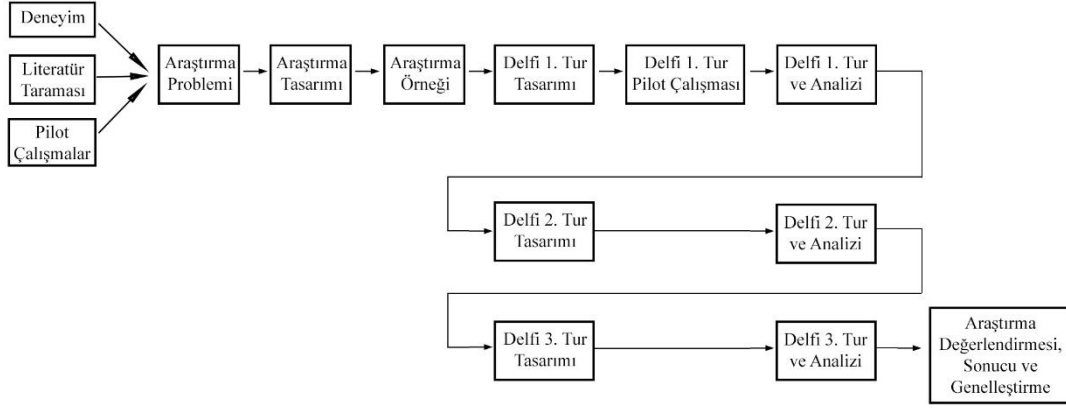
Şekil 2.4: Grup hata oranının gruptaki uzman sayısı ile ilişkisi (Dalkey, 1969).

Daha önce yapılan Delfi araştırma örnekleri incelendiğinde; bir yüksek lisans tezi olan bu çalışmanın, uzmanların ayırabileceği vakitler ve tek bir karara ulaşılmaktansa farklı fikirlerin ortaya çıkmasının amaçlandığı da göz önünde bulundurularak 2 tur olarak ve 30 – 40 uzmanla yapılmasına karar verilmiştir.

Delfi akış şeması

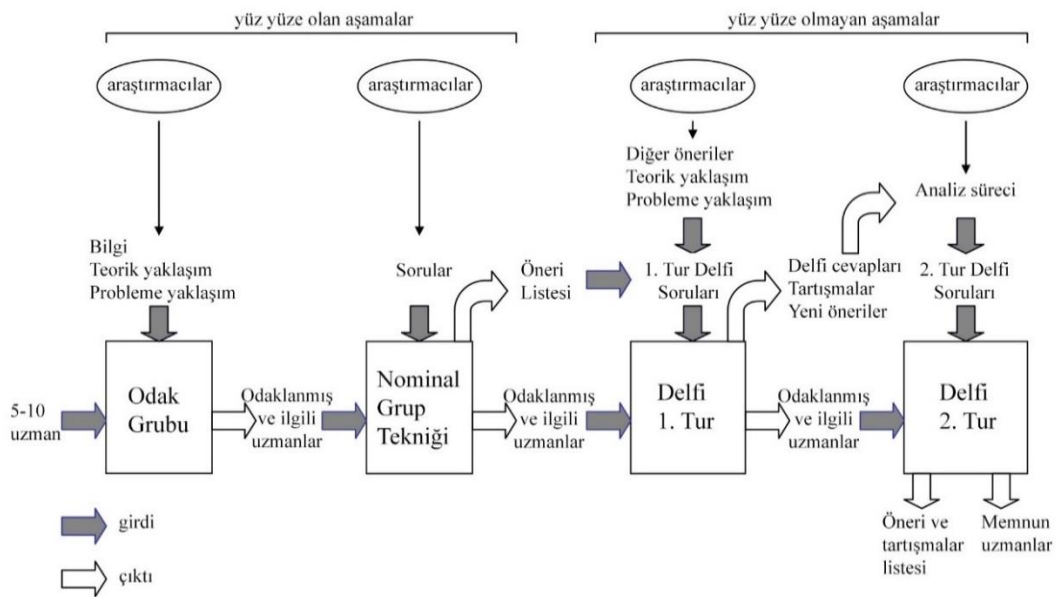
Skulmoski ve diğ. (2007), “Lisansüstü çalışmalarda Delfi kullanımı” başlıklı makalesinde lisansüstü çalışmalarda Delfi yönteminin kullanımını ele almıştır. Şekil 2.5’de bu makalede derlenen üç aşamalı örnek bir Delfi süreci gösterilmiştir. Süreç, araştırma sorusunun belirlenmesi ile başlamaktadır. Araştırma sorusu çeşitli yollardan türetilir. Örneğin, öğrenci danışmanın yardımıyla birlikte geliştirilebilir, araştırmacı kendi endüstri deneyiminden yola çıkılabilir, teorik bir boşluğun olup olmadığını belirlemek için literatür gözden geçirilebilir. Uygulanabilir bir araştırma sorusu geliştirdikten sonra, çalışma bütünden parçaya doğru tasarlanmaya başlanır. Delfi sürecinde hem nitel hem de nicel yöntemler kullanılabilir. Bunun yanında Delfi yöntemi araştırma projesinin sadece bir bileşeni olabilir. Çalışma tasarlandıktan sonra uzmanlar belirlenir. Delfi çıktısı, uzman görüşlerine dayandığı için katılımcıların seçilmesi kritik bir bileşendir. Uzmanlar belirlendikten sonra sırayla ilk turun odak sorusunun geliştirilmesi, prosedürün ve soruların test edilmesi için pilot çalışmanın yapılması ve ilk turun gerçekleştirilmesi adımları izlenir. İlk turda sorular katılımcılara dağıtılır, cevaplar araştırma paradigmasına göre analiz edilir ve katılımcılar ile paylaşılır. Bu turda tartışma sözlü olarak geliştirilerek ek cevaplar eklenebilir. İlk tur cevapları, araştırma hedeflerine bağlı olarak ikinci turdaki soruların odağını yönlendirebilir. İlk turun amacı bir liste oluşturmaksa, ikinci turda bu liste amaç

doğrultusunda indirgenir. İkinci turda da sorular katılımcılara iletilir ve aynı zamanda ilk turda verdikleri cevapları değiştirebilme imkanı tanınır. İkinci tur cevap analizi yapıldıktan sonra, üçüncü tur soruları geliştirilir. Tipik olarak, sorular her turda araştırmanın özelliklerine daha fazla odaklanır. Üçüncü tur, ikinci tura benzer bir şekilde gerçekleştirildikten sonra eğer hedeflenen sonuca ulaşırsa çalışma sonlandırılır.



Şekil 2.5: Üç aşamalı klasik Delfi süreci (Skulmoski ve diğ., 2007).

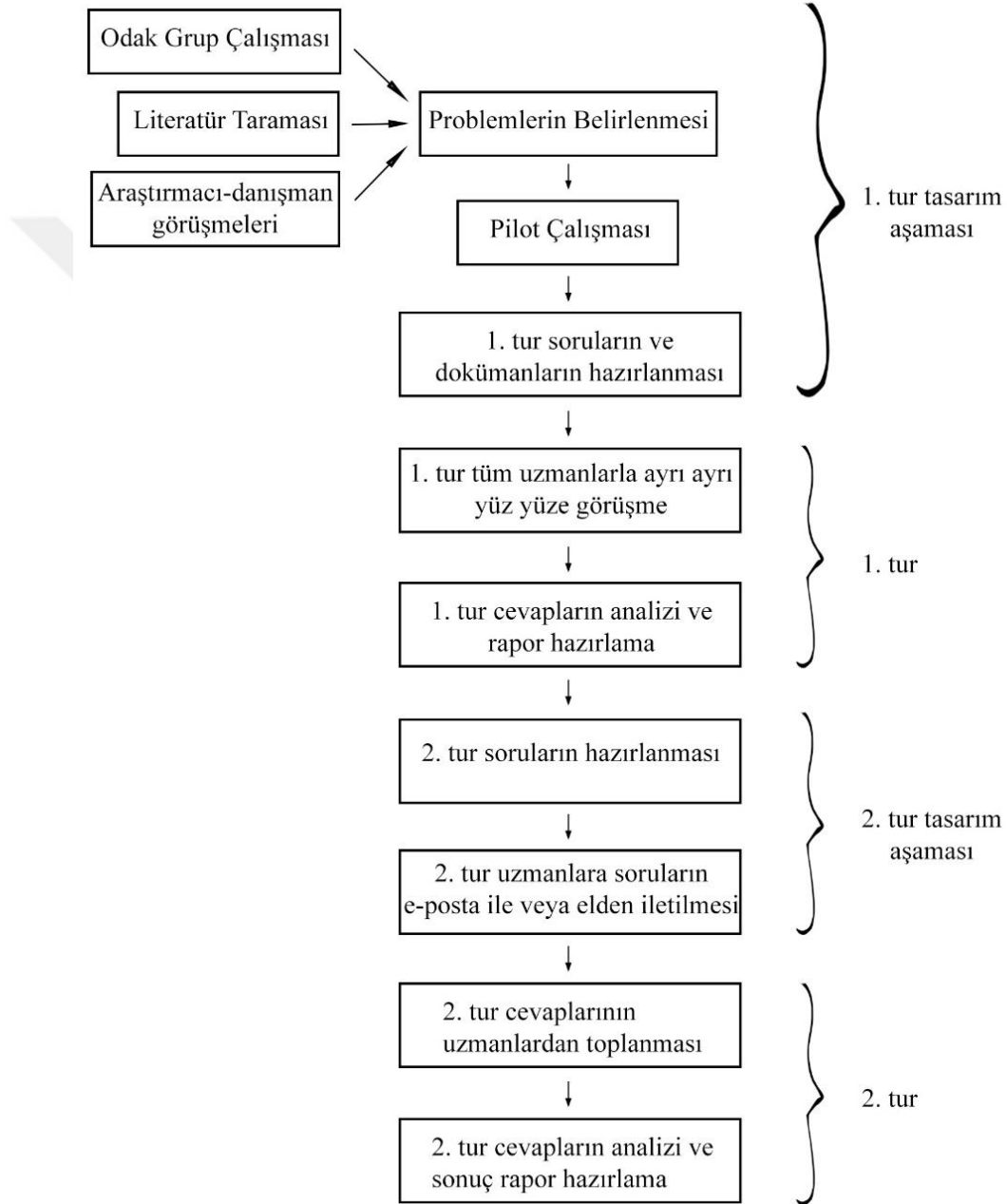
Bu tez çalışmasında uygulanacak Delfi yöntem akışının ilk turunda, çeşitli kurumlarda görevli olan uzmanların yoğun programlarından dolayı bir araya getirilip karşılıklı beyin fırtınası yapılamayacağı için Landeta (2011)’de tanımlanan “Hibrit Delfi” yönteminde olduğu gibi (Şekil 2.6) ilk turdan önce bir “Odak Grup (*Focus Group*)” çalışması yapılması uygun görülmüştür.



Şekil 2.6: Hibrit Delfi süreci (Landeta, 2011).

Odak grup çalışması, konuyla ilgili 3-10 kişilik bir uzman grubunun, moderatör yönetiminde verilen anahtar kelimeler ya da giriş sorularıyla yaklaşık bir saat boyunca tartıştıkları ve konu bağlamında fikir yürüterek, sorgulamalar yaparak farklı bakış açıları getirdikleri bir süreçtir (Landeta, 2011).

Böylelikle bu çalışmada kullanılan Delfi yönteminin akış şeması Şekil 2.7'deki gibidir.



Şekil 2.7: Bu çalışmada uygulanan Delfi yöntemi akış şeması.

Delfi yöntemi için öngörüde bulunulacak uzmanların seçimi

Öngörü kapsamında görüşlerine başvurulacak uzmanların ‘uzmanlık’ seviyesinin çalışma sonuçlarına etkisi geçmişten günümüze tartışılmaktadır. 2000 yılı öncesi geleneksel yaklaşıma sahip yayınlar; sadece ‘uzmanlık’ seviyesi yüksek ve orta düzey olan uzmanlarla çalışılması gerektiğini savunmaktadır. Dünyada teknoloji öngörüsünü bugünkü anlamıyla ilk uygulayan Japon araştırmacılar halen Delfi analizini sadece ‘uzmanlık’ seviyesi yüksek uzmanların katılımıyla yapmaktadırlar (Rauch, 2003; Wonglimpiyarat, 2006) (Demirbaş ve Polat, 2010’da atıfta bulunulduğu gibi). Buna karşılık İngiltere ve Avrupa Birliği’nde yürütülen teknoloji öngörü projelerinde çalışanlar, özellikle son yıllarda, her seviyeden uzman bulunması gerektiğini, bunun farklı bakış açıları kattığını aksi halde çalışmanın dar bir bakış açısında kaldığını savunmaktadır (Georghiou, 2000; Tegart, 2005) (Demirbaş ve Polat, 2010’da atıfta bulunulduğu gibi).

Bu yaklaşımlar göz önünde bulundurulduğunda çalışmada farklı uzmanlık seviyelerinden uzmanların görüşüne başvurulmasına karar verilmiştir.

Ramadurai & Becattini (2013), uzman tanımlamasını, “odaklanılan teknoloji hakkında bilgi sahibi olan kişiler” olarak yapmakta ve uzmanlık seviyelerini aşağıdaki kriterler doğrultusunda belirlemektedir:

- Yayın sayısı,
- Deneyim yılı,
- Uzmanlık alanı,
- Meslek kuruluşlarına üyeliği,
- İtibar (diğer uzmanlardan gelen öneri sayısı ile ölçülür) ve
- Coğrafi kapsam

Yukarıdaki kriterler göz önünde bulundurularak,

a. Akademisyen uzmanlar

- İstanbul’daki mimarlık bölümü başarı sıralaması ilk sıralarda olan dördü devlet ve ikisi özel olmak üzere toplam 6 farklı üniversiteden (İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar

Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Bilgi Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi),

- Yapı bilgisi alanında yüksek lisans yapmış ve yapı bilgisi ana bilim dalında görev yapan,
- Mimari yapım teknolojileri, detay tasarımı, ... üzerinde çalışmaları bulunan, pratikte de aktif olarak bu alanlar üzerinde çalışmış/çalışmakta olan,
- 25 yıl ve üstü , 25 – 15 yıl arası, 15 – 5 yıl arası, 5 yıl ve daha az olmak üzere farklı derecelerde deneyime sahip

Öğretim Elemanı/Öğretim Görevlisi ünvanlarına sahip toplam 25 akademik personele mail yoluyla davet gönderilmiş, geri dönüş yapan 20 kişiyle görüşlerine başvurmak üzere iletişime geçilmiştir.

b. Sektörel uzmanlar

- Türkiye’deki üniversitelerin mimarlık bölümlerinden mezun,
- Sektörde aktif olarak üretime yönelik ayrıntıda detay tasarlayan/tasarlamış,
- 25 yıl ve üstü , 25 – 15 yıl arası, 15 – 5 yıl arası, 5 yıl ve daha az olmak üzere farklı derecelerde deneyime sahip

Toplam 25 mimara mail yoluyla davet gönderilmiş, geri dönüş yapan 19 kişiyle görüşlerine başvurulmak üzere iletişime geçilmiştir.

Uzmanlara konu ile ilgili verilecek ön bilginin hazırlanması ve soruların belirlenmesi

Konunun yeni bir teknoloji ile ilgili olması, mimarlık alanındaki örneklerinin ülkemizde bulunmaması ve dünyada ise sınırlı sayıda olmasından dolayı uzmanlara detaylı bir ön bilgi hazırlanmıştır. Bu bilgiler;

- Öngörü çalışmasının amacı
- Delfi yönteminin tanımlanması
- Öngörü süreci
- 3B baskı tanımı ve kullanım alanları
- 3B baskının mimarlıkta kullanılan malzeme kataloğu

- 3B baskı ile yapılmış “bina” ve “bina bileşen ölçeği” örnekleri
- 3B baskı tasarım ve basım süreci
- Geleceğe yönelik, mimarlıkta 3B baskı kullanım senaryoları (2028, 2035, 2058 yıllarına ait örnek detay bölgesi çizimleri ve 3B baskı kullanılarak üretilmiş 1/1 prototipleri ile)

Yukarıdaki ön bilgiler uzmanlara aktarıldıktan sonra, çalışmanın ana problemi; “Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” ve odak grup çalışmasından, literatürden ve araştırmacı-danışman görüşmelerinden elde edilen 21 alt soru uzmanlara yöneltmek üzere hazırlanmıştır.

Pilot çalışması

Hazırlanan ön bilgilerin anlaşılma düzeyini arttırmak, görüşme süresini belirlemek ve süreçte yaşanabilecek sorunları önceden farkedebilmek amacıyla 2 akademik 1 sektörel uzman ile pilot çalışması yürütülmüştür. Sonuçlar doğrultusunda görüşme süresi yaklaşık 45-60 dk olduğu belirlenmiş ve yöneltilen sorularda çalışmanın amacı doğrultusunda iyileştirmeler yapılmıştır.

1. tur - uzmanlarla ilk görüşmenin yapılması

McKenna (1994), "kişisel dokunuş" un geri dönüş oranlarının artırılmasına yardımcı olabileceğini öne sürmüştür, ve kendi çalışmasında ilk turu yüz yüze görüşme ile yaptığında % 100'lük bir yanıt oranı elde etmiştir ki bu bir Delfi çalışmasında oldukça nadirdir (Keeney ve diğ., 2011’de atıfta bulunulduğu gibi). Bu sebeple hem “kişisel dokunuş”ta bulunulması hem de ön bilgilendirme sunuşunun yapılabilmesi ve sürecin araştırmacı ile uzman arasında karşılıklı konuşma şeklinde yürütülebilmesi için uzmanlarla yüz yüze görüşme yöntemi seçilmiştir. Ön bilgilendirme yapıldıktan sonra uzmana soru seti sunulmuş ve cevaplar hem yazılı hem sesli olarak kaydedilmiştir.

1. tur cevapların analizi, raporunun hazırlanması ve 2. tur sorularının hazırlanması

Scott ve Black (1991), uzman panellerinde konsensüs olup olmadığını sorguladıkları araştırmalarında ilk tur sonunda aykırı görüşler elendiğinde geniş fikir skalası bozulmadan ortak fikirlere daha kolay ulaşılabilirdi sonucuna varmışlardır (Keeney ve diğ., 2011’de atıfta bulunulduğu gibi). Bu sebeple en az iki uzmanın verdiği cevaplar arasından en çok sayıdaki ilk beş cevap ikinci tura aktarılmıştır.

İlk turda verilen cevapların istatistiki verileri ikinci turda rapor olarak sunulmuştur. Woudenbergh (1991)'e göre, istatistiksel geri bildirimler en fazla sayıyı alan cevabı ya da tüm dağılımları içerebilmektedir. Bu sebeple, daha anlaşılır olması için sadece ikinci tura aktarılan cevapların yüzdelik değerleri uzmanlara rapor olarak sunulmuştur.

Eğer yeterli konsensüs değerine ulaşıldıysa, ki bu çalışmanın amacına göre %51 ile %100 arasında değişmekte, tur o aşamada sonlandırılabilir (Keeney, 2011). Bu sebeple bu çalışma için %80 olarak belirlenen konsensüs değerine ilk turda ulaşan 6 soru ikinci tura aktarılmamıştır.

1. tur raporunun ve 2. tur sorularının uzmanlara iletilmesi

Hazırlanan rapor ve 2. tur soruları -istekleri doğrultusunda - 29 uzmana e-posta yoluyla ve 10 uzmana elden olmak üzere, ilk tura katılan tüm uzmanlara iletilmiştir. İlk tura katılanlardan 1 kişi 2. tura katılmak istemediğini belirterek soruları cevaplandırmamıştır. Bu turda araştırmacı süreci yönlendirmediği için iletilen ikinci tur soruları ve ilk tur analizi ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

2. tur raporunun hazırlanması ve çalışmanın sonucu

Uzmanlardan alınan 2. tur cevapları her bir soru özelinde tablolarda derlenmiştir. Daha sonra bu bilgiler verilere dönüştürülerek grafiksel bir anlatım haline getirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Delfi çalışması sonuçlarına göre yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçlerine olası etkilerinin belirlenmesi için detay tasarım yöntemlerinin alt süreçleri ele alınarak Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirilmiştir.

2.3 Tasarım Yoluyla Araştırma Yöntemi ile Tasarım Senaryosu Geliştirme

Tasarım yoluyla araştırma (*Research through design*); tasarım pratiğini yöntem ve süreçleri meşru bir sorgulama ve araştırma yöntemi olarak kullanan bir yaklaşımdır (Herriott, 2019). Bu yöntemde hedef; Frayling (1993)'de tanımlandığı gibi belirli veriler üzerinden bir tasarıma ulaşmaktır. Bu çerçevede süreç içerisinde izlenen adımlar ve bu adımların tasarıma kattığı yeni ve farklı deneyimler raporlanır. Tasarım yolu ile kurulacak iletişim sözlü olarak değil sonuçta ortaya çıkacak ürün vasıtası ile sağlanmaktadır (Koca, 2017'de atıfta bulunulduğu gibi).

Bu yaklaşımla, üzerinde düşünmek için belirli bir bağlamdan uzaklaşarak tarafsız ve nesnel bir bakış açısıyla yürütülen “teorik” çalışmaların ve bir örneklem alanında özelleşen “pratik” çalışmaların birbirine bağlanması ve araştırma sonuçlarının bir tasarım üzerinde uygulanması sağlanmaktadır (Friberg, 2010).

Tasarım yoluyla araştırma yöntemi çerçevesinde; günümüz teknolojileri için tasarlanmış, 5.2. bölümde seçilen birleşim bölge detayı uzman görüşlerinden çıkarılan sonuçlar doğrultusunda, 3B baskı teknolojisine göre yeniden tasarlanmıştır.

Delfi sonuçlarının tasarım girdisine dönüştürülmesi

2.2. bölümde anlatıldığı gibi gerçekleştirilen Delfi öngörü çalışmasında elde edilen sonuçlar, varsayımsal bir gerçeklik olarak kabul edilerek, her biri birer “tasarım girdisi”ne dönüştürülmüştür. Bu tasarım girdilerinden yola çıkılarak mevcut detay adım adım 3B baskı teknolojisi için yeniden tasarlanmıştır. Tasarım aracı olarak dijital modelleme kullanılmıştır.

2.4 3B Baskı ile Detay Prototipi Üretimi

Houde & Hill (1997), prototiplerin tasarım pratiğinde cevapladıkları soruları, “rol”, “görünüm ve his” ve “uygulama” olarak üç şekilde ifade eder. Tasarımın rolü, kullanıcının hayatında sunduğu işlevi ifade ederken; görünüm ve his, kullanıcının neye baktığı, hissettiği ve duyduğu ile ilgili soruları karşılamaktadır. Uygulama ise tasarımın tekniğini ve bileşenlerini kapsamaktadır. Ürün gelişiminden ziyade araştırma projelerinde kullanılan araştırma prototiplerinin amacı ise teorik literatürden gelen sorulara veya bir araştırma programına cevap veren kavramları açıklamak ve test etmektir (Koskinen & Frens, 2017).

Bu amaçlara ek olarak gerçekleştirilen tasarımın üretilebilirliğini test etmek ve genel 3B baskı kurallarını örnek bir üretim üzerinde denemek için prototip üretimi yapılmıştır.

Baskı için 3B yazıcı araştırması yapılması

Baskı üretimini gerçekleştirebilmek için ücretsiz yararlanılabilecek bir 3B yazıcı ihtiyacı oluşmuştur. Bunun için hem çeşitli oluşumlarda hem de üniversite laboratuvarlarında bulunan yazıcılar listelenmiştir.

Büyük boyutta baskı haznesi olması, üniversite bünyesinde/kullanım izninin olması, çift ekstrüzyonlu olması, uzun süreli baskılarda sorun yaşamaması, kolay ulaşılabilir olması

kriterleri göz önünde bulundurularak,

102b Bilişim laboratuvarı / Mimarlık Fakültesi – Ultimaker3 Extended

3B yazıcısı seçilmiş ve kullanımı için gerekli izinler alınmıştır.

Baskıda kullanılacak filament kaynak temini

Baskı sarf malzeme ihtiyacını karşılamak için bütçe aranmış ve

İTÜ BAP birimi - Yüksek Lisans Tez projesi desteği

için başvuru yapılmış olup proje kabul edilmiştir. Proje süreci başarılı bir şekilde yürütülerek gerekli raporlar sunulmuş, harcanacak filament miktarı ve gerekli yazıcı parçası CURA programı ile belirlenmiş, bütçe hesaplanmış,

Colorfabb ECO PLA 2.85 mm 2200gr 17 Adet

Colorfabb PLA - BEYAZ - 2.85MM 750GR 2 Adet

Ultimaker Print Core AA 0.8mm 1 Adet

Ultimaker PVA - 350g 1 Adet

Toplam Tutar: 6.133,81TL (KDV Hariç)

ihtiyaç listesi oluşturulmuş ve satın alma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tasarımların baskıya hazır hale getirilmesi

Detay tasarımlarının baskıya hazır hale getirilmesi için,

bilgisayar modelinin oluşturulması, modellerin baskı öncesi boşluk kontrollerinin yapılması, makina boyutlarına uygun ölçülere bölünmesi, destek gereken yerlerin belirlenmesi

düzenlemeleri yapılmıştır.

Baskıyı gerçekleştirme ve üretim aşamalarının gözlemlenmesi

Baskıya hazır hale getirilen tasarımın prototipi parçalar halinde üretilmiş, üretim süreci gözlemlenmiş ve daha sonra parçalar birleştirilmiştir.



3. MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ VE MİMARİ YAPIMA YÖNELİK AYRINTIDA TASARIM

3.1 Mimari Yapım Teknolojileri

Bu bölümde ilkel dönemden başlayarak günümüze kadar uzanan mimari yapım teknolojileri sınıflandırmaları ve özellikleri incelenmiştir.

21.yy'ın ilk çeyreğine kadarki yapım teknolojileri

Yapım sistemleri dar veya geniş kapsamlı olmak üzere çok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Endüstrileşme düzeyine göre sınıflandırma, yapım teknolojileri ile doğrudan bağlantılı olan sınıflandırma biçimidir (Utkutuğ, 1981). Bu çalışmada Lami Eser'in (1977) endüstrileşme aşaması açısından günümüze kadarki yapım sistemleri gruplandırması temel alınmıştır;

- İlkel yapım sistemleri
- Geleneksel yapım sistemleri
- Endüstrileşmiş yapım sistemleri
 - Geliştirilmiş geleneksel yapım sistemleri
 - Monolitik yapım sistemleri
 - Büyük hazır (prefabrik) bileşenlere dayanan endüstrileşmiş yapım sistemleri

İlkel yapım sistemleri

İlkel yapım yöntemleri ile yerel malzemeler kullanılarak oluşturulan sistemlerdir (Eser, 1977). Girişimci, yapımcı ve kullanıcının aynı kişi olduğu bu yapım türü, birim üretim ve lokal malzeme kullanımına dayalı emek yoğun bir süreçtir (Utkutuğ, 1981).

Geleneksel yapım sistemleri

Yerel malzemeler ile tuğla gibi sınırlı sayıda hazır bileşene dayanan, el emeğinin yoğun olduğu sistemlerdir. Foster (1996); geleneksel olarak inşa edilmiş bir evdeki imalatın yaklaşık üçte ikisinin el emeği ile yapıldığını belirtmiştir.

Geleneksel yapım sistemleri genel özellikleri:

- Vasıflı iş gücü oranı yüksektir (Eser, 1981).
- Belirli kullanıcı ve arsa için tasarlanır (Eser, 1981).
- Belirli gereksinimler ve arsa için tasarlanmış ve inşa edilmiş 'bir defaya özgü' binalar üretilir (Foster, 1996).
- Her yeni projede yeniden bir araya getirilen ekipler tarafından yürütülür (Utkutuğ, 1981).
- Tasarım ve yapım süreçleri ayrı gruplar tarafından sürdürülür (Eser, 1981).
- İmalatın ve birleştirmenin büyük bir bölümü şantiyede yapılır (Utkutuğ, 1981).
- Zanaate dayalı geleneksel yapım yöntemi talep edilen değişikliklere fabrika üretimine oranla daha ucuz ve kolay adapte olur (Eser, 1981).
- Zanaatkarların sermaye yatırımı küçük olduğu için talep dalgalanmalarına göre kayıp yaşamadan üretimlerini genişletebilir veya küçültebilirler (Foster, 1996).
- Sınırlı sayıda malzeme ve birleşim tekniği olduğu için, ustalar sadece kendi imalatlarına değil, diğer imalat kalemlerinin de içeriğine ve sırasına hakimdir. Bu sebeple inşaat az bilgilendirme ile kolay bir şekilde organize edilir. Bununla birlikte, koordinasyonu sağlayan bir ustabaşı bulunur (Foster, 1996).

Geleneksel yapım sistemlerinde meydana gelebilecek sorunlar (Eser, 1981):

- İklim koşullarından kaynaklanan bekleme süreleri (yapının kuruması, malzemenin şantiyeye geç gelmesi, ekiplerin birbirini beklemesi...)
- Malzeme kaybı (açıkta depolama, yapım sırasında oluşan fire...)
- Yapılan işlerdeki kalite farkları (malzeme ve işçilik değişmesi)
- Sürekli kontrol etme zorunluluğu

Endüstrileşmiş yapım sistemleri

18. yüzyılın ikinci yarısında başlayan endüstri devrimi ile gelişen makinalaşma; beraberinde uzmanlaşma, işlemlerin tekrarı gibi makinalaşma ilkelerini de getirerek kütleli üretimi zorunlu kılmıştır. Kütleli üretimle sonuçlanan bu aşama “1. Endüstri Devrimi” olarak tanımlanır. Kütleli üretimin esası sürecin devamlılığıdır. Üretimde verimliliğin artırılma yolları araştırılırken fizyolojik, psikolojik ve organizasyonel etkenlere yer verilmiştir, bu aşamaya “2. Endüstri Devrimi” adı verilir. Endüstriyel gelişmenin 3. aşaması, gittikçe karmaşıklaşan üretim teknolojisinde ortamın kontrol gereksinimlerini karşılamak için otomasyona başvurulmasıdır. Otomasyon, iletişim ve kontrol ilkeleri üzerinde temellendirilen bir teknolojidir (Eser, 1981).

Yapım sektörü tüm bu gelişmeleri geç takip etmiştir. Endüstriyel gelişmelerin yapıya uygulanmasını güçleştiren faktörler iki ana grupta toplanabilir (Eser, 1981):

- Ürünün karakteristikleri:
 - Yapı yerinin sabit olması: alt yapı servisleri vb. nin binayı sabitleştirmesi.
 - Binanın ağır, büyük kütleli bir ürün olarak karakterize edilmesi.
 - Tiplerin çokluğu: çeşitli eylemlerin, çeşitli kullanıcıların tek tipleşmeyi zorlaştırması.
 - Uzun ömürlülük ve dayanıklılık gerekliliği
- Talebin karakteristikleri:
 - Yapı endüstrisindeki talep hacminin değişken ve kararsız olması, bu durumun kütleli üretimi engellemesi.
 - Yerel yapı gerekliliği.
 - Yapının uzun ömürlü olması ve bakımla bu sürenin artırılma isteği.
 - Yapı talebinin kullanıcının gelir durumuna bağlı olması.

Tüm bu güçleştirici faktörlere rağmen 2. Dünya Savaşı’nın sona ermesini takip eden yıllarda yapı talebinin artması fakat vasıflı iş gücünün yetersiz kalması endüstrileşme gerekliliğini doğurmuştur (Foster, 1996). Çağdaş yapım yaklaşımına duyulan gereksinimin nedenleri (Eser, 1981):

- Giderek artan konut ihtiyacını karşılayan sosyal amaçlı yaklaşımların gerekmesi.
- Endüstrileşmenin bir sonucu olarak iş gücü maliyetinin artması sonucunda sermaye yoğun sistemlerin tercih edilmesi.
- Yapı sektöründe de yönetim tekniklerinin uygulanmaya başlanması.
- Tüm üretim sürecinin (tasarlama, hazırlık, gerçekleştirme vb.) bütünleşmesi gereksinmesinin doğması.
- Arz-talep ilişkilerinin değişmesi; tüketimdeki artışla beraber üretimde sürekliliğin sağlanması.
- Standartlar ve standartlaşma kavramının yapı endüstrisine girmesi.
- Geleneksel malzemelerin yetersiz kalmaya başlaması ve yeni malzeme arayışına girilmesi. Yeni malzemelerin olanakları doğrultusunda yeni yapım sistemlerinin ve strüktürlerin ortaya çıkması.
- Çevre koşullarının yapıma etkisinin azaltılmaya çalışılması.

Yapımın endüstrileşmesi üç bölümde incelenebilir (Eser, 1981):

- Dolaylı endüstrileşme: Yapımda kullanılan yapı bileşenlerinin, malzeme üretimlerinin endüstrileştirildiği ama yapımın kendisinin (bir araya getirme) endüstrileşmediği sistemlerdir.
- Kısmi endüstrileşme: Endüstrileşmenin içerdiği bazı yaklaşımların (kitlesele yapım, uzmanlaşma, makinaların artan bir oranda kullanımı, vb.) kullanılmaya başlandığı sistemlerdir.
- Tam endüstrileşme:
 - Hazır bileşenlere dayanan sistemler (*System building*): Yapı bileşenleri önceden tasarlanan bütünü herhangi bir bölümünde kullanılabilecek bir bileşen olarak fabrikalarda üretilir. Bir sistemin bileşeni başka bir sistemin bileşeni ile bağdaşamaz (kapalı sistem).
 - Hazır yapı modüllerine dayanan sistemler (*Modular housing*): Fabrikada üretilen, şantiyede kurma işleri yapılan mekânsal

büyüklikteki yapı birimlerinden oluşan sistemlerdir. Bu tür sistemler hücre sistem olarak da adlandırılır.

- Hazır yapı sistemleri: Her şeyi ile fabrikada tamamlanmış olarak şantiyeye getirilen ve yapım yerinde hazırlanmış temeller üzerine oturtulan bir yapım sistemidir. Bu tür sistemler endüstrileşmiş yapımın en uç noktasını oluşturur. Bu sistemde ana sorun bitmiş yapının şantiyeye taşınma sürecidir.

Geliştirilmiş geleneksel yapım sistemleri

Eser (1977), geliştirilmiş geleneksel yapım sistemlerini, yerel malzeme ve zanaat metotlarının dışına çıkılarak ileri derecede rasyonelleştirilmiş tasarım ve yapım sürecinde, küçük ve orta boy hazır prefabrike bileşenlerin kullanıldığı yapım sistemleri olarak tanımlamıştır. Örneğin, beton üretiminde araçlar kullanılır, kazı makinalarla yapılır, geleneksele göre daha büyük ve delikli tuğlalar, alçı veya ahşap lifli panolar kullanılır.

Geleneksel yapım, zaman içinde yeni malzeme ve tekniklerinin geliştirilmesi ile değişime uğramıştır. 1900'lerin başında Portland çimentosunun ve yumuşak çeliğin büyük ve karmaşık binalarda kullanımı önemli değişikliklerden birine sebep olmuştur. Portland çimentosu yeni bir malzeme olsa da, kalıp içine yerinde döküm tekniği temel olarak geleneksel yapım ile aynı özelliktedir. Bununla birlikte, doğası gereği önceden şekil verilmiş bir malzeme olan çelik, saha dışı üretimi ve parçaların sadece uzman operatörler tarafından montajını içermektedir. Artan bina hacmi, mekanik iş gücü gereksinimi, ön üretimli elemanların kullanımı beraberinde yapım organizasyonu gerekliliğini doğurmuştur (Foster, 1996).

Ön üretimli ara ürün ve bileşenlerin artarak kullanılmaya başlanması ile imalat ve montaj süreçlerinin giderek ayrışmasının yanı sıra destekleyici alt sistemin şantiyedeki süreçlerle senkronizasyonu önem kazanmaktadır. Bu nedenle Utkutuğ (1981)'e göre organizasyon alt sistemi;

- Rasyonel bir şantiye yerleşim düzeni
- Pratik, düzenli ve senkronize bir süreç akışı
- Benzer işlerin seriler şeklinde yürütülmesi
- Prefabrik ve standart bileşenlerin rasyonel kullanımı

- Mekanize ekipman kullanımının rasyonalizasyonu

ile desteklemek zorundadır.

Gelişmiş geleneksel sistemin 1930'lardan bu yana büyük aşama göstermesi bu yapım sistemini ülkemizde en fazla kullanılan sistem haline getirmiştir. Bu yapım sisteminde rasyonelleşmeyi gerektiren sorunlar (Eser, 1979):

- Yapımda malzeme kayıplarının fazla olması.
- Yapım sürecinin ve yapım işlerinin daha iyi planlanma gerekliliği (iş planı).
- Hazırlık işlemleri için harcanan iş gücünün, yapının oluşması için harcanan iş gücünden fazla olması.
- Yapım sürecinin kesintilere uğraması.
- İşlemlerde uzmanlaşma eksikliği.
- Mekanizasyondan daha iyi faydalanma gerekliliği. Mekanizasyonun sağladığı faydalar: üretkenliğin artması, el ile yapılamayacak bazı işlerin daha iyi yapılabilmesi, insan gücüne dayanan ağır işlerin ortadan kaldırılması, iş gücünün temin edilemediği yerlerde ve durumlarda üretimin sürdürülmesi.
- Çalışmaya uygun koşullar ve iş güvenliği sağlamanın zor olması.
- İnşaat sırasında farklı özellikteki yapım ekiplerinin bir arada olması veya bir yapım ekibinin belirli zaman aralıkları ile çalışmasını gerektirecek tasarımların zorluk oluşturması.

Monolitik yapım sistemleri

Hazır yapı bileşenlerinin ve mekanizasyonun yüksek bir oranda kullanıldığı yapım sistemleridir (Eser, 1977).

Volumetrik yapı ve modüler yapı, bir binanın büyük bir bölümünün veya bir binanın tümünün, yerleştirileceği yere taşınmadan önce üretilmesini tanımlayan birbiri yerine kullanılabilen terimlerdir. Kablolama, sıhhi tesisat, armatürler ve bağlantı parçaları dahil tüm modül fabrikalarda kontrollü koşullar altında inşa edilir, daha sonra şantiyeye nakledilir ve önceden hazırlanmış bir temel üzerine vinçle yerleştirilir (Emmitt & Gorse, 2014).

Foster (1996)'ın, “sistem yapım” olarak tanımladığı yapım sistemi ekonomik olarak işlev gereksinimlerinin standartlaştırıldığı, büyük ölçekli üretimler için uygundur ve büyük bir pazara ihtiyacı vardır.

Her düzeyde daha tecrübeli ve disiplinli işgücü gerekmesine rağmen, diğer endüstrileşmiş sistemlere nispetle daha düşük bir yatırım sermayesi ve daha kısa hazırlık dönemi gerektirmesi, yüksek produktiviteye sahip olması nedenleri ile Avrupa’da düşük maliyetli (*low cost*) toplu konut üretiminde çok yaygın bir uygulama alanına sahiptir (Utkutuğ, 1981).

Prefabrik yapım sistemleri

Prefabrikasyon, binaların veya bina bileşenlerinin, genellikle şantiyeden uzak bir yerde, bir fabrikada yapımını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Şantiye dışı üretim, önceden tasarlanmış bina, sistem yapısı ve hacimsel konstrüksiyon kullanılan diğer terimlerdir. Üretilen bina veya bina parçaları daha sonra şantiyeye nakledilir ve nihai pozisyonlarına monte edilir. Bu yapı metodu, parçaların yüksek derecede hassas kalite kontrolünü mümkün kılar, daha sonra şantiyeye kesin bir zaman çizelgesinde taşınır ve açıkça tanımlanmış bir sıraya göre yerleştirilir. Bu süreci etkin ve verimli bir şekilde üstlenmek, tasarım sürecinin erken aşamalarında net tasarım kararları ve planlama girdisi gerektirir. Bileşen parçaları ve aralarındaki bağlantılar hassas bir şekilde tasarlanmalıdır. Ticari uygulamalar için, sahadaki süre tasarrufu, yatırımın daha hızlı geri dönüşüne ve binanın daha erken kullanımına izin veren önemli bir ekonomik husustur. Doğruluk, kalite, çevresel etki ve güvenlik konusundaki iyileştirmeler de bu üretim sisteminin önemli özellikleridir (Emmitt & Gorse, 2014).

Prefabrikasyon sürecinde önemli olan; öncelikle bitmiş ürünü tasarlamak, daha sonra onu parçalara ayırmak, parçaları üretmek ve doğru bir şekilde birleştirmektir. Aynı zamanda farklı montaj düzeniyle yeni ürünler oluşturulabilecek parçalar da tasarlanabilir (Testa, 1972).

Bu yapı bileşenleri, yapı yerine bitmiş ve kaplanmış olarak gönderilir ve üretiminde, yerine yerleştirilmesinde, montajında karmaşık ve ağır mekanik donatımı gerektirir. Piyasada serbest şekilde üretilen, birçok projeye uygulanabilen, standart sistemlere açık sistem; özel bir firmanın belirli yapılar için ürettiği, özel çözümlü sistemlere kapalı sistem denir (Eser, 1977).

3.2 Mimari Yapıma Yönelik Ayrıntıda Tasarım

Tasarım nedir?

“Fiziksel bir yapının doğru fiziksel bileşenlerini bulma (Alexander, 1963).”

(Finding the right physical components of a physical structure.)

“Hedefe yönelik bir problem çözme faaliyeti (Archer, 1965).”

(A goal-directed problem-solving activity.)

“Mevcut durumdan gelecekteki olasılıklara yaratıcı bir sıçrama (Page, 1966).”

(The imaginative jump from present facts to future possibilities.)

Jones’un (1992) derlediği tanımlarda da görüldüğü üzere “tasarım”ın anlamı kişiden kişiye olduğu gibi tasarlanan nesneye göre de değişmektedir. Fakat tüm bu tanımların ortak noktası tasarımda ortaya çıkan sonuç ürüne değil, sürece atıfta bulunmalarıdır.

Mimari tasarım nedir?

Mimari tasarım tanımlarından birkaç tanesi aşağıda verilmiştir:

“Mimari alanda tasarım, mevcut şeyleri daha iyi hale getiren tasarımlar ve öneriler yaratma konusunda bir tür etkinliktir (Broadbent, 2000).”

(Designing in architectural field is a kind of activity about creating designs and suggestions, which are changing the existing things to a better of greater things, usually most of the time.)

“Mimari tasarım, bilinen unsurları yeni bir şekilde bir araya getirmenin veya yeni kavramları tanıtmının bir yolu olarak düşünülebilir (Parsaee ve diğ., 2016).”

(The design activity can be considered as a new way to combine the known elements together or to introduce new concepts.)

“Mimari tasarım, iyi bilim ve özgün sanatın bir karışımıdır (Pressman, 2001).”

(Architectural design is a blend of good science and genuine art.)

“Mimari tasarım Rönesans hümanizminin beynidir. Hümanistler, her şeyden önce, Leon Battista Alberti, mimarlığı bir çizim sanatı olarak icat etti ve modern mimarın yeni bir tür hümanist yazar - bir düşünür ve bir yapımcı olarak değil, bir zanaatkar ve bina yapımcısı olarak icat etti (Carpo, nd.).”

(Architectural design is the brainchild of Renaissance humanism. Humanists, Leon Battista Alberti first and foremost, invented architecture as an art of drawing, and the notion of the modern architect as a new kind of humanist author- a thinker and a maker of drawings, not a craftsman and a maker of buildings.)

“Mimarlıkta tasarlama, mekansal bir düzenleme ve biçimlendirme elde etmek amacıyla, zihinsel süreçlere dayalı bir arayıştır (Onat, 2006).”

Mimarlar Odası mimari tasarım alt süreçlerini; hazırlık ve ön etüt, ön proje, kesin proje, uygulama projesi, sistem ve montaj detayları, imalat detayları, teknik şartnameler, metraj, keşif ve maliyet analizi olarak tanımlamaktadır (TMMOB, 2012).

Mimari detay ve yapıma yönelik ayrıntıda tasarım nedir?

Mimarlar Odasının alt süreçlerin açıklamalarından yola çıkılarak, yapının “inşa edilebilmesi” için “yapım” rolünü üstlenen kişilere verilmek üzere “detaylandırıldığı” süreçler “mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri” olarak tanımlanmıştır. Mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri; uygulama projesi, sistem ve montaj detayları, imalat detayları ve teknik şartnameleri içermektedir.

Mimari tasarımda olduğu gibi mimari detay tasarımı için de üzerinde uzlaşılmış bir tanımdan ziyade farklı yaklaşımlar olduğu görülmektedir. “Detail” dergisinin 2000 yılının ağustos sayısında mimarların detay tanımları aşağıdaki gibi derlenmiştir:

“Mimari detayları ‘bütün’ ve ‘parçalar’ olarak ele alırım. ‘Bütün’ mimari konsepti ve dili yansıtırken, ‘parçalar’ bu taslağı dönüştürme sürecinin sonunda somut strüktürler oluşturur (Tadao Ando).”

“Detaylar, belirli bir konfigürasyonun değişmeyen biçimde büyük ve küçük çeşitli ölçeklere dönüştüğü fraktal yapılar gibidir (Gilles Perraudin).”

“Detaylar, mimari konseptin ne kadar basit ve net uygulanacağını belirlerler (Toyo Ito).”

“Mimarlar olarak sadece detay tasarladığımız zaman bina için sorumluluk alırız, detay tüm işin temel parçasıdır (Meinhard von Gerkan).”

“Detayın önemli bir rol oynamasının sebebi küçük alanda birçok disipline ait probleme çözüm getirmesidir. Küçük bir parça kontrol altına alındığında büyük parçalar sorun oluşturmaz (Werner Sobek).”

“Detaylar binaların ruhudur. Her bir proje için doktor reçetesi gibidir: farklıdır, binaya özgüdür (Mario Cucinella).”

“Detay; strüktürel ve yapısal yaklaşımı ve onların bütünsellik içindeki önemini ortaya çıkarmalı (Kurt Ackermann).”

“Detay, en doğal anlamıyla yapının biçimine ulaşmaktır (Jörg Schlaich).”

“Yapısal detaylar vurgulanıp vurgulanmadıklarına bakılmaksızın, genel mimari konseptin hayati bir parçasıdır (Alvaro Siza).”

Ford (2011) “detay nedir?” diye sorguladığı “*The Architectural Detail*” adlı kitabında detaya farklı yönlerden yaklaşan görüşleri derlemiştir. Birçok modernist detayı teknik sorunları çözen, istenmeyen ve mümkün olduğunca saklanması gereken bir şey olarak görmektedir. Bunun yanında modernizmde “görünen” detay savunucuları da bulunmaktadır. Bu savunuculardan biri olan Peter Zumthor’a göre, “Detaylar, tasarımın temel fikrinin nesnenin ilgili noktasında ne gerektirdiğini ifade eder: ait olma/ayrışma, gerilim/hafiflik, sağlamlık/kırılganlık... Detay başarılı olduğunda sadece dekorasyon değildir, bütünün içsel bir parçası olduğunda bütünü anlamaya yol açar.”

Tasarımcılar, "özgün" bir detay tasarlarlarken, gereksinimler, kaynaklar, kısıtlamalar vb. ile ilgili çok sayıda kriterin karmaşıklığıyla başa çıkmak zorunda kalmaktadırlar. "Sezgisel" tasarım yaklaşımları bu zorlukların üstesinden gelmede yetersiz olabilir, bu sebeple "detay tasarım yöntemleri"ni izlemek daha rasyonel bir yol olarak önerilmektedir (Aksu & Altun, 2009).

Tasarım yöntemleri ile ilgili araştırmalar, 1950 ve 1960’larda endüstrileşmiş ülkelerde ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu tarihlerden önce mimarların, mühendislerin, endüstri ürünleri tasarımcılarının veya diğer tasarımcıların; müşterilerin ve üreticilerin ihtiyaç duyduğu çizimleri üretmek için yaptıklarının “tasarım” olduğunu bilmek yeterliydi. Zanaatkârların ürettikleri ürünler, kullanıcıya has oldukları ve tekrarlanmadıkları için çalışmalar çoğunlukla çizilmemekte ve sürecin başkasına açıklanması ihtiyacı duyulmamaktaydı (Jones, 1992). Fakat seri üretim benimsenmeye başlandığında, bir üründen birden fazla üretebilmek için yöntemli bir tasarım süreci ilerletilmesi gerekliliği doğmuştur. 1962’de Londra’da düzenlenen ilk "tasarım yöntemleri konferansı" konunun önemini vurgulamış ve “tasarım yöntemleri hareketi”nin başlangıcı olarak kabul edilmiştir (Cross, 2007).

Jones (1992) tasarım yöntemlerini üç bakış açısıyla değerlendirmiştir;

- “Kara kutu” tasarımcı - yaratıcı -
- “Cam kutu” tasarımcı - rasyonel -
- “Kendini organize eden” tasarımcı - kontrollü -

Tasarım sürecinin tasarımcının kafasında başlayıp bittiği, “kara kutu” tasarımcı olarak tanımlanan sürecin özellikleri (Jones, 1992);

- Tasarım çıktısını, yakın zamanda problemle ilgili alınan girdiler ve önceki deneyimler belirler.
- Problemle ilgili çıktı üretme kapasitesi, tasarımcının kendi içinde, bir bütün olarak sorunun yapısını özümsemesi ve işlemesi için zaman verilmesine bağlıdır.

Fakat adımların tanımlanmadığı bu durum, yeni ve hızlı dünyada, tasarım süreci ilerlerken onu etkileyecek bir gelişme yaşandığında birkaç adım geriye gidip rota değiştirip tekrar yol almada zorluk oluşturmuştur. Buna karşın, tasarımcının zihnindekileri birebir aktardığı ve seçimlerini açıkladığı “cam kutu” olarak tanımlanan tasarım sürecinin özellikleri (Jones, 1992);

- Amaçlar, değişkenler ve kriterler önceden tespit edilmiştir.
- Çözüm aramaya geçmeden problem analizi tamamlanır.
- Stratejiler önceden belirlenir; genellikle ardışıklardır ancak paralel, koşullu ve geri dönüşlü işlemleri içerebilir.

Fakat bu durumda da tasarımcının yaptığı her seçime ikna edici bir açıklama getiremediği anlaşılmıştır. Yukarıda açıklanan iki sürecin birleşimi olarak tanımlanan “kendini organize eden” tasarım sürecinin özelliği ise şartlara uygun olan seçimin tasarımcı tarafından yapılması ve bunu mümkün olduğunca şemalar ile anlatmasıdır (Jones, 1992).

Literatürde tasarım yöntemlerini inceleyen yayınların çoğu “kavramsal” tasarım aşamasını ele almaktadır, mimari teknoloji bağlamında “detay” tasarım aşamasıyla ilgili araştırmalar oldukça azdır (Kızılyaprak & Altun, 2011 (Emmitt, 2002)).

Bu bölümde 6 farklı detay tasarım yöntemi tarifleyen kaynak analiz edilmiş ve tipik ya da birleşim bölge detayına uygun olmaları açısından sınıflandırılmıştır. Ayrıca

Yazıcıoğlu'nun (2007) "Uygulamaya Yönelik Ayrıntıda Tasarım" sürecinin Türkiye'de mimarlık ortamındaki durumunu saptayan çalışması da pratikteki durumun incelenmesi açısından ele alınmıştır.

3.2.1 Tipik bölge detay tasarım yöntemleri

Bir yapı elemanı, sürekliliği içindeki parçaları ile birlikte "tipik bölge detayı" olarak adlandırılmıştır (Altun & Türkay, 2015). Tipik bölge detayı tasarlamaya yönelik olan Müller (1990), Aygün ve diğ. (1999) ve Altun & Türkay (2015) detay tasarım yöntemleri bu kapsamda incelenmiştir.

H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 – yapı elemanı tasarımı ve malzeme seçimi destek aracı

Müller (1990) tarafından hazırlanan bu yöntem, VDI 2221 ve 2222 isimli Alman mühendislik tasarım destekleme yönergelerini temel almaktadır. Süreç olarak, her adımın çıktısının, bir sonraki adımın girdisi olarak kabul edildiği ve kesintisiz bir akışla kullanıcıyı sonuca götüren iç içe geçmiş dört fazdan oluşur (Altun & Genç, 2011):

1. Problemin tanımlanması: Çevresel faktörlerin tanımlanması ve bir ihtiyaç listesinin hazırlanması.
2. Konsept tasarımın belirlenmesi: İşlevlerin düzenlenmesi, prensip çözümlerin bulunması ve konsept çözüm kombinasyonlarının geliştirilmesi.
3. Tasarım: Konsept çözümünün form, malzeme ve boyut kararlarıyla uygulanabilir hale dönüştürülmesi.
4. İnşaat Faaliyetleri: Üretim süreci için inşaat çözümlerinin tanımlanması, her bir parçanın ve alanın şekli, malzemesi, boyutları, yüzey özellikleri, imalat ve montajı hakkında ayrıntılı kararların alınması.

Mimari teknoloji bağlamında, yapı elemanı tasarımında VDI-H.F.O Müller Metodu, güvenilir çözümler elde etmede rasyonel bir yol olarak kullanılabilir. "Verimlilik" açısından, yöntemin her bir tasarımcının kendi yaklaşımına entegrasyonu ile yaratıcılık ve sezginin belirli bir seviyeye ulaşması önerilmektedir (Altun & Genç, 2011). Yöntem için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A'da verilmiştir.

M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer - yapı elemanlarında seçenek üretimi ve değerlendirilmesi aracı

Bu yöntem, tasarım problemine özel olarak yapı elemanlarında olası tüm seçenekleri üreterek, kalıplaşmış çözümlerden ziyade, yeni teknolojilere ve malzeme gelişimine uygun bir detay üretilmesini amaçlar. Yöntem adımları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Aygün ve diğ., 1999):

1. Performans isteklerinin yapı modeli çerçevesinde belirlenmesi: Örneğin; can ve mal güvenliği, enerji korunumu, konfor koşulları vb.
2. İsteklerin, bileşen işlevleri ile özdeşleştirilmesi: Örneğin; her elemanın güvenlik açısından gerekli taşıyıcılık özelliğine ve yangın direncine sahip olması; enerji korunumu açısından yeterli ısı geçirimsizliğinin bulunması vb.
3. İşlevleri sağlayabilecek bileşenlerin belirlenmesi: Örneğin; taşıyıcılık için kolon ve kirişler, enerji korunumu için ısı yalıtımı katmanı vb.
4. Olası bileşen katmanlaşmalarının oluşturulması: Örneğin; soğuk, sıcak ve ters çatılar vb.
5. Bileşen seçeneklerinin tanımlanması: Örneğin; taşıyıcının betonarme, çelik veya ahşap, ısı yalıtımının lif, şilte veya levha olması vb.
6. Eleman seçeneklerinin kombinezon yoluyla elde edilmesi
7. Uyumsuz bileşen içeren seçeneklerin elenmesi
8. Bileşen işlevleri yönünden seçeneklerin değerlendirilmesi

Aygün'ün yöntemi kolay anlaşılabilirlik açısından olumlu özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, aşırı sayıda kombinasyonun oluşturulması, yöntemin karmaşık problemler için kullanılabilirliğini azaltır. Yöntem için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A'da verilmiştir.

M.C. Altun, I. Türkay – 4+9 detay tasarımı destek aracı

4+9 destek aracı, az deneyimli tasarımcılara ve mimarlık öğrencilerine yol göstermek amacıyla geliştirilmiştir. Destek aracının geliştirilmesinde, bu bölümde de ele alınan; Müller, Rich & Dean, Aygün, Emmitt & Olie & Schmid, Allen & Rand 5 tasarım yönteminden yola çıkılmış ve her biri analiz edilerek incelenmiştir. Bu yaklaşımların

olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konarak geliştirilen yeni destek aracının adımları şu şekilde sıralanabilir (Altun & Türkay, 2015):

Bina ölçeği:

1. Taşıyıcı sistem ile ilgili kararlar: Taşıyıcı tipi ve malzemesi, kütle kurgusu ve mekan organizasyonu göz önünde bulundurularak.
2. Yapı ile ilgili kararlar: İskelet, panel, örme, kalıp içine dökme.
3. Yapım ile ilgili kararlar: Yerde yapım, ön üretim, karma.
4. Görsel etki ile ilgili kararlar: Opak yüzeyler, renk, doku, parlaklık, derz miktarı/düzeni.

Detay ölçeği:

1. Beklenen öncelikli performanslar: Performans listelerinde, çevresel etmenler, kullanıcı gereksinimleri, yapı-fiziksel olaylar göz önünde bulundurularak.
2. Beklenen performansların bağlı öneme göre sıralanması: Belirlenen performansların üçlü skala ile sınıflandırılması: çok önemli/önemli/az önemli.
3. Jenerik katmanların belirlenmesi: yapı elemanından beklenen performansı ve “görsel etkiyi” karşılamak üzere jenerik katman(lar)ın belirlenmesi ve yalıtımlar katmanının ayrıntılandırılması.
4. Birden fazla katmanın bir performansı/ bir katmanın birden fazla performansı karşılaması ile ilgili karar.
5. Jenerik katmanların sırasının düzenlenmesi: Katmanların birbirine göre konumunun düzenlenmesi.
6. Katmanlara malzeme atanması: Beklenen performansı ve görsel etkiyi karşılamak üzere katmanlara malzeme atanması.
7. Katmanların yük aktarma düzeninin belirlenmesi: Hangi katman/bileşenin hangi katman/bileşen tarafından taşındığının belirlenmesi ve gerekliyse ek bileşen eklenmesi.
8. Katman/bileşenlerin birbirine “tutturulma” yöntemi ile ilgili karar: Malzeme özelliklerine bağlı olarak yük aktarıcı birleştirme tekniğinin belirlenmesi.

9. Yapı elemanı-bina taşıyıcı sistem ilişkisinin kurulması: Yük aktarma düzeninin, bağlantı yönteminin, biçimsel/konumsal ilişkilerin belirlenmesi.

Yöntem için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A’da verilmiştir.

3.2.2 Birleşim bölge detay tasarım yöntemleri

Farklı yapı elemanlarının ve diğer bina sistemlerinin bir araya geldiği düğüm noktaları “birleşim bölge detayı” olarak adlandırılmaktadır (Altun & Türkay, 2015). Birleşim bölge detayı tasarlamaya yönelik olan Emmitt ve diğ. (2014), detay tasarım yöntemi bu kapsamda incelenmiştir.

S. Emmitt, J. Olie, P. Schmid - 9+1 adımlı detay tasarım yöntemi

Sürdürülebilir bir bina tasarlanmak isteniyorsa pratikte kullanılan çözümlerin çevresel etkilerinin tekrar sorgulanması ve test edilmesi gerekir. 9+1 adımlı yöntem daha sürdürülebilir detayların tasarlanması için bir araç olarak sunulmuştur (Emmitt ve diğ., 2004).

Kitapta öncelikle, temel model üzerinden tasarımı yönlendiren 9 ölçüt açıklanmıştır: “malzeme ve enerji”, “bina elemanları ve strüktür”, “morfolojik faktörler”, “üretim süreci”, “amaçlar ve performans”, “iç mekan iklimi”, “ekolojik faktörler”, “insan faktörü”, “düğüm”.

Ardından, “düğüm”ü geliştirilme aşamasına gelindiğinde 9+1 tasarım modelinden bahsedilmektedir. Standart bir birleşim bölge detayı, dokuz aşamalı bir geliştirme prosedürüne göre oluşturulur ve optimize edilir. Bu adımlar tamamlandığında, artı bir adımda ise malzeme seçimi yapılmaktadır. Adımlar sırasıyla (Emmitt ve diğ., 2004):

1. Ana bileşenlerin süreksizliğinin belirlenmesi.
2. İşlevsel sürekliliğin ve gerekli ek bileşenlerin belirlenmesi.
3. Birleştirilen parçaların ve bağlantı yönlerinin belirlenmesi.
4. Eklenen bileşenlerin ve birleştirilen parçaların boyutlarının ve konumlarının belirlenmesi.
5. Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin ön biçimlerinin belirlenmesi.
6. Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin son biçimlerinin belirlenmesi.
7. Önlem amaçlı biçimlerin belirlenmesi.

8. Biçimsel düzeltmelerin belirlenmesi.
9. Bileşenlerin birincil ve ikincil kesitlerinin belirlenmesi.

9+1. Geliştirilen çözüm için optimum özellikleri karşılayan malzemenin seçimi.

Dokuz hücreli matris tasarımcıya geniş bir perspektifte tasarım problemine bakmasında olumlu yönden yardımcı olmaktadır ve projenin kimliğini oluşturmaktadır. Alınan bütünsel kararların ardından basitten başlayarak adım adım detaylandırılan, 9+1 adımdan oluşan detay tasarım aşamasına geçilmektedir. Adımlar tanımlı ve kolay takip edilebilirdir fakat bazı durumlarda tekrarlardan oluşmaktadır. Model tasarımcıyı serbest bırakarak, küçük yönlendirmelerle tasarım yapma şansı vermektedir. Ancak, son adımda verilen malzeme tanımlama adımı, daha önceki aşamalarda yer alması gerekmektedir, çünkü bazı malzeme özellikleri detay tasarımını etkileyebilmektedir (Aksu & Altun, 2009). Yöntem için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A’da verilmektedir.

3.2.3 Hem tipik hem birleşim bölge detay tasarımına yönelik yöntemler

Ayrı ayrı tipik bölge ve birleşim bölge detayına yönelik olan detay tasarım yöntemleri yukarıda incelenmiştir. Bu bölümde de hem tipik bölge hem birleşim bölge detayı tasarlarken kullanılabilecek Allen (1993) ve Rich & Dean (1999) detay tasarım yöntemleri ele alınmıştır.

E. Allen – “detay kalıpları” yöntemi

Allen (1993)’ın detay kalıpları üzerinden kurduğu tasarım yöntemini ele aldığı kaynak iki bölümden oluşur; birinci bölüm detay tasarım sürecini yönlendiren “detay kalıpları (*detail patterns*)”nı açıklamaktadır. Bu detay kalıpları “işlevsellik”, “yapılabilirlik” ve “estetik” olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır. İkinci bölümde ise detay kalıplarının kullanımı ve tasarım süreci örneklerle açıklanmaktadır. Yöntem adımları, verilen üç örnek üzerinden aşağıdaki şekilde tanımlanabilir (Allen, 1993):

1. Detay kalıplarının seçilmesi.
2. Performans standartlarının belirlenmesi.
3. Geliştirilecek detay noktalarının belirlenmesi.
4. Malzeme, strüktür ve biçim ön kararlarının verilmesi.
5. Seçilen detay kalıplarıyla birlikte detayın geliştirilmesi.

Bu yöntem doğru seçilmiş “detay kalıpları”nın doğru bir şekilde kullanımını esas alır. Oldukça büyük bir çeşitlilik sunmaktadır bu nedenle tasarımcı bu kalıpları kullanırken karışıklık yaşayabilmektedir. İzlenmesi gereken keskin bir yol tariflenmemekte ve tasarımcıların deneme yanılma yöntemiyle, özgün bir şekilde detay kalıplarını kullanmaları beklenmektedir (Aksu & Altun, 2009). Yöntem için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A’da verilmektedir.

P. Rich, Y. Dean – yapı elemanı tasarımı ilkeleri

Kitapta yapı; temeller, dış duvarlar, döşemeler, çatılar (düz ve eğimli), iç duvarlar, merdivenler (rampalar, korkuluk ve küpeşteler), pencereler ve kapılar olmak üzere elemanlara ayrılmıştır. Bu yapı elemanları ayrı bölümlerde incelenmiş ve sunduğu kavramsal detaylar üzerinden karşılaması gereken performanslar doğrultusunda katman ve malzeme seçimleriyle süreci ilerleterek tasarımın geliştirilmesini sağlamıştır. Yapı elemanına göre farklılaşmakla birlikte karşılanması beklenen performanslar (Rich & Dean, 1999):

- estetik,
- strüktürel dayanım,
- hareketlere karşı dayanım (strüktürel, nem, donma, ısı, kimyasal),
- ısı yalıtımı,
- çevresel koşullara karşı bariyer (yağmur, kar, rüzgar, güneş, kirlilik),
- ses yalıtımı (hava kaynaklı ses ve darbe sesi),
- yangın dayanımı,
- buhar kontrolü,
- güvenlik,
- sağlık,
- böcek zararlılarına dayanım,
- servis sistemleriyle uyum,
- bakım (iç ve dış) ve kolay temizlenebilirlik
- suyun drenajı,

- doğal ışık alabilme,
- güneş kontrolü,

Bu yöntem, bütünsel tasarıma yönelik bilgi vermemektedir; kullanıcı, iklim, morfolojiye bağlı gereklilikler süreçte göz önünde bulundurulmamakta, detaylar bütünden bağımsız ele alınmaktadır. Kavramsal detaylarda yeni malzemeler belirlenerek yeni detaylar türetilbilse de belirli ölçütlere göre sınıflandırılan yapı elemanlarının sunulan detay seçenekleri sınırlıdır. Ayrıca yapı elemanlarının da birbirleriyle bütünlenmesiyle ilgili de bir bilgi verilmemektedir, yalnızca yapı elemanlarının katmanlaşma bilgileri verilmektedir (Aksu & Altun, 2009). Herhangi bir projede uygulamak üzere her yapı elemanı için izlenmesi gereken adımları gösteren akış şeması Ek-A'da verilmiştir.

3.2.4 Türkiye’de mimarlık ortamındaki uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım yöntemleri

Yazıcıoğlu’nun (2007) Türkiye pratiğinde “uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım” yöntemleri tespit çalışmasında iki yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler, mimarlık ofislerinin sahipleri ve/veya baş tasarımcıları ile yapılan görüşmeler ve bu ofislerden alınan örnek uygulama projelerinin incelenmesidir. Örneklem alanı olarak İstanbul Serbest Mimarlar Derneğine bağlı ofisler seçilmiştir. Türkiye şartlarında görece nitelikli işler yapan mimarlık ofislerinin ele alındığı bu çalışmada, “uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım” alt süreci başta olmak üzere ofislerin mimari tasarım süreçlerine yaklaşımları irdelenmiştir. Her ofisin tasarım süreçlerini farklı yöntemlerle ele aldıkları tespit edilmiş ve bu tespitler diyagramlarla anlatılmıştır. Sonuç olarak, İSMD bağlamında; benzer yöntemler gruplanarak üç temel “uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım” alt süreci yöntemi tanımlanabilmiştir. Bu yöntemler:

- Oluşturulan ilk üst modelde ofislerin mimari tasarım sürecini 1/1 ölçekte ele aldığı ve uygulayan ekibe tanımsız hiçbir alan bırakmayacak şekilde detaylandırıdıkları görülmektedir. Ancak ofisler, mühendisleri sürecin sonlarında dahil etmekte ve mühendislerin yapacakları işlerin büyük bölümünü kendi bünyelerinde gerçekleştirmektedirler. (5 ofis)

- İkinci üst modelde mühendislerin süreç içindeki yeri ilk üst modele göre daha büyüktür. İlgili mühendisler sürece daha erken dahil olarak kendi alanlarındaki projelerin hazırlanmasında daha aktif rol almaktadırlar. (5 ofis)
- Üçüncü üst modelde ofisler tasarımlarını ilk iki modele göre daha az detaylandırmaktadırlar. Mühendisler sürece geç dahil olmalarına rağmen kendi alanlarına ilişkin projeleri büyük ölçüde kendileri hazırlarlar. Yapı elemanları ile ilgili kararlar daha çok üreticilerin çözümlerine bırakılmaktadır. (10 ofis)

Çalışmadan çıkan sonuçlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- İncelenen mimarlık ofislerinin hepsinde işverenin sağladığı kaynaklara ve süreye bağlı olarak “uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarıma” ve uygulama esnasında kontrolörlüğe ayrılan süre değişebilmektedir.
- Şartlara bağlı olarak, resmi onay için ayrı, uygulama için ayrı uygulama projeleri hazırlayan iki ofis görülmüştür.
- Taşıyıcı, mekanik ve elektrik sistemleri tasarımında ve/veya bu sistemlerin tasarımla bütünlenmesindeki yaklaşımlar açısından ofisler üç gruba ayrılmaktadır:
 - Hesaplama için ilgili mühendislere başvuran fakat onun haricinde taşıyıcı, mekanik ve elektrik sistemlerin tasarım ve projelendirme aşamalarını kendi bünyelerinde yapan ofisler. (5 ofis)
 - Hesaplamalar için ilgili mühendislere başvuran ve taşıyıcı, mekanik ve elektrik sistemlerin tasarım ve projelendirme aşamalarını mühendislerle işbirliği içinde yapan ofisler. (5 ofis)
 - Tüm hesaplama ve taşıyıcı, mekanik ve elektrik sistemlerin tasarım, projelendirme işlerini ilgili mühendislere yaptıran ofisler. (10 ofis)
- Yapı elemanları ve bileşenlerinin tasarımını ele alış biçimleri açısından ofisler üç ana gruba ayrılmaktadır:
 - Yapı elemanları ve bileşenlerinin tüm tasarımını ve projelendirmesini kendisinin yaptığı ofisler. (5 ofis)

- Yapı elemanları ve bileşenlerinin tasarımını ve projelendirmesini yaparken ilgili üretici ve/veya uygulamacı firmalarla etkileşim içinde olan ofisler. (5 ofis)
- Yapı elemanları ve bileşenlerini sadece konsept düzeyinde tasarlayan, ilgili üretici ve/veya uygulamacı firmanın tasarımı geliştirdiği ve projelendirdiği ofisler. (10 ofis)
- Yapı malzemesi seçimini ele alış biçimi açısından ofisler iki ana gruba ayrılmaktadır:
 - Yapı malzeme seçimlerini büyük ölçüde kendi bünyesinde gerçekleştirip, bu seçimleri işverene onaylatan ofisler. (10 ofis)
 - Yapı malzemeleri ile ilgili işverenin seçim yapabilmesi için birden çok alternatif geliştiren ofisler. (10 ofis)
- Ofisler uygulama sırasında kontrolörlük hizmetini ele alış biçimi açısından üç ana gruba ayrılmaktadır:
 - “Uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarımı” yapım sürecinde karar vermeyi gereksiz kılacak ve/veya değişiklik yapmayı gerektirmeyecek şekilde yapmış ve uygulamanın buna uygun olarak yapılıp yapılmadığı kontrol eden ofisler. (9 ofis)
 - “Uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarımı” yapım sürecinde karar vermeyi gereksiz kılacak ve/veya değişiklik yapmayı gerektirmeyecek şekilde yapmış ve uygulamanın buna uygun olarak yapıldığı kabulüyle uygulama sırasında kontrolörlük yapmayan ofisler. (1 ofis)
 - “Uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarımı” uygulama sürecinin bir parçası olarak gören ve uygulama sırasında kontrolörlük yapan ofisler. (10 ofis)
- Ofisler ve işverenler yapım sistemi ve yapı elemanları sistemleri seçiminde ortak karar alırlar ve genellikle seçimde büyük oranda maliyet etkilidir.
- “Uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım” alt süreci başta olmak üzere mimarlık ofislerinin tasarım sürecini ele alış biçimleri şu şekilde sıralanmaktadır:

- 7 ofis taşıyıcı, mekanik ve elektrik sistemleri ile ilgili uzmanları konsept aşamasında sürece dahil etmekte, on üç ofis ise sözü edilen uzmanları sürece dahil etmemektedirler.
- 10 ofis kesin proje hazırlamakta, kalan on ofis ise “kesin proje” olarak tariflendirilebilecek bir ara çıktı hazırlamamaktadır.
- 10 ofis taşıyıcı, mekanik, elektrik vb. mühendislik alanlarıyla ilgili çözümleri ofis içinde tamamlarken, kalan on ofis ise ofis dışı ilgili mühendislere bırakılmaktadır.
- 10 ofis yapı elemanlarının detaylandırılmasını ofis içinde yapmakta, kalan on ofis ise ilgili üretici ve/veya uygulamacı şirketlere yaptırmaktadırlar.
- Sistematik olarak düzenlenmiş ve her an ulaşılabilir bir detay arşivi hiçbir ofiste bulunmadığı için genellikle önceden çözülen detayları yeni projelerde yeniden çözmektedirler.
- Yapı elemanlarını ofis içinde geliştiren mimarlık ofisleri standart detayları kullanmak istemedikleri için tasarım belirli bir olgunluğa gelmeden üretici firmalara ortaklaşa çalışma yapmayı benimsememektedir.

3.3 Tasarım - Yapım Etkileşimi

Bu bölümde, daha önce ele alınan “Mimari yapım teknolojileri (3.1. bölüm)” ve “Mimari yapıya yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri (3.2. bölüm)” arasındaki ilişki, birbirlerine olan etkileri ve beklentileri bağlamında incelenmiştir. Tasarım ile yapım arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için;

- Yapım teknolojisinin tasarım sürecine etkisi: Bu bölümde daha çok fabrikasyon ve beraberinde getirdiği seri üretim yaklaşımının tasarım sürecini hangi açılardan yönlendirdiği ele alınmıştır (Staib ve diğ. (2008), Caneparo & Cerrato (2014)).
- İnşa edilebilir tasarım geliştirme (Emmitt (2007), Bralla (1999)).
- Çizimlerde/ürünlerde bulunması gerekenlerin meslek kuruluşları tarafından tanımları (Chappell & Dunn (2016), Mimarın El Kitabı – TMMOB).

şeklinde tasarım-yapım etkileşimine hangi yönden yaklaştıkları göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır.

3.3.1 Yapım teknolojilerinin tasarıma etkisi

Parsons (1972), geleneksel ve endüstrileşmiş sistemde proje tasarlama süreci farklılıklarını ortaya koymaktadır. Geleneksel sistemde proje tasarlayıcısı sorumluluğu parça seviyesindeki tasarlama düzeyine kadar belirler, performans gibi bir ara kavramı kullanmak zorunda değildir. Endüstrileşmiş sistemlerde tasarımcı kullanıcı gereksinimlerine en uygun olan sistemi belirler, tasarlama sorumluluğunun büyük bir kısmı sistem üreticisi tarafından yüklenilir (Atasoy, 1980’de atıfta bulunulduğu gibi).

Endüstrileşmenin tasarıma etkisi

Prefabrik ve birimlere ayrılmış yapıların ilk örnekleri binlerce yıl önce göçebe toplulukları tarafından geliştirilmiştir. Barınaklarını hareket halindeki yaşamlarına uyumlu olarak hızlı ve kolay kurulum toplanabilir halde inşa etmişlerdir. İhtiyaçlar ya da kullanılan malzemeler zaman içinde değişse de özellikle Endüstri Devrimi’nden sonra prefabrik yapı üretimine olan ilgi artmış ve sanayileşmenin etkisi altında inşaat sektöründe, mekanda ve formda yeni kalite standartları oluşturulmuştur. Mimarinin, biçimsel, sosyal ve ekonomik açıdan temelden yenilenmesi gerektiğine inanılmaktaydı. Binalar standartlaştırılmalı, fabrikalarda seri olarak üretilmeli ve modüler inşaat prensiplerine göre sahada monte edilmelilerdi (Staib ve diğ, 2008).

Mimar Peter Behrens, 1918’de “Ekonomik Bina (*Vom sparsamen Bauen*)” adlı kitabında, inşaat sürecinin mekanizasyonunun gerekliliğinden ve yapı elemanlarının sanayileşmesinin “daha geniş ve cömert bir yol” olduğundan bahsetmiştir. Standart boyutlardaki fabrikasyon ürünler kullanılarak inşa edilen küçük konutların, hem düşük maliyetli olacağını hem de sanayileşmiş seri üretim için temel oluşturabileceğini savunmuştur (Staib ve diğ, 2008’de atıfta bulunulduğu gibi).

1928’de CIAM’da sunulan La Sarraz Bildirgesi’nde, rasyonalizasyon ve standardizasyonun gerekli ekonomik üretim yöntemleri olduğu savunulmuştur (Staib ve diğ, 2008’de atıfta bulunulduğu gibi).

Le Corbusier, endüstriden gelen teknik ve biçimsel gelişmeleri hızla birleştirerek çok sayıda mimarı etkilemiştir. “Yeni Bir Mimariye Doğru” adlı kitabında “Seri Olarak

“Üretilen Evler” bölümünde yeni bir dönem başladığını, sanayileşmenin bu döneme uygun yeni çözümler sunduğunu, zamanın sorunu olan konut sorununu çözenin sosyal düzenin dengesi için gerekli olduğunu ve bu sorunu seri üretimin çözebileceğini ifade etmiştir. 1914'te beton kolonlara ve plak döşemelere dayanan bir sistem olan “Dom-ino House” projesini geliştirmiştir. Projede prefabrik, seri olarak üretilen pencereler, kapılar ve gömme dolaplar kullanıcılar tarafından ayrı ayrı bir araya getirilebilmektedir (Staib ve diğ, 2008’de atıfta bulunulduğu gibi).

Pek çok mimar tasarım ve yapım süreçlerinin rasyonalizasyonunu, modern üretim tekniklerini ve standardizasyonu geleneksel güzellik tanımından kurtularak yeni bir mimarlık biçiminin oluşması için bir avantaj olarak görmüştür (Staib ve diğ, 2008).

Staib ve diğ. (2008)’de ve Caneparo (2014)’te belirtilen endüstrileşmiş üretimin tasarımı etkilediği bazı prensipler aşağıdaki sıralanmıştır;

- Standardizasyon: Thomas Jefferson, Fransa bakanı, 1785 yılında tüfek tamirinin kolaylaşması için standartlaşmayı “her parçanın her üründe tam olarak aynı şekilde yapılması” olarak tanımlamıştır (Caneparo, 2014). İnşaat sektöründe bu işlem tip standardizasyonu olarak adlandırılır ve amacı olabilecek en az sayıda parçanın montajını en az sayıda parça ile bir araya getirmektir. Seri üretim yapı elemanları kullanılan yapım süreçlerinde elemanların formları ve işlevleri tasarım aşamasında standartlaştırılarak belirlenmelidir (Staib ve diğ, 2008).
- Seri üretim: 1930’lardan itibaren zaman zaman binanın tümüyle seri olarak üretildiği örnekler ortaya çıksa da savaş sonrası ya da fabrika çevresinde acil konut ihtiyacını karşılayan belirli örnekler dışında gelişimi yakalayamaması, tasarım imkanı sağlamaması ve ihtiyaçların farklılaşması sonucu varlığını sürdürememişlerdir. Fakat ahşap duvar paneli gibi bina bileşeni ölçeğindeki seri üretim ürünler uzun yıllar tercih edilmiştir (Caneparo, 2014).
- Rasyonalizasyon: Rasyonel bina, bir üretim biçimine (yerinde/prefabrik) veya boyutsal bir disipline (modulasyon) değil, şantiyede ve üretim sürecinde malzeme, ekipman ve işçilikten en iyi şekilde yararlanılmasını sağlayarak üretkenliği ve performansı artırma girişimine dayanır. Tam anlamıyla rasyonel bir bina, rasyonalizasyonun mimarın masasında başladığında ve tüm üretim

süreci, gereksinimleri ve sınırlamaları göz önünde bulundurularak tasarlandığında elde edilecektir (Testa, 1972).

- Modülasyon: Bir geometrik sınıflandırma sisteminin temel boyutu bir modül olarak adlandırılır ve modülün boyut birimi, modül (M) olarak tanımlanan teknik bir ölçüdür. Bir bina tasarlanırken, bir modül belirlenmesine ve modülün katlarına göre elemanların boyutlandırılmasına modülasyon adı verilir (Staib ve diğ, 2008). TSE 735'te (Sunar, 1975'te atıfta bulunduğu gibi) Modüler koordinasyon olarak tanımlanan bu düzenin amaçları şu şekilde sıralanmıştır:
 - İmalatta boyutsal tip sayılarını azaltmak.
 - Bileşen tasarımını sadeleştirmek ve ayrılan süreyi azaltmak.
 - Uygulama ve detay çizimlerini sadeleştirmek.
 - Şantiye işlemlerine açıklık ve basitlik kazandırmak.
 - Tasarımcı, imalatçı ve müteahhit arasındaki işbirliğini kolaylaştırmak.
- Nakliye: Taşıma boyutları, prefabrik elemanların tasarım boyutlarını kısıtlayan önemli bir etkidir. Karayollarıyla taşınacak bir eleman için izin verilen boyutlar yaklaşık 2.5 x 3.2 x 12.0 m'dir. Özel durumlarda, büyük yapı elemanlarının taşınması için özel izinler alınabilir ya da farklı taşıma yolları seçilebilir (Staib ve diğ, 2008).
- Montaj: Prefabrik elemanlara dayalı bir bina inşa etmek için, şantiyede yapılması gereken kaldırma, konumlandırma, ayarlama, birleşim ve yalıtım işleri bir montaj sürecidir. Bu sürecin hızlı ve kolay olabilmesi için uygun tasarımın geliştirilmesi ve zaman koordinasyonu oldukça önemlidir (Staib ve diğ, 2008). Örneğin vinç sayılarını azaltan ve şantiye üzerindeki vinç hareketlerini kolaylaştıran bina kitle biçimleri (uzun bina blokları) ve genel yerleşme düzenleri (geometrik vaziyet planları) tercih edilmiştir (Şener, 1986).
- Toleranslar: Prefabrik elemanlarla inşa edilen bir binada, önceden biçim verilmiş elemanlar kullanıldığı için boyutsal toleranslar göz önünde bulundurularak tasarım geliştirilmesi konvansiyonel yöntemlere göre daha önemlidir (Staib ve diğ, 2008).

Prefabrik yapı elemanları ile tasarım yaparken, elemanların boyutsal ilkeleri de tasarımda belirleyici faktörlerdir. Binalar doğrusal (çerçeve), düzlemsel (panel) veya hücresel (oda modülü) elemanlardan oluşabilir. Bu üç yapı elemanlarından esneklik seviyesi en yüksek olan çerçeve sistemlerdir, bunu panel sistemler ve daha sonra oda modülleri takip ederken, prefabrikasyon seviyesi ters sırayı takip etmektedir (Staib ve diğ., 2008).

Endüstrileşme ile beraber ortaya çıkan performans kavramı

Rasyonel çözüm arayışı içinde ağırlığını hissettiren kavram “performans kavramı” olmuştur. Tasarımda performans çalışmalarında amaç; bina ile ilgili problemlerde malzeme ve yapım yöntemine referans vermeksizin yalnız sonuçla ilgili gerekliliklerin karşılanmasıdır. Kullanıcı gereksinimlerine ilişkin binanın performans gereksinimleri, genel düzeyde, stabilite ve strüktürel direnç, eylemler için yeterli mekanlar, yeterli hava, uygun ışık ve akustik koşullar, az maliyetli bakım, onarım olanağı olarak görülebilir (Atasoy,1980). Performans yaklaşımlarında tasarım bu performansları karşılamak üzere geliştirilir.

Endüstrileşme ile beraber mimar rolündeki değişim

Mimarın sorumluluğu, inşaat endüstrisindeki bilgi ve teknik olasılıklar ile teknoloji, endüstri ve bilim gibi diğer alanlardaki gelişmeler arasındaki sürekli artan farklılıkları en aza indirmek olacaktır. Ancak bu şekilde çağdaş koşullara ve gereksinimlere cevap veren çözümler bulunabilir. Bu durum, mimarların devamlı bilgi alışverişine odaklanmaları, alışılmadık çözümlere açık olmaları, binanın ölçeğinden öte bir bakış açısı geliştirmeleri ve yeni şeyler denemekten zevk almaları gerektiği anlamına gelir. Çeşitli uzmanlık alanlarından bilim adamları, geliştiriciler ve mühendislerle işbirliği, bu yeni sorumluluklarda önemli bir rol oynamaktadır. Teknik, ekolojik ve sosyal talepleri öngörüp karşılayabilecek bir yapı biçimi geliştirmek için disiplinlerarası bilgi, fikir ve çözüm aktarımı mimarların çalışmalarının vazgeçilmez bir yönüdür (Staib ve diğ., 2008).

Endüstrileşme ile beraber tasarım aracı olarak prototip kullanımı

Endüstrileşme ve prefabrikasyon, tasarım sürecinde yeni bir araç olarak prototip kullanımı ve yinelemeli tasarım potansiyelini taşımaktadır. Tek seferde yerinde inşa edilen yapılar ile ilgili önemli bir sorun, nihai inşaattan önce detayları prototiple deneyememe ve detaylandırmada yetersizliktir. Endüstriyel seri üretim bir ürün

kullanıldığında birebir aynı ürün örneğinden çok sayıda olacağı için prototip ile kazanılan deneyim, tasarımcıya sonuç hakkında önemli veriler verecektir. Büyük kapasiteli veya yeni ürünlerin deneneceği yapılar düşünüldüğünde üretimin prova edilmesi sonuç üretimin hata oranını büyük ölçüde azaltacaktır (Anderson, 2007).

Açık endüstrileşmenin tasarıma etkisi

Endüstriyel seri üretim ürünlerin kullanılması ve sınırlı sayıda bileşenle bir arada kullanılabilen kapalı sistemler, projelerin tek tipleştiği, mekanın ‘değişebilirlik’ özelliğini sınırladığı ve kullanıcıya göre özelleştirilememesi açılarından eleştirilmekteydi. Bu gelişmeler sonucu, 1970 ortalarında yeni bir durum değerlendirmesi yapıldı ve “açık endüstrileşme” sürecine geçiş ve “uyuşumlu bileşenlerle yapım” geliştirilmeye başlandı. Bu sistemdeki tasarlama fonksiyonu, pazardaki uyuşumlu (katalog) bileşenlerini kullanarak bir binayı tanımlamaya dayanmaktadır. Uyuşumlu bileşenlerle yapımda tasarım süreci özellikleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Şener, 1986):

- Kullanıcının, işverenin, tasarlayıcının, üreticinin ve gerçekleştircinin karşılıklı ihtiyaçlarına cevap vermelidir.
- Bir malzemeyi diğerine oranla daha uygun kılmaksızın, tüm teknolojilere açık olmalıdır.
- Farklı kaynaklı bileşenler arasında veya geleneksel sistemle kolay birleşmeye olanak tanımalıdır.
- Tasarımcı ürün boyutları ile ilgili bir taslak belirler, uygulama aşamasına geçildiğinde üretici firma veya uygulayıcı bu boyutları kendi üretimlerine göre revize etmesini ister.
- Tüm üreticiler tarafından ortaklaşa bir tolerans değeri belirlenir.
- Birleşmede geometrik, fiziksel, mekanik ve kimyasal uyuşumluluk sağlanmalıdır.
- Farklı fonksiyonlar ve kullanımlar için gerekli mekan organizasyonu örgütlenmeli.

- Bir yapı elemanı için, örnek olarak çatı için geliştirilmiş kurala göre, aynı eğimli çatılar bir aile teşkil eder ve değişik projeler için ortak çatı detayları uygulanabilir.
- Uyuşumlu katalog bileşenleri ile ilgili tasarımcıya sunulması gereken bilgiler:
 - Genel prensipleri ve hedeflerine ilişkin bilgiler
 - Sınırlar
 - Temel yapısal prensipler
 - Kaliteye ilişkin performans bilgileri
 - Uygulama koşullarına ilişkin bilgiler
 - Maliyet hesabı

Yapım yeri seçiminin tasarıma etkisi

Yapım yeri kararı, tasarım sürecinde de belirleyici olmaktadır. Utkutuğ (1981), yapım yeri seçeneklerini aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- a. Yapının yapım yerinde ve yaş dökümle gerçekleştirilmesi
 - a. Geleneksel ahşap kalıplar ile yaş döküm.
 - b. Kayar kalıp, tünel kalıp, şişirme kalıp vb. daha mekanize ile yaş döküm.
- b. Yapı bileşenlerinin şantiye dışındaki fabrika ve atölyelerde imal edilerek yapım yerinde montajına yönelik yapım yöntemi.

Strüktürel (yapım) sistemi seçiminin tasarıma etkisi

Yapıda taşıyıcı sistem seçimi diğer tasarım süreçlerinde belirleyici olmaktadır. Utkutuğ (1981), beton malzeme için taşıyıcı sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- a. Panel blok sistemler
 - a. Düşey taşıyıcıların yapı enine düzenlendiği
 - b. Düşey taşıyıcıların yapı boyuna düzenlendiği
 - c. Düşey taşıyıcıların her iki yönde düzenlendiği
- b. İskelet sistemler
 - a. Kolon-kiriş sistemler

- b. Çerçeve sistemler
- c. Kirişsiz iskelet sistemler
- c. Kutu sistemler
- d. Karma sistemler

Prefabrikasyon ve endüstrileşmeye dayanan düzenlerin tasarım aşamaları

Geleneksel sistem tasarım aşamaları ile endüstrileşmeye dayanan sistemlerin tasarım aşamaları birbirinden farklıdır. Geleneksel sistemlerin tasarım aşamaları aşağıdaki gibidir (Kulaksızoğlu, 1973) :

- Genel yerleşme (1/500)
- Fonksiyon ilişkileri (1/200)
- Proje tasarımı (1/100)
- Uygulama tasarımı (1/50, 1/20, 1/10, 1/5, 1/2, 1/1)

Prefabrikasyon ve endüstrileşmeye dayanan sistemlerde ise sırayla aşağıdaki aşamalar görülür. Geleneksele göre ters olacak şekilde detaydan tüme doğru gidilir. ;

- Sistemin birleşim noktalarına kadar varan analizi (1/1)
- Uygun sistem seçimi (1/20)
- Planlama modülünün analizi
- Fonksiyon ilişkileri analizi (1/100)
- Proje tasarımı (1/100)

3.3.2 Tasarımın yapım sürecine etkisi

Tasarlanan yapının üretim aşamasını göz önünde bulundurma gerekliliği şüphesiz ki tasarım sürecinin en başından itibaren önemini korumaktadır. Bununla birlikte kavramsal tasarımı üretime hazır hale getiren detaylandırma süreci, ön tasarımda alınan karakteristik ve estetik kararları, yüksek bir yaratıcılıkla ve sorunsuzca üretim aşamasına aktarabilmesi gerekir. Bu sebeple kavramsal tasarım ile detay tasarımı arasındaki uyum önemlidir. Detaylandırma sürecinde kaynakların verimli kullanılabilmesi ve yapım sürecinin sorunsuz ilerleyebilmesi için göz önünde bulundurulması gereken prensipler aşağıda sıralanmıştır (Emmitt, 2007):

- İnşa edilebilirlik (*Constructability*): Bina inşasındaki sorunların büyük bir kısmı, üretime sağlanan bilgilerin ve detay tasarımcılarının farklı bileşenlerin nasıl etkileşime girdiğine ilişkin bilgilerinin eksikliklerinden kaynaklanır. İnşa edilebilirliğin artması için detay tasarımcıları, daha çok üretim faaliyetlerinin içinde olmalılar. İnşa edilebilir tasarım geliştirebilmek için önemli kriterler;
 - Sadeleşme: Karmaşık bir sisteme sahip olan bina üretimini daha da karmaşık hale getirmemek için sade/basit çözümler geliştirilmelidir. Değişkenliği azaltmak, kalitenin artmasını ve daha fazla değer sunulmasını sağlamaktadır.
 - Standart eleman kullanımı: Standart ürünler yapı inşasında uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Standartlaşma, kaliteyi az maliyetle üretebilme imkânı sağlamaktadır.
 - Güçlü iletişim: Tasarım grubu, yükleniciler, alt yükleniciler, tedarikçiler gibi üretimde yer alan tüm rollerin iş birliği içinde ve entegre çalışması, oluşabilecek hataları azaltarak bir yapıyı inşa edilebilir kılmaktadır.
- Üretilebilirlik (*Manufacturability*): Üretim için tasarım (*design for manufacturability*) geliştirebilmek için üretim aşamalarının, özellikle sınırların ve olanakların bilinmesi gerekmektedir. Üretici ve tasarımcı arasında iyi bir şekilde kurulan diyalog, tasarımla ilgili çözülmesi gereken problemlerin üretim aşamasına gelmeden önce çözülebilmesini sağlar. Bunların yanında tasarımın ve detaylarının fiziksel veya dijital olarak modellenmesi, tasarım sürecini kısıltacağı gibi fikrin diğer paydaşlara anlatılmasında da yardımcı olur. Üretim için tasarımda önemli olan kriterler;
 - Bileşen tasarımı: Bileşen tasarımı, tasarım süreci sonlandırılmadan önce geliştirilmeli, test edilmeli ve dijital olarak üretilmelidir.
 - Birleşim tanımlaması: Dijital birleşim modelinin oluşturulması birleşimin test edilmesine ve oluşacak problemlerin önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır.
 - Üretim tanımlaması: Tasarlanan bileşenlerin ve birleşimlerin üretim şekillerinin ve aşamalarının tanımlanması gerekmektedir.

- Bütüncül çalışma: İyi bir tasarım entegrasyonu için temel gereklilik, projede yer alan aktörler arasında işbirliği ve açık ve etkili bir iletişimdir. Bütüncül çalışmayı sağlayan kriterler;
 - Sürece erken dahil olma: Projeden projeye değişmekle beraber detaylandırmadan önce tüm paydaşlar dahil olmalıdır. Sürece erken dahil olma, tüm aktörlere kararlar kesinleşmeden önce tasarım, detaylandırma ve planlama aşamalarına katkıda bulunma fırsatı vermektedir.
 - Paylaşımlı araçlar: Aktörlerin eş zamanlı olarak çalışabileceği paylaşımlı tasarım araçları (örneğin BIM) bütüncül bir tasarım geliştirmeyi kolaylaştırmaktadır.
 - Ortak faydalar, değerler ve riskler: Güçlü iş birlikleri, ortak ekonomik faydalar, ortak değer ve amaçlar ve paylaşılan riskler bütüncül çalışmaya teşvik etmektedir.
 - Toplantı ve seminerler: Belirli zaman aralıklarıyla toplantılar düzenlenmesi ve proje üzerinde tartışılması ortak kararlar almaya olanak sağlamaktadır.

Bralla (1999), ekonomik üretim için geliştirilen tasarımın temel ilkelerini aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Sadelik
- Standart malzeme ve bileşenler
- Ürünün kendi içinde standartlaştırılmış tasarımı
- Toleranslar
- İşlenebilir malzeme kullanımı
- Üretici ile takım çalışması
- İkincil işlemlerden kaçınma
- Beklenen üretim seviyesine uygun tasarım
- Özel işlem özelliklerinin kullanılması
- Süreç kısıtlamasından kaçınma

Tasarımcı – uygulayıcının üretim süresi boyunca iletişimi

Bir projenin, sürece katkıda bulunan kişi sayısı ve bilgi miktarı en fazla olduğu zaman inşaat sürecidir ve burada yanlış anlama ve çatışma olasılığı oldukça fazladır. Sınırlı süre ve artan iş yükünden kaynaklanan baskılar, ekip üyelerinin birlikte çalışma yeteneğini etkileyerek, iletişim modellerinde performansı engelleyebilecek veya artırabilecek değişikliklere yol açabilir. Yapıma aktarılan belgelerin (çizimler, şartnameler ve çizelgeler) genellikle eksiksiz ve hatasız olduğu varsayılrsa da, üretim aşamasında ek bilgiler gerekli olabilir. Bu nedenle, inşaat aşamasında tasarımcı ve uygulayıcı arasındaki etkileşimin çoğu, detay tasarımlarının nihai gelişimi, inşaat detaylarındaki değişiklikler ve binanın güvenli bir şekilde ve kararlaştırılan zaman, maliyet ve kalite parametreleri dahilinde temin edilebilmesi için özel bileşenlerin koordinasyonu ve entegrasyonu ile ilgilidir. Tasarımcıların önemseydiği hedef, bilgi akışının inşaat sürecini kesintiye uğratmamasını sağlamaktır, ancak bu her zaman pratikte gerçekleşmemektedir. Hızlı projelerde, yükleniciye bilgi sağlanması aşamalı hale getirilir ve projedeki belirli kilometre taşlarında bilgi akışı sağlanır (Emmitt, 2007).

Tasarımdaki değişiklikler

İnşaat sırasında meydana gelen tasarım değişikliklerinin kaynak israfı, maliyet ve süre artışı gibi önemli sonuçları vardır. Bu nedenle, tasarım değişiklikleri için tüm talepleri takip etmek gerekir ve uygulama aşamasında meydana gelen değişikliklerin sayısını en aza indirmek için çaba gösterilmelidir. Tasarımda değişikliğe yol açan sebeplerden en yaygın olanları aşağıda sıralanmıştır.

- Öngörülemeyen durumlar: Zemindeki sorunlar veya mevcut bir yapıda karşılaşılan sürprizler gibi öngörülemeyen durumlar, işe başlamadan önce kapsamlı araştırmalarla hafifletilebilir, ancak risk tamamen ortadan kaldırılamaz.
- Kullanıcı talepleri: İnşa edilen yapıyı kullanacak kişilerin gereksinimleri gözden geçirilerek ve kullanıcıyı daha önceki tasarım aşamalarına dahil ederek değişiklik ihtimali azaltılabilir.
- Tasarımcı isteği: Varolandan daha iyi bir çözüm bulunduğunda ortaya çıkabilen değişikliklerdir.

- Yüklenici talebi: Talepler, inŖa edilebilirlik sorunları ve malzemelerin kullanılabilirliği ile ilgili olabilir.
- Bilgi eksikliği: Sağlanan bilgilerle ilgili olarak ek bilgi veya açıklama talepleriyle sonuçlanan sorunlardır.

3.3.3 Çizimlerde ve Ŗartnamelerde bulunması gereken bilgilerin meslek kuruluşları tarafından tanımları ve standartlar

izimler ve Ŗartnameler biri Ŗekillerle diğeri kelimelerle olmak üzere mimar ve yüklenici arasındaki bilgi iletiŖimini sağlamaktadır. İçerdikleri bilgiler aŖaęıda sıralanmaktadır (Rosen, 1998):

- izimler
 - BileŖenlerin boyutu, Ŗekli ve konumu
 - Malzeme, ekipman ve sabit donatıların yeri
 - Detay ve genel boyutlar
 - Malzeme, ekipman ve mekan arasındaki iliŖki
 - Kaplama, pencere ve kapı izelgeleri
 - Ekipman boyutları
 - Yerinde malzeme sınıfının tanımlanması
- Ŗartnameler
 - Malzeme, ekipman ve demirbaŖların türü ve kalitesi
 - İŖilik kalitesi
 - İmalat ve montaj yöntemleri
 - Test ve kod gereksinimleri
 - İmalatçı ekipmanı göstergeleri
 -  denekler ve birim fiyatlar

Çizimlerde/Ŗartnamelerde bulunması gereken bilgiler tasarım sürecini etkileyen bir etmendir. Uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım sürecinin ıktıları her ülkeye göre deęiŖiklik göstermekle birlikte standartlara göre belirlenmiŖtir. TMMOB Mimarlar

Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi “Mimarın El Kitabı” adlı yayında tüm ölçeklerdeki tasarım çıktılarında olması gereken bilgileri açık bir şekilde tanımlamıştır.

- Etüd Proje Çalışmaları: Ön çalışmaların elde edilmesi için işveren ya da mimar tarafından temin edilecek bilgiler:
 - Arsa ile ilgili bilgiler
 - Proje konusunun değerlendirilmesi
 - İhtiyaç programı ve arsanın durumunu gösterir plan
 - Etüd projesi
- Avan (Ön) Proje: Etüd projesinde işveren tarafından istenen değişiklik ve eklemeler varsa, bunlar göz önüne alınarak ön projeye başlanır. Vaziyet planı(1/1000 veya 1/500) ve Ön proje(1/200 veya 1/100) olarak düzenlenir.
- Uygulama Projesi: Mimari uygulama projesi genel olarak 1/50 ölçeğinde bazı özel durumlarda 1/100 ölçeğinde ve yapı üretimi aşamasında gerekli olan bütün bilgi ve ölçütleri tam kapsayacak biçimde çizilir.

Uygulama projelerinde Vaziyet planı, Yerleşim planı, Planlar, Kesitler, Görünüşler ve Detaylar bulunur. Tüm çizimlerin ölçekleri ve çizim teknikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Detaylar:

- Çatı detayları: Cephelerin çatıda bitiş detayları, çatı örtüleri kenar detayları ile ayrıntılı çatılarda nokta detayları, oluk, süzgeç detayları, varsa komşu duvar birleşimleri 1/10, 1/5 ölçekli çizilir.
- Sistem detayları: Çatıdan temele kadar ve benzer katlar bir defa olmak üzere kesit plan görünüş olarak çizilir. Bütün imalat tam olarak ölçü kotları ile gösterilir. 1/20 ölçekli sistem detaylarının zeminle birleşim noktaları 1/5 ölçeğinde çizilir.
- Merdiven detayları: Bütün merdivenler, plan kesit ve gereğinde görünüşleri ile çizilir. Basamak, sahanlık, küpeşte, korkuluk gösterilir. Basamakların başlangıç ve sahanlık birleşim yerlerinin görünüşleri çizilir. 1/2 ölçekli normal basamak, kesit ve görünüş, korkuluk ve küpeşterleri ile çizilir. Ankraj detayları 1/5 ölçeğinde gösterilir.

- Doğrama detayları (Kapılar, pencereler, cephe giydirmeleri, bölüm panoları, camlı bölme, vitrinler, dolaplar gibi): Cephe veya tam düşey iz düşümde görülmeyen doğramalar 1/50 ölçeğinde, doğrama şeması ya da 1/20 doğrama sistem detayları olarak çizilir. Doğramalar, konstrüksiyon ölçü açılış çeşidine ve detay özelliğine göre tipleştirilir. Tipleştirmede ekonomi imalat kolaylığı göz önünde bulundurulur. Tipleştirilen doğramaların her biri 1/1 veya 1/5 ölçeğinde çizilir.

Sistem Detayları Çizim Standartları:

- a. Her projenin uygulama projesi iş aşamasına geçildiği zaman ilgili sistem detayları listesi hazırlanır.
- b. Sistem Detayı'nın planı, kesiti ve görünüşü aynı ölçekte, olanaklı ise aynı paftaya çizilir.
- c. Değişik malzeme, imalat ya da yapı elemanlarının tüm birleşme özellikleri şematik olarak gösterilir, ayrıntı imalat detayında verilir.
- d. Tüm malzeme isimleri yazılır, malzeme açılımları yapılır.
- e. Malzeme isimlerinin yanlarına, gerekiyorsa poz no'ları ya da referans no'ları yazılır.
- f. İmalat detaylarını referans numaraları ve bulundukları pafta numaraları yazılır.
- g. Sistem detayının yer aldığı mahal no'ları ve uygulama projesi pafta no'ları yazılır.

İmalat Detayları Çizim Standartları:

Bir imalat detayının hazırlanmasın da, herhangi bir yapıda ve herhangi bir sistem içerisinde kullanılma olanağı göz önünde tutulur. Detayın ilgili olduğu imalat dışında başka bir malzeme ya da imalat ile birleşme şekilleri gösterilmez ya da şematik olarak gösterilir.

- a. Her projenin sistem detayları iş aşamasında geçildiği zaman ilgili imalat detayları listesi hazırlanır.
- b. İmalat detayının planı, kesiti ve görünüşü aynı ölçekte, olanaklı ise aynı paftaya çizilir.

- c. Değişik malzeme, imalat ya da yapı elemanlarının tüm birleşme özellikleri şematik olarak gösterilir, ayrıntı imalat detayında verilir.
- d. Tüm malzeme isimleri yazılır, malzeme açıklamaları yazılır.
- e. Malzeme isimlerinin yanlarına, gerekiyorsa poz no'ları ya da referans no'ları yazılır.
- f. Özelliği olan imalatlar için açıklama notları yazılır.
- g. İmalat detaylarının referans numaraları ve bulundukları pafta numaraları yazılır.
- h. Paftanın köşesine imalatla dikkat edilecek hususlar yazılır.

İngiliz Mimarlar Kraliyet Enstitüsü (*The Royal Institute of British Architects – RIBA*) tasarım ve yapım sürecini aşamalar halinde tanımlamıştır;

- Stratejik tanım
- Hazırlık ve özet
- Konsept tasarımı
- Geliştirilmiş tasarım
- Teknik tasarım
- Yapım
- Teslimat ve satış
- Kullanım

Teknik tasarım, tüm tasarım ekibinin üretim bilgilerini tamamlaması aşamasıdır. Tasarım Programı uyarınca tüm mimari, strüktürel ve servis sistemleri bilgileri, yüklenici ve alt yüklenicilere verilmek üzere uygun şekilde hazırlanmalıdır.

İhale ve sözleşme dokümanları bağlamında, şartname önemli bir rol oynamaktadır. Maddeler açık ve eksiksiz olmalı, bir sözleşmenin gerektirdiği bütün hassasiyete sahip olmalıdır. Şartnamelerin kullanım alanları (Chappell & Dunn, 2016):

- Yüklenici; kalite, malzeme ve işçilikle ilgili özellikler için şartnameye dayanarak ihale hazırlar.
- Metraj hesaplanırken ve şantiyede üretim kontrol edilirken ihale hazırlanır.



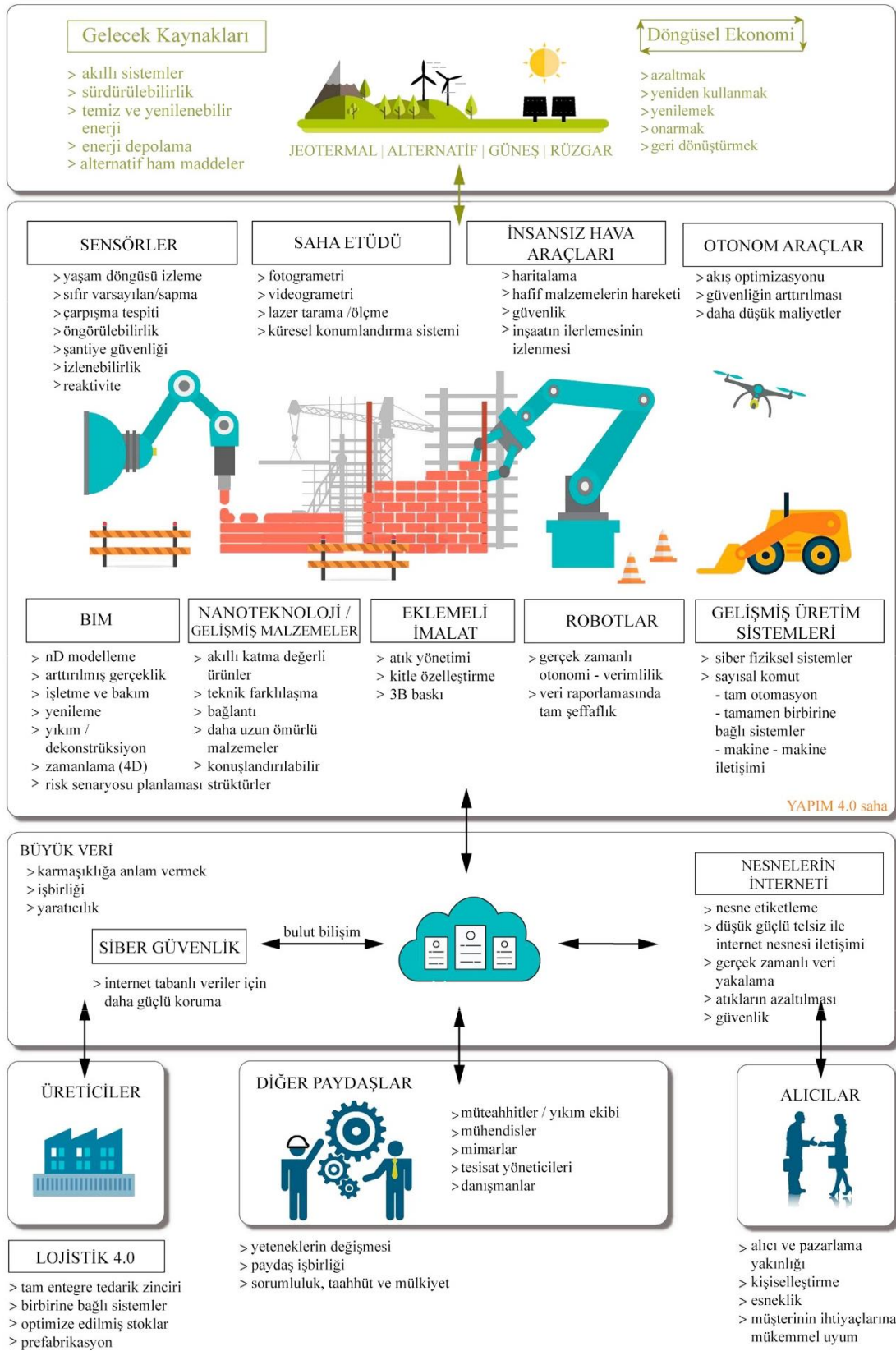
4. DİJİTAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

20. yy'da teknolojiye görülen en büyük değişiklik, yeni üretim teknikleri ve gelişmiş yazılımlar arasındaki diyalogdur. Dijital üretim, hassas ve doğrudan üretimin öncelikli olarak talep edildiği otomotiv ve havacılık endüstrisinde geliştirilen ve günümüzde inşaat sektöründe giderek daha fazla kullanılan bir üretim sürecidir. Bu yaygınlaşma, bir arayüz ile doğrudan tasarımın üretimini sağlayan dijital teknolojilerin evrimi sonucu gelişmiştir (Naboni & Paoletti, 2015).

Endüstriyel bir robot, üç veya daha fazla eksenle programlanabilen otomatik kontrollü, çok amaçlı bir aygıt olarak tanımlanır (ISO 8373:1994). Mimarlıkta kullanım için uyarlanan robotik kol, insan koluna benzer fonksiyonlara sahip ve tipik olarak altı eklem ile birleştirilmiş yedi metal bölümden oluşan, dönme hareketine (eklemlili robot) veya translasyonel (lineer) yer değiştirmeye izin veren mekanik bir programlanabilir cihaz türüdür (Naboni & Paoletti, 2015).

İnşaatla planlama, hesaplama, optimizasyon, ihale ve pazarlamanın yaklaşık % 98'i dijital verilere dayanmaktadır. Bununla birlikte, bilgisayar tabanlı tasarım süreci ve fiziksel uygulama arasında giderek daha doğrudan bir arayüz kurulmaktadır. Bu nedenle, dijital üretim süreçleri bina tasarımının inşa edilebilirliğini sağlamak için önemli bir hesaplanabilirlik koşulu olmaktadır (Hauschild ve diğ., 2011).

İnşaat sektörü, dijital teknolojilerin, akıllı makinelerin ve malzemelerin benimsenmesi ile karakterize edilen ve adaptasyon gerektiren bir yenilik ile karşı karşıyadır. Şekil 4.1'de açıklanan İnşa 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm, inşaat şirketlerinin verimliliği artırmasına, proje gecikmelerini ve maliyet aşımalarını azaltmasına, karmaşıklığı yönetmesine ve güvenliği, kaliteyi ve kaynak verimliliğini artırmasına olanak tanıyacaktır. İnşa 4.0, sanal bir gerçeklik sunan BIM (Bina Bilgi Modellemesi) sistemi aracılığıyla otomatik üretimden dijitalleşmenin geldiği son noktaya kadar inşaat endüstrisinin 4. Sanayi devrimini gerçekleştirmesini içerir (Craveiro ve diğ., 2019).



Şekil 4.1: İnşaat 4.0 (Craveiro ve diğ., 2019).

4.1 Dijital Üretimin Tarihsel Gelişim Süreci ve Sınıflandırmaları

Kişiselleştirilmiş üretime temel olan, dijital tasarım ve Bilgisayar Sayısal Kontrollü (CNC) makinelerin geliştirilmesidir. Bu makinelerin ilk prototipi 1952’de MIT tarafından geliştirilmiştir ve uzunca bir süre diğer sektörlerde kullanıldıktan sonra 1990’lı yıllarda, mimarların Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımlarını kullanmaları ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) ile birleştirmeleriyle beraber yapı üretiminde kullanılmaya başlanmıştır (Naboni & Paoletti, 2015). Bu iki sürecin birleşimi karmaşıklık, verimlilik ve kişiselleştirme açısından mimaride sınırların ötesinde bir oyun alanı yaratmaktadır.

Akademik alanda ise Neil Gershenfeld, 1998’de MIT’de “Her Şeyi (neredeyse) Nasıl Yapabilirim?” dersini vermeye başlamıştır. Ders, CNC makinelerinin endüstriyel üretimde kullanımı ile ilgili ve sanatçılar, mimarlar, tasarımcılar ve çeşitli bilim öğrencileri gibi farklı disiplinlerden öğrencilere açıktır.

Genişleyen dijital üretim teknolojileri farklı kaynaklar tarafından çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır.

4.1.1 Naboni & Paoletti’nin dijital üretim sınıflandırması

Naboni ve Paoletti (2015), “*Advanced Customization in Architectural Design and Construction*” adlı kitapta dijital üretimleri aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır (Çizelge 4.1);

- Çıkarmalı (*subtractive*): Son ürün oluşana kadar bir malzemeden parça çıkarma işlemi
- Şekillendirmeli (*formative*): Başlangıçtaki malzeme tutarlılığını koruyarak biçimlendirme işlemi
- Birleştirmeli (*assembly*): Çeşitli bileşenlerin uzun süre dayanıklı bağlantılarının kullanılmasıyla malzeme tutarlılığının artırılma işlemi.
- Eklemeli (*additive*): Bitmemiş malzemelerin kombinasyonu ile veya tek tek elemanların gruplandırılıp birleştirilmesiyle büyük bileşenin üretilme işlemi.

Çizelge 4.1: Dijital üretim sınıflandırması (Naboni ve Paoletti, 2015).

Çıkarmalı (Subtractive)		Şekillendirmeli (Formative)	
CNC	CNC Frezeleme (CNC Milling)	CNC	CNC Bükücü (CNC Bending)
	CNC Lazer Kesici (CNC Laser Cutter)		CNC Delik Açma (CNC Hole Punching)
	CNC Su Jeti Kesici (CNC Water Jet Cutting)		
	Sıcak Tel Kesici (Hot Wire Cutter)		Hydroforming (Hydroforming)
Robotik	Sıcak Tel Kesme İmalatı (Hot Wire Cutting Fabrication)	Robotik	Robotik Artımlı Metal Levha Şekillendirme (Robotic Incremental Sheet Metal Forming)
	Çok Eksenli Frezeleme - (Multiaxial Milling)		Robotik Çubuk Bükme (Robotic Rod Bending)
Birleştirmeli (Assembly)		Eklemeli (Additive)	
Robotik	Seç ve Yerleştir (Pick and Placing)	Büyük ölçekli 3B Baskı	Contour Crafting
	Sarım (Winding)		D-Shape
		3B Bileşen Baskı	3B baskı çelik eklemeler
			Minibuilders
			Beton 3B baskı
			Yer çekimsiz 3B baskı

4.1.2 Hauschild, Karzel, Hellstern, Kollmann & Schönbrunner'in dijital üretim sınıflandırması

Hauschild ve diğ. (2011) “*Digital Processes: Planning, Designing, Production*” adlı kitapta dijital üretim süreçlerini 4 grupta incelemiştir (Çizelge 4.2);

- Üretici (*generative*) : Birincil şekillendirme süreci
- Çıkarmalı (*subtractive*): Malzemenin kohezyonunu ayıran
- Şekillendirme (*forming*): Malzemenin kohezyonunu sabit tutan

- Birleştirmeli (*joining*): Malzemenin kohezyonunu arttıran. (Bu süreç henüz yeterince gelişmediği için kaynakta ayrıntılı ele alınmamıştır.)

Çizelge 4.2: Dijital üretim sınıflandırması (Hauschild ve diğ., 2011).

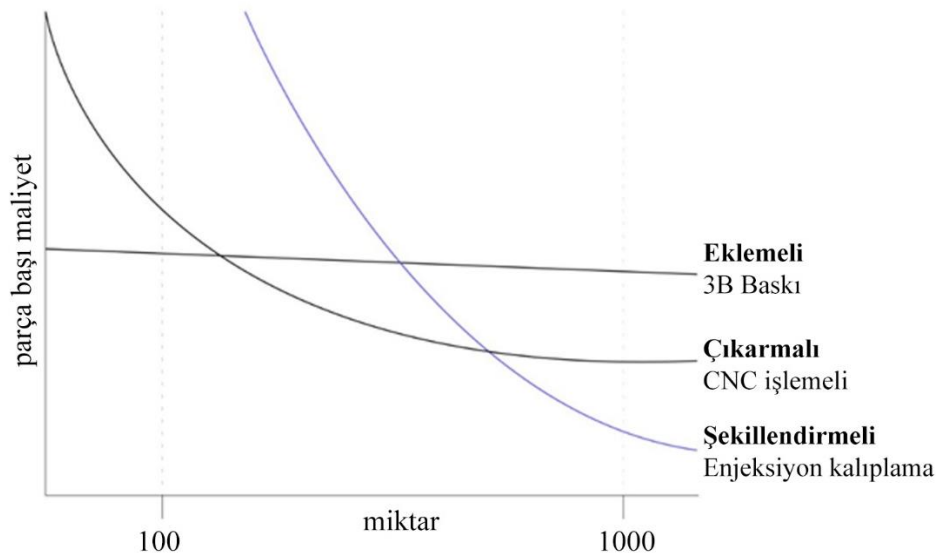
Çıkarmalı (<i>Subtractive</i>)	Şekillendirmeli (<i>Formative</i>)
CNC Zımba (<i>CNC Punch</i>)	CNC Delik Açma (<i>CNC Hole Punching</i>)
Lazer (<i>Lasering</i>)	CNC Katlama (<i>CNC Folding</i>)
Su Jeti (<i>Waterjet</i>)	CNC Bükücü (<i>CNC Bending</i>)
Oyma (<i>Nibbling</i>)	Hidroforming (<i>Hydroforming</i>)
Plazma Kesim (<i>Plasma Cutting</i>)	Lineer Akış Bölme (<i>Linear Flow Splitting</i>)
2 Eksenli Frezeleme (<i>Milling 2-axial</i>)	Esnek Rulo Şekillendirme (<i>Flexible Roll Forming</i>)
5 Eksenli Frezeleme (<i>Milling 5-axial</i>)	Derin Çekme (<i>Deep-drawing</i>)
Robotik Lazer (<i>Robotic Lasering</i>)	Enjeksiyon Kalıplama (<i>Injection Moulding</i>)
Üretici (<i>Generative</i>)	
CNC Ön Üretimli Beton Parçaları (<i>CNC Precast Concrete Parts</i>)	
Çok Jetli Modelleme (<i>Multi-jet Modelling (MJM)</i>)	
3B Baskı (<i>3D Printing (3DP)</i>)	
Eriyik Biriktirme Modellemesi (<i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>)	
Seçici Lazer Sinterleme (<i>Selective Laser Sintering (SLS)</i>)	
Stereolitografi (<i>Stereolithography (SLA)</i>)	
Kontür İşçiliği (<i>Contour Crafting</i>)	
Robot Tabanlı Katmanlama (<i>Robot-based Layering</i>)	

4.1.3 Redwood, Schöffer & Garret’in dijital üretim sınıflandırması

“*The 3D Printing Handbook*” (2017) adlı kitapta dijital üretim 3 sınıfa ayrılmıştır;

- Şekillendirmeli (*formative*): Şekillendirmeli üretimde genellikle ısı ve basınç kullanılarak istenen şekilde malzeme oluşturulur; Enjeksiyonlu kalıplama, Döküm, Damgalama ve Dövme.

- Çıkarmalı (*subtractive*): Çıkarmalı üretimde sürece katı bir materyal bloğu ile başlanır ve kesici aletler ile malzemeden çıkarmalar yapılarak istenen sonuç elde edilir; CNC, Torna, Delme.
- Eklemeli (*additive*): Eklemeli üretim, bir ürün için bir seferde bir katmanın üretilmesi ve sırayla tüm katmanların eklenmesi işlemidir; 3B Baskı.



Şekil 4.2: Üretim miktarına göre maliyet değişim grafiği (Redwood ve diğ., 2017).

4.1.4 Kolareviç'in dijital üretim sınıflandırması

“Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing” adlı kitapta dijital üretim 5 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 4.3);

- CNC Kesim/İki Boyutlu Üretim (*CNC Cutting/Two Dimensional Fabrication*): İki boyutlu üretim, levha malzemesinin kesme kafasına göre iki eksenli hareketini içerir ve hareketli bir kesme kafası, hareketli bir yatak veya ikisinin bir kombinasyonu olarak uygulanır.
- Çıkarmalı (*subtractive*): Çıkarmalı üretim, elektro, kimyasal veya mekanik olarak ayrıştıran süreçler kullanarak belirli bir malzeme hacminin katı maddelerden uzaklaştırılmasını içerir.
- Eklemeli (*additive*): Eklemeli üretim, çıkarma işleminin tersi olarak, katman katman malzeme ekleyerek artımlı biçimlendirmeyi içerir.

- Şekillendirmeli (*formative*): Biçimlendirici üretimde mekanik kuvvetler, kısıtlayıcı formlar, ısı veya buhar, bir malzemeye, yeniden şekillendirme veya deformasyon yoluyla istenen şekle getirecek şekilde uygulanır.
- Birleştirmeli (*assembly*): Dijital üç boyutlu modeller, her bir bileşenin konumunu tam olarak belirlemek, kendi yerine taşımak ve son olarak uygun bir yere sabitlemek için kullanılabilir.

Çizelge 4.3: Dijital üretim sınıflandırması (Kolarevic, 2003).

Çıkarmalı (<i>Subtractive</i>)	Eklemeli (<i>Additive</i>)
CNC Frezeleme (<i>CNC Milling</i>)	Stereolitografi (<i>Stereolithography (SLA)</i>)
Şekillendirmeli (<i>Formative</i>)	Seçici Lazer Sinterleme (<i>Selective Laser Sintering (SLS)</i>)
CNC Kesim/İki Boyutlu Üretim (<i>CNC Cutting / Two Dimensional Fabrication</i>)	3B Baskı (<i>3D Printing (3DP)</i>)
	Lamine Nesne Üretimi (<i>Laminated Object Manufacture (LOM)</i>)
Birleştirmeli (<i>Assembly</i>)	Eriyik Biriktirme Modellemesi (<i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>)
Elektronik Ölçme (<i>Electronic Surveying</i>)	Çok Jetli Modelleme (<i>Multi-jet Modelling (MJM)</i>)
Lazer Konumlandırma (<i>Laser Positioning</i>)	Kontür İşçiliği (<i>Contour Crafting</i>)

4.1.5 Dijital üretim sınıflandırmalarının derlenmesi

Yukarıda belirtilen 4 kaynağın dijital üretim teknolojileri sınıflandırmaları kaynaklar özelinde incelenmiştir. Üst grup başlıklarındaki kesişimler ve ortaklıklar göz önünde bulundurulduğunda bundan sonraki bölümler için dijital üretim Çıkarmalı, Şekillendirmeli, Birleştirmeli ve Eklemeli olmak üzere 4 başlık altında derlenmiştir. Üretim teknolojileri özellikleri Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verildiği gibi kaynaklardaki bilgilerin derlenmesi yoluyla karşılaştırmalı bir şekilde ele alınmış olup Eklemeli Dijital Üretim 4.2. bölümde incelenmiştir.

Çizelge 4.4: Çıkarmalı dijital üretimler.

	Tanım	Kullandığı malzeme	Maksimum üretim alanı	Malzeme Kalınlığı	Bitirme işlemleri	Kullanım alanları ve özellikleri	Hız
CNC 2 Eksenli Frezeleme	CNC Frezeleme; komutlar ile, hareketi, ilerleme hızını, iş mili tahrikinin çalışmasını, soğutucu beslemesini, takım değişimlerini ve diğer işlemsel parametreleri takım tezgahı üzerinde kontrol eder.	Ahşap ve köpük	~1.5 x 5 m	250 mm'e kadar	zımparalama	Cam ve plastik için kullanılan ahşap ve köpük kalıpların oluşturulmasında çıkartmalı üretim için en esnek araç olarak kabul edilse de üretim süresi ve atık malzeme fazlalığı, belirli açı ve geometriler ile bazı geometrik kısıtlamalar olumsuz yönünü oluşturur.	~ 10 m/dk
CNC Çok Eksenli Frezeleme		Yumuşak plastikler dâhil tüm yaygın malzeme türleri	maksimum 15 x 60 m	700 mm - 1150 mm arası	gerekli değil		maksimum 40 m/dk
CNC Lazer Kesici	Lazer kesiciler, malzemeyi eritmek veya yakmak için yüksek basınçlı gaz (karbondioksit) ile birlikte yüksek yoğunluklu odaklanmış bir kızılötesi ışık demeti kullanır.	Neredeyse tüm malzemeler	maksimum 16 x 2.5 m	400 mm	malzemeye bağlı	Lazer kesme makineleri, yapı üretiminde karmaşık formların kesilmesine veya aralarında az fark bulunan bileşenlerin seri üretimine ihtiyaç duyulduğunda kullanışlıdır. Prototipler oluşturmak için de yaygın olarak kullanılır.	300 m/dk
CNC Su Jeti Kesici	Yüksek basınçlı su ve katı aşındırıcı parçalardan oluşan karışım, nozuldan malzemeye püskürtülerek hızlıca aşındırır ve keser.	Kauçuk, plastik, folyo, tekstil, kontrplak, köpük, kağıt, gıda maddeleri	3 x 4.5 m	350 mm'ye kadar	malzemeye bağlı	Mimarlıkta esas olarak metal, taş ve plastik kesmek için kullanılan bu sistem genellikle kesilecek malzeme diğer kesim işlemleriyle ilişkili yüksek sıcaklıklara dayanamadığı zaman tercih edilir	35 m/dk
Oyma		Metaller	~ 2.5 x 1.5 m	8 mm'ye kadar	zımparalama		1200-2800 vuruş/dk
Sıcak Tel Kesici		Köpük				Değişen geometrilere sahip son ürün veya bileşen üretiminde, son derece verimlidir.	

Çizelge 4.5: Şekillendirmeli dijital üretimler.

	Kullandığı malzeme	Maksimum üretim alanı	Malzeme Kalınlığı	Bitirme işlemleri	Kullanım alanları ve özellikleri
CNC Bükücü	Çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum boşluklu profiller /boruları / yaprak	teorik olarak sınırsız	6 mm'ye kadar	gerekli değil	Mimarlık, mobilya endüstrisi, makine mühendisliği, fabrika yapımı Lehim ile yapılan birleşimlerin sayısını azaltır ve hassasiyeti artırır.
CNC Delik Açma	Çelik sac, paslanmaz çelik sac, alüminyum sac, karton, kağıt, tekstil	4 x 1.5 m	8 mm'ye kadar	gerekli değil	Mimarlık, otomotiv endüstrisi, elektronik endüstrisi
Hidroforming	Çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum boşluklu profiller/ borular / levhalar, alaşımlar	1.2 x 2 m	8 mm'ye kadar	gerekli değil	Otomotiv endüstrisi, petrol endüstrisi, ısıtma, mobilya endüstrisi. Mimarlık alanındaki temel kullanımlar, malzeme kesintisi olmadan hızlı bir şekilde üretilen kavisli cephe modülleridir.
CNC Katlama	Çelik sac, paslanmaz çelik sac, alüminyum sac	2 m'den 6 m'ye katlama uzunluğu	8 mm'ye kadar	Diş açma, başlık, kaynak somunları,	Makine Mühendisliği, yapısal cephe sektörü, çatı endüstrisi
Derin Çekme	Termoplastikler, akrilik cam, pleksiglas, polikarbonatlar, makrolon	maksimum 5 x 5 m	1 - 15 mm	gerekli değil	Elektrik Mühendisliği, tıbbi teknoloji, mobilya sanayi
Lineer Akış Bölme	Çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum yassı çubuk çeliği ve U profili	üretim bandının uzunluğuna bağlı	6 mm'ye kadar	zımparalama ve çapak alma	Destek yapıları, otomotiv kaportası
Enjeksiyon Kalıplama	Plastikler, termoplastik reçineler, elastomerler ve termoset reçineler	maksimum 3 x 3 m	5 - 30 mm	gerekli değil	Mobilya endüstrisi, tüketim malları endüstrisi, yapısal cephe sektörü
Robotik Artımlı Metal Levha Şekillendirme	Paslanmaz çelik, bakır, pirinç ve farklı türlerde alüminyum				Metal levhalardan özelleştirilmiş çift kavisli hacimsel formların oluşmasını sağlar

Çizelge 4.6: Birleştirmeli dijital üretimler.

	Kullandığı malzeme	Maksimum üretim alanı	Kullanım alanları ve özellikleri
Seç ve Yerleştir	Tuğla	3 x 3 x 8 m	Mimarlıkta yığma duvar, bağımsız ve kendi kendini destekleyebilen cephe elemanı
Sarım	Cam ve fiber takviyeli polimerler		Kalıp gerekliliğini ortadan kaldırarak karmaşık geometrileri mümkün kılar

4.2 Eklemeli Dijital Üretim - 3B Baskı Teknolojisi

4.2.1 3B baskı tanımı ve tarihsel gelişim süreci

“Eklemeli İmalat” terimi iki farklı kaynak tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- Eklemeli imalat; ürünleri, genellikle voksel olarak adlandırılan hacim elemanlarını fiziksel olarak üretip birleştirerek üreten tüm üretim teknolojileri için genel bir terimdir. Hacim elemanları genellikle eşit kalınlıkta katmanlardır (Gebhart & Hötter, 2016).

(Additive manufacturing is the generic term for all manufacturing technologies that automatically produce parts by physically making and joining volume elements, commonly called voxels. The volume elements are generally layers of even thickness.)

- Eklemeli imalat, çıkarma işlemine zıt bir şekilde, ilave aletler veya kalıplar kullanılmadan sürekli malzeme katmanlarının birbirlerine ilave edilmesiyle yürütülen artımlı oluşum sürecidir (Kolarevic 2003).

(Additive Manufacturing (AM) is a process of incremental formation executed by the addition of subsequent layers of materials without using supplementary instruments or molds, in a process that is fundamentally opposite to the milling subtractive procedure.)

“3 Boyutlu Baskı” ise eklemeli imalat kullanılarak parça üretme eylemine verilen addır. İlk zamanlarda 3B baskı, daha küçük ve basit eklemeli imalat sistemleri için kullanılsa da günümüzde, eklemeli imalat ile eş anlamlı ve genel kamu ve endüstri dışı medya tarafından daha yaygın olarak kullanılan bir terim haline gelmiştir (Url-1).

3B Baskı sürecinin önemli tarihsel gelişim aşamalarını ortaya koymak teknolojinin daha iyi algılanmasını ve tasarımcıların kendi fikirlerini gerçekleştirmeleri için teşvik sağlayacaktır. Katmanlı imalat araç ve malzemeleri 1980’lerde üretilmeye başlanmıştır. Micallef (2015) ve Kocovic (2017)’in derlediği 3B baskı tarihsel gelişim sürecinin önemli görülen adımları aşağıda sıralanmıştır:

1983 – Stereolitografi (SLA) *Charles Hull* tarafından icat edilmiştir.

Stereolitografi; Üç boyutlu nesneler oluşturmak için bilgisayar kontrollü hareketli bir lazer ışınının gerekli yapıyı katman katman, lazer ışığıyla temas ettiğinde sertleşen sıvı bir polimerden oluşturması olarak tanımlanan bir yöntemdir.

1986 – Seçici lazer sinterleme (SLS) – Austin Texas Üniversitesi’ndeki *Deckard, Beaman ve Forderhase* tarafından geliştirilmiştir.

Seçici lazer sinterleme, yüksek güçlü lazer kullanılarak ardışık olarak toz haline getirilmiş (genellikle metal) malzemelerin kaynaştırıldığı (sinterlendiği) bir 3B baskı tekniğidir.

1986 – *Charles Hull*, *3D system*’i kurmuştur.

1988’de *3D Systems* bir stereolitografi yazıcısı üretmiştir. *SLA 250*, 25 cm x 25 cm x 25 cm boyutunda nesneler oluşturabilmektedir.

Ayrıca, tasarımcılar ve mühendisler CAD / CAM yazılımını kullanırken, bu yazılımın SLA ile iletişim kurması için bir yöntem henüz yoktu. Bu nedenle, *Hull ve 3D Systems*, bugün halen kullanımda olan ve CAD yazılımından 3B yazıcılara elektronik bilgi transferini sağlayan .stl dosya formatını da geliştirmişlerdir.

1988 – *Scott Crump* ‘*Fused Deposition Modeling*’ (FDM)’i icat etmiştir.

FDM, günümüzde en yaygın kullanılan 3B baskı tekniğidir, termoplastik filamentin ısıtılması ve ekstrüzyonlanması ve .stl ile tanımlanan bir ekstrüzyon yolu boyunca biriktirilmesi ile çalışır.

1990 – İlk ticari 3B yazıcı *3D Systems* tarafından üretilmiştir.

DTM 125 (SLS), yalnızca dört tane üretilmiştir fakat yüksek fiyatlı olmasından dolayı (300,000\$ - 400,000\$ aralığında) hiçbiri satılamamıştır.

1993 – İlk ticari FDM yazıcı *Stratasys* tarafından üretilmiştir.

3D Modeler (FDM) yazıcısının fiyatı 130,000\$ - 178,000\$ aralığındadır.

1993 – MIT “3 Dimensional Printing (3DP)”- ‘Toz-yatak 3B baskı (*Powder-bed 3D printing*) (Micallef, 2015).

3B baskı (3DP), doğrudan CAD modelinden prototip parçaların, son kullanım parçalarının ve araçların hızlı ve esnek bir şekilde üretimi için MIT'de geliştirilmekte olan bir süreçtir. Seramik, metal, polimer ve kompozitler dahil olmak üzere herhangi malzemeden herhangi bir geometride parçalar oluşturabilir. MIT’nin 3B baskı işlemi, düz bir zemin üzerine ince bir toz malzeme katmanı (seramik) yayar ve birbirini izleyen tabakaları sertleştirir. Destek gerektirmez, çünkü SLS'de de olduğu gibi, nesne baskı sırasında toza gömülür. MIT, 3DP teknolojisini *Z Corporation* da dahil olmak üzere birçok şirkete lisanslamıştır.

1996 – *Actua 2100* hızlı prototipleme aracı

3D Systems, ilk mürekkep püskürtümlü yazıcısı *Actua 2100*’ü hızlı prototipleme aracı olarak piyasaya sürmüştür (65.000 \$). Daha sonra metal kalıbı oluşturmada kullanılan bu yöntem balmumu malzemesini katmanlar halinde biriktirir.

1999 – İlk bio-yazıcı

Wake Forest Üniversitesi Tıp Fakültesi'ndeki Rejeneratif Tıp Enstitüsü direktörü *Anthony Atala* ve ekibi, laboratuarda yetiştirilmiş bir mesaneyi başarılı bir şekilde hastaya yerleştirdi. Organ, mesane hücreleriyle tohumlanan 3B baskı bir iskeletten üretildiği ve hücreler hastadan geldiği için reddedilme riski yoktur.

2005 – İlk renkli yazıcı

Renkli baskı alabilen ilk yazıcı, *Z Corporation Spectrum Z510* hassasiyeti, hızı ve baskı alanı ile sektörde dikkat çekmiştir.

2005 – *Rep Rap* blogu açılmıştır.

RepRap ‘Hızlı Prototip Çoğaltıcı (*Replicating Rapid Prototyper*)’, Bath Üniversitesi'nde (İngiltere) makine mühendisliği öğretim görevlisi *Dr. Adrian Bowyer* tarafından kurulan açık kaynaklı bir projedir. Amaç, kendi bileşenlerinin çoğunu yazdırabilen ve büyük ölçüde kendini kopyalayabilen bir 3B yazıcı oluşturmaktır.

2007 – Çok malzemeli baskı

Objet, birden fazla malzemenin aynı anda kullanılabildiği “*Objet Connex500*”i üretmiştir. 100’den fazla malzeme çeşitliliği ve bir baskıda aynı anda 14 farklı

malzeme kullanımı sağlamaktadır. Baskı boyutları 50cm x 40cm x 20cm ve satış fiyatı 250,000\$ olarak belirlenmiştir.

2008 – Açık kaynak paylaşım platformu – Thingiverse

3B yazıcı üreticisi *MakerBot*'a ait bir web sitesi olarak kurulan *Thingiverse*, 3B tasarım topluluğu için açık kaynaklı bir tasarım model deposuna dönüşmüştür.

2010 – Urbee: ilk 3B baskı araba

Tüm dış bileşenler, *Stratasys*'in *Dimension 3D* ve *Fortus 3D* üretim sistemleri kullanılarak ABS malzemesi ile üretilmiştir.

2011 – TinkerCAD web tabanlı 3B modelleme paketi doğmuştur (Micallef, 2015).

2011 – Autodesk, ücretsiz 3D modelleme paketi *123D*'yi tanıtmıştır (Micallef, 2015).

2011 – Obama yönetimi, 3DP'ye 500 milyon dolar yatırım yaptığını duyurmuştur (Micallef, 2015).

2012 – Form 1

Form Labs, dünyanın ilk düşük maliyetli SLA yazıcısı olan *Form 1*'i piyasaya çıkartmıştır (Micallef, 2015).

2013 – Canal House

Hollandalı mimarlık şirketi *DUS* ilk 3B baskı kanal evi tasarımına başlamış ve üretmiştir (Micallef, 2015).

2013 – Dünyanın ilk 3B baskı tabancası üretilmiştir (Micallef, 2015).

2013 – Metal 3B yazıcılar

Michigan Teknoloji Üniversitesindeki bilim adamları kendi açık kaynaklı 3B metal yazıcılarını geliştirmişlerdir (Micallef, 2015).

MatterFab, piyasadakilerden çok daha ucuz bir metal 3B yazıcı üretmiştir Toz yataklı füzyon teknolojisi ve seçici metal kaynağı kullanan *MatterFab*, üretim sürecini izlemek için radikal olarak farklı lazerler ve ekranlı pencereler yerine kameraların kullanılması da dahil olmak üzere çeşitli maliyet tasarrufu teknikleri kullanmıştır.

2014 - Victorian Organic Solar Cell Consortium'daki (VICOSC) bilim adamları 3B baskı güneş panelleri geliştirmişlerdir (Micallef, 2015).

2015 - *WinSun*, Çin'de prefabrik olarak 3B baskı 6 katlı bir apartman üretmiştir (Micallef, 2015).

2016 - TU Delft 3B baskı beton baskı teknolojisi ile esnek yüzeyler üretmiştir (Buswell, 2018).

2017 - TU Eindhoven 3B baskı öngerilmeli beton ile köprü üretimi gerçekleştirmiştir (Buswell, 2018).

2018 - MIT, 3B baskı cam üretimini gerçekleştirmiştir (Url-2).

2019 - *Orbex*, 3B baskı ile tek parça halinde bir roket üretmiştir (Url-3).

2019 – Otomotiv sektörü

Nisan ayında *BMW*, 3B baskı ile otomotiv parçalarının seri üretimini hedefleyen bir projeye başladığını, *Audi* ise polimer bileşenleri için 3B baskı üretimlerini artırdıklarını açıkladı. Yılın ilerleyen dönemlerinde *Volkswagen*, 10.000 yüksek kaliteli parçanın birkaç hafta içinde *HP*'nin metal bağlayıcı püskürtme sistemi kullanılarak üretildiğini duyurdu (Url-3).

2019 - Patentlerin ve açık kaynaklı projelerin tamamlanmasıyla, 2019 yılında dünya çapında 170'den fazla 3D yazıcı sistemi üreticisi bulunmaktadır (Url-4).

2020 – Genişleyen nesneler

ACS uygulamalı malzemeler ve arayüzlerin ürettiği yeni bir malzeme ile, ısındığında genişleyen küçük nesneler 3B baskı için kullanılabilir. Böylece büyük nesneler için büyük yazıcı gerekliliği azalmıştır. Köpük özelliğindeki bu malzeme, mimari, havacılık ve biyotıp alanlarında uygulanabilir.

2020 - Dünya çapında tüm ülkelerin karşı karşıya kaldığı COVID-19 pandemisinde *Ultimaker*, global 3B baskı merkezleri, uzmanları ve tasarımcıları ağını, tedarik yetersizliği olan ve hızlı bir şekilde üretilen alet ve uygulamalara ihtiyaç duyan hastaneler için doğrudan kullanılabilir hale getirmiştir. Türkiye’de de kolektif bir hareket olan “3 Boyutlu Destek” ekibi yazıcı kullanıcılarını ve ihtiyaç sahibi sağlık çalışanlarını bir araya getirerek baskı teknolojisinin olağanüstü koşullarda kullanımının sağladığı faydayı göstermiştir.

4.2.2 3B baskı sınıflandırmaları

3 Boyutlu baskı teknolojisi ile ilgili farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Aşağıda 3 farklı kaynakta yer alan sınıflandırmalar sıralanmıştır.

4.2.2.1 Redwood, Schöffer & Garret'in 3B baskı sınıflandırması

Bu kitap ISO/ASTM 52900 standardını baz alarak 3B baskı teknolojilerini 7 grupta incelemiştir.

1. Malzeme Ekstrüzyonu (*Material Extrusion*)
2. Tekne Polimerizasyonu (*Vat Polymerization*)
3. Toz Yatağı Füzyonu (*Powder Bed Fusion*)
4. Malzeme Püskürtme (*Material Jetting*)
5. Bağlayıcı Püskürtme (*Binder Jetting*)
6. Yönlendirilmiş Enerji Birikimi (*Direct Energy Deposition*)
7. Katman Laminasyonu (*Sheet Lamination*)

4.2.2.2 Kocovic'in 3B baskı sınıflandırması

Bu kitap 3B baskı teknolojilerini 5 ayrı grupta incelemiştir.

1. Ekstrüzyon Biriktirme (*Extrusion Deposition*)
2. Hafif Polimerize (*Light Polymerized*)
3. Toz Yatağı (*Powder Bed*)
4. Lamine Nesne Üretimi (*Laminated Object Manufacturing*)
5. Tel Elektron Işını-Serbest Form İmalatı (*Wire Electron-Beam Free Form Fabrication*)

4.2.2.3 Gebhart & Hötter'in 3B baskı sınıflandırması

Bu kaynakta 3B baskı teknolojisi 3 farklı şekilde sınıflandırılmıştır. 3 sınıflandırma biçimi de aşağıda verilmektedir.

Gebhart 1:

Yazıcıların uygulama düzeylerine göre 3 sınıfa ayrılabilir;

1. Konsept modeller, kişisel 3B yazıcılar veya “fabber”lar

Kişisel 3B yazıcılar: Kişisel bilgisayarlara benzeyen, küçük, basit bir şekilde tasarlanmış, genellikle plastik malzeme kullanan, yazılım tabanlı, kullanımı kolay (bir masanın üzerinde) ve ucuz 3B yazıcılara kişisel 3B yazıcılar denir.

“Fabber”lar: Özel kullanımdaki kişisel 3B yazıcılara genel olarak *fabber* denir. *Fabber* çoğunlukla sahibi ve aynı zamanda operatörü tarafından monte edilir (DIY- “do it yourself” yazıcı). “Fabber” terimi, fabrikatörün kısaltmasıdır. Arkasındaki felsefe, herkesin hemen hemen her şeyi kendi başına üretmesini sağlamaktır ve bu felsefeyle bağlantılı olarak çeşitli bilgiler içeren web tabanlı bloglar ve internet toplulukları da kurulmuştur.

2. Fonksiyonel prototipler, profesyonel 3B yazıcılar veya ofis yazıcıları

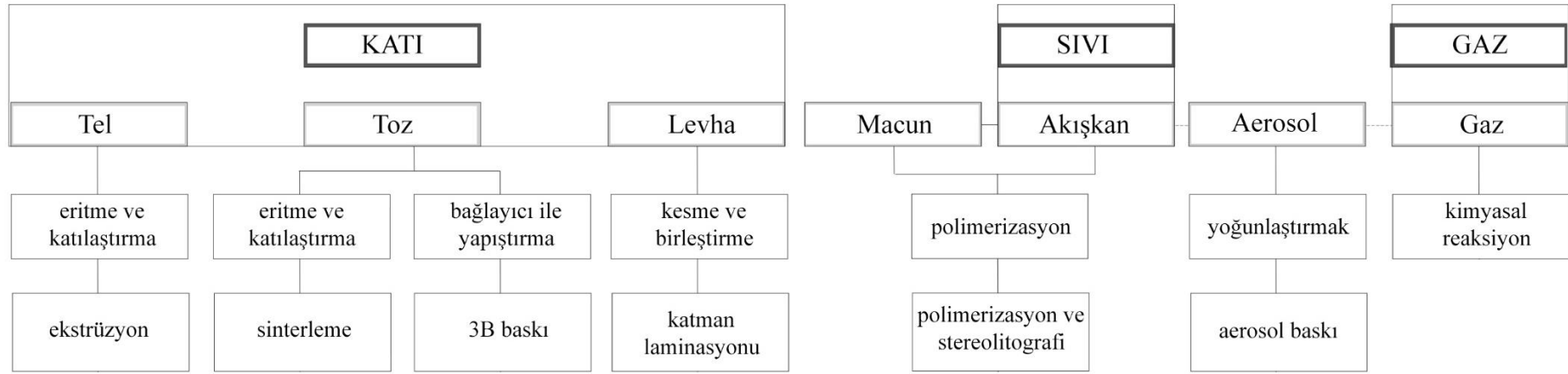
Profesyonel 3B yazıcılar: Profesyonel 3B yazıcılar kompakt, kullanımı kolay ve servis dostudur. Operatörler kısa da olsa bir eğitimden geçerler. Kartuş destekli malzeme değiştirme sistemlerine sahiptirler, destek yapılarının sökülmesi ve çoğunlukla temizliği, özel yıkama ortamları ve cihazları kullanılarak otomatik veya yarı otomatik olarak yapılabilir.

3. Nihai ürünler, üretici 3B yazıcılar

Üretici 3B yazıcılar: Üretici 3B yazıcıları sürekli yüksek kaliteli ve yüksek hacimli çıktılar sağlar ve üretkenliğe odaklanırlar. Genellikle, büyük üretim odaları, malzeme taşıma sistemleri ve bitirme işlemi cihazlarına sahiptirler. Ağır ve büyüktürler; kurulum, bakım ve servis profesyonel destek gerektirir. Operatörlerin, özellikle makine üreticisi tarafından desteklenen yoğun bir şekilde eğitilmesi gerekir.

Gebhart 2:

DIN 8580'e göre temel malzemenin bir araya gelme durumuna bağlı olarak 3B baskının sınıflandırılması Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3: Malzemenin bir araya gelme durumuna bağlı olarak 3B baskının sınıflandırılması (Gebhart & Hötter, 2016).

Gebhart 3:

3B baskı ailelerine göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

1. Polimerizasyon (*Polymerization*)
 - a. Lazer Stereolitografi (*Laser Stereolithography*) (SL)
 - b. Polimer Baskı / Püskürtme (*Polymer Printing/Jetting*)
2. Sinterleme/Eritme (*Sintering/Melting*)
 - a. Seçici Lazer Sinterleme (*Selective Laser Sintering*) (SLS)
 - b. Seçici Lazer Eritme (*Selective Laser Melting*) (SLM)
 - c. Seçici Kalıp Sinterleme (*Selective Mask Sintering*) (SMS)
 - d. Elektron Işını Eritme (*Electron Beam Melting*) (EBM)
3. Katman Laminasyonu (*Layer Lamine Manufacturing*) (LLM)
 - a. Kağıt Laminasyon (*Paper Lamination*)
 - b. Plastik Laminasyon (*Plastic Lamination*)
4. Ekstrüzyon ile Kaynaşmış Katman Modellemesi (*Extrusion Fused Layer Modeling*) (FLM)
5. Toz Bağlayıcı 3B Baskı (*Powder Binder 3D Printing*)
6. Aerosol Baskı (*Aerosol Printing*)

4.2.2.4 Gibson, Rosen & Stucker'ın 3B baskı sınıflandırması

Bu kitap ASTM F42 ve ISO TC 261 standardını baz alarak 3B baskı teknolojilerini 7 grupta incelemiştir.

1. Tekne Polimerizasyonu (*Vat Polymerization*)
2. Toz Yatağı Füzyonu (*Powder Bed Fusion*)
3. Ekstrüzyona Dayalı Sistemler (*Extrusion Based Systems*)
4. Malzeme Püskürtme (*Material Jetting*)
5. Bağlayıcı Püskürtme (*Binder Jetting*)
6. Katman Laminasyonu (*Sheet Lamination*)

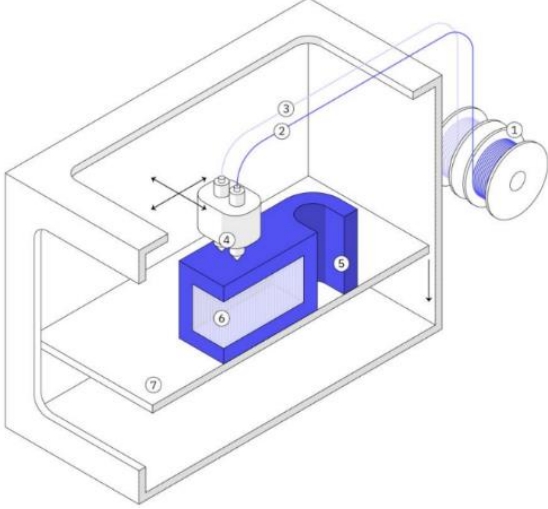
7. Yönlendirilmiş Enerji Birikimi (*Direct Energy Deposition*)

4.2.2.5 3B baskı sınıflandırmalarının derlenmesi

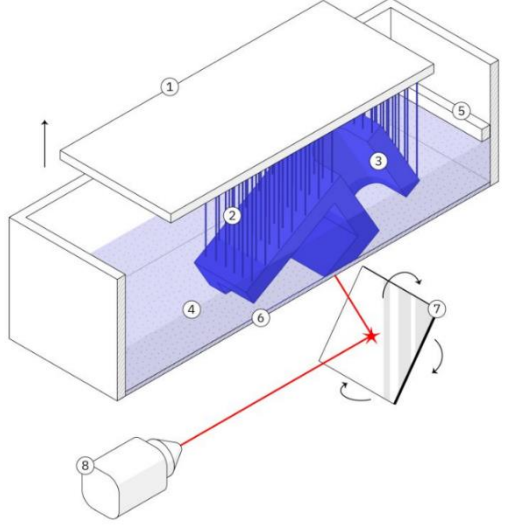
Yukarıda ele alınan 4 kaynağın 3B baskı teknolojisi sınıflandırmaları kaynaklar özelinde incelenmiştir. Üst grup başlıklarındaki kesişimler ve ortaklıklar göz önünde bulundurularak 7 başlık altında toplanmış ve kaynaklardaki bilgiler derlenerek Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de verilmiştir.



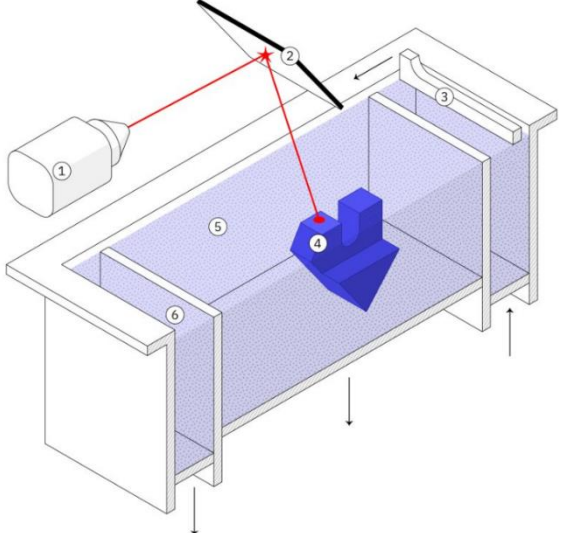
Çizelge 4.7: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Malzeme Ekstrüzyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017).

Malzeme Ekstrüzyonu (Material Extrusion)	Yazıcı Çeşitleri	Üretim yılı ve üreticisi		
1- Filament makarası 2- Ana filament 3- Destek filamenti 4- Ekstrüzyon başlığı 5- Basılan parça 6- Destek parçası 7- Platform FDM yazıcı şeması (Url- 2) 	Kullanım alanları Kavramsal modeller, fonksiyonel prototipler, son ürünler, kalıplama,	Malzemeler - Polikarbonat ve ABS gibi plastikler, - Polifenilsülfonlar gibi yüksek performanslı termoplastikler,		
	Negatif yönleri - Sınırlı boyutsal özellik - Görünür katman çizgileri	Prezisyon 0.2 mm	1 m2’de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2 90 sn	
Tanım 1- FDM Teknolojisi ile çalışan 3B yazıcılar, termoplastik filamenti ısıtıp ekstrüzyonla aşağıdan yukarıya katmanlar halinde parçalar oluşturur. 2- Ekstrüzyon işlemleri sürekli olarak ısıtılan ve bu nedenle viskoz, termoplastik bir malzemeyi bir veya daha fazla başlıktan basar ve bir alt tabaka üzerine tanımlanmış bir şekilde yerleştirir. Malzemedeki enerji, alt katmanın erimesini başlatmak için yeterlidir, böylece katılaşmadan sonra kalıcı bir bağlantı sağlanır.	Pozitif yönleri - Düşük maliyetli prototipleme - İşlevsel üretim (kritik yükler hariç) - Kullanımı kolay - Ofis kullanımına uygun - Karmaşık geometriler ve boşluklar için uygun	Üretim sonrası işlemler Destekler sökülmeli ve birleşim yerleri zımparalanmalıdır. Suda eriyen destek malzemesi de kullanılabilir. Isıl işlem, Epoksi reçine, Boyama, Taşlama uygulanabilir.		Maksimum üretim alanı 600 x 500 x 600 mm

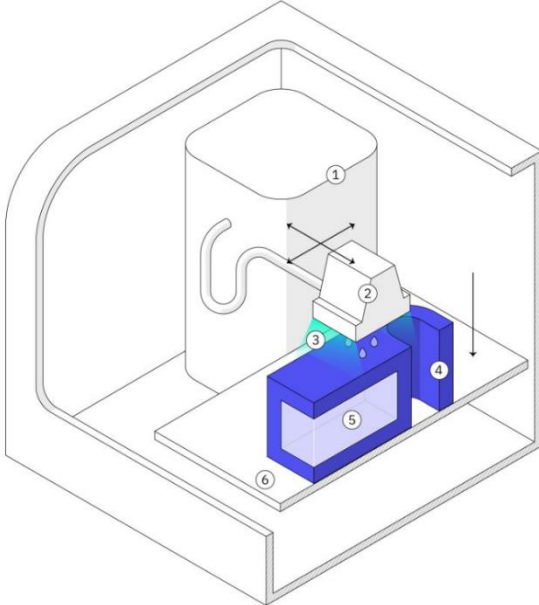
Çizelge 4.8: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Tekne Polimerizasyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017).

Tekne Polimerizasyonu (Vat Polymerization)	Yazıcı Çeşitleri SLA , DLP, PolyJet, MultiJet Modeling-MJM	Üretim yılı ve üreticisi 1988 – 3D systems	
1- Platform 2- Destek parçası 3- Basılan parça 4- Sıvı fotopolimer 5- Seviye düzleştirici 6- Şeffaf ayırıcı 7- X-Y tarayıcı ayna 8- UV lazer SLA yazıcı şeması (Url- 2) 	Kullanım alanları Katı görüntüleme, konsept modelleme, fonksiyonel prototipleme, otomotiv endüstrisi	Malzemeler - Polimerler - ABS - Termoplastikler, - Parafin	
	Negatif yönleri - Nispeten kırılğan parçalar - Güneş ışığına maruz kaldığında bozulma - Desteklerden temizlenme gerekliliği	Prezisyon 0.5 mm	1 m2’de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2 45 sn
Tanım 1- Bir teknedeki sıvı fotopolimerin UV ışığıyla seçici olarak kürlenmesi. 2- SLA yazıcılar, bir ultraviyole lazer kullanarak sıvı malzemeleri ve kompozitleri tabaka tabaka katı kesitlere dönüştürür. 3- Polimerizasyon yoluyla sıvı veya macun monomerlerinin katılaşması prensibinin endüstriyel uygulamasına stereolitografi denir.	Pozitif yönleri - Yüksek hassasiyet ve karmaşık detaylar olanağı - Pürüzsüz yüzey - Reçine ve çeşitli özel malzeme kullanımı	Üretim sonrası işlemler Desteklerin arındırılması, Kürleme, Taşlama, Kumlama, Boyama, vb uygulamalar yapılabilir.	Maksimum üretim alanı 300 x 185 x 200 mm

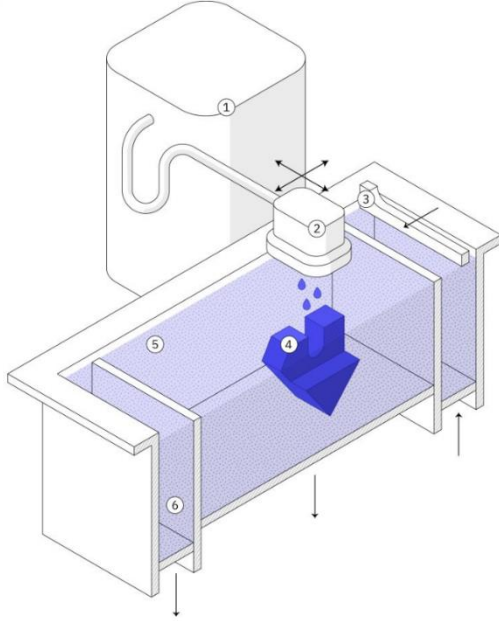
Çizelge 4.9: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Toz Odacığı Füzyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Kocovic, 2017; Redwood ve diğ., 2017).

Toz Odacığı Füzyonu (<i>Powder Bed Fusion</i>)	Yazıcı Çeşitleri	Üretim yılı ve üreticisi	
1- Lazer 2- X-Y tarayıcı ayna 3- Seviye düzleştirici 4- Basılan parça 5- Platform 6- Taşma alanı  SLS yazıcı şeması (Url- 2)	Kullanım alanları Elektronik endüstrisi, otomotiv endüstrisi, prezisyonu yüksek tasarımlar	Malzemeler - Düşük erime sıcaklığına sahip plastikler en ideal malzemelerdir. - Metal, seramik ve reçine bağlı kum kullanılan diğer malzemeler	
	Negatif yönleri - FDM ve SLA'ya göre yüksek maliyet - Grenli yüzey ve iç gözeneklilik - Bitmiş obje kırılma eğilimindedir.	Prezisyon 0.1- 0.02 mm	1 m2'de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2 120 sn
Tanım 1- Yüksek enerji kaynağının seçici olarak toz parçacıklarını birleştirmesi. 2- Lazer sinterleme teknolojisini kullanan diğer 3D yazıcılarda olduğu gibi, bir kaynak başlığı malzemenin ince bir kesiti boyunca hareket eder, katmanlarını ısıtır ve birleştirir. 3- Bir toz yatağı halindeki tanecikler en alt katmandan başlanarak lazer ışınıyla eritilir ve birleştirilir.	Pozitif yönleri - İşlevsel prototip üretimi - Karmaşık geometri üretimi (desteksiz) - Küçük seri üretim kapasitesi - Desteğe gerek duyulmuyor	Üretim sonrası işlemler Tamamen soğutulduktan sonra fırça ile kalan tozların temizlenmesi.	Maksimum üretim alanı 720 x 500 x 450 mm

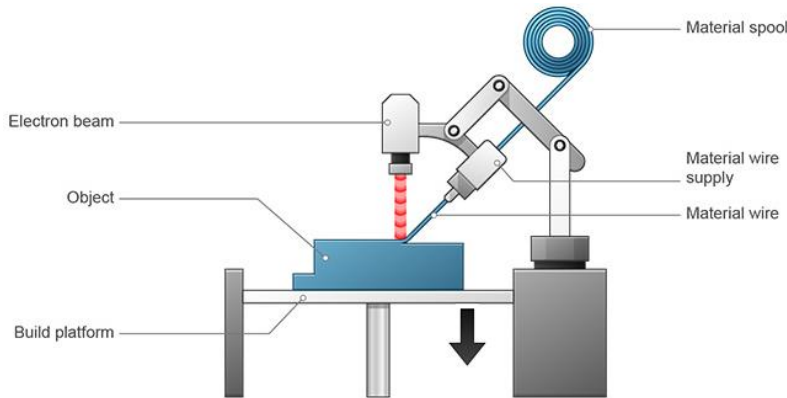
Çizelge 4.10: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Malzeme Püskürtme (Gibson ve diğ., 2015; Redwood ve diğ., 2017).

Malzeme Püskürtme (<i>Material Jetting</i>)	Yazıcı Çeşitleri	Üretim yılı ve üreticisi		
1- Malzeme kabı 2- Püskürtmeli (Inkjet) baskı kafası 3- UV kürleme ışığı 4- Basılan parça 5- Destek parçası 6- Platform  MJ yazıcı şeması (Url- 2)	Kullanım alanları Prototip, medikal maketler, kalıp	Malzemeler - Seramik, - Metaller - Polimerler		
	Negatif yönleri - En maliyetli plastik 3B Baskı işlemi. - Mekanik özelliklerin zamanla bozulması. - Nispeten kırılgan parçalar.	Prezisyon 0.1 mm 1 m2’de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2		
Tanım 1- Malzeme damlacıklarının seçici bir şekilde biriktirilmesi ve sertleştirilmesi.	Pozitif yönleri - Yüksek doğruluk ve hassas detaylar - Enjeksiyon kalıp benzeri bitiş - Zengin malzeme ve renk çeşitliliği			Üretim sonrası işlemler Maksimum üretim alanı

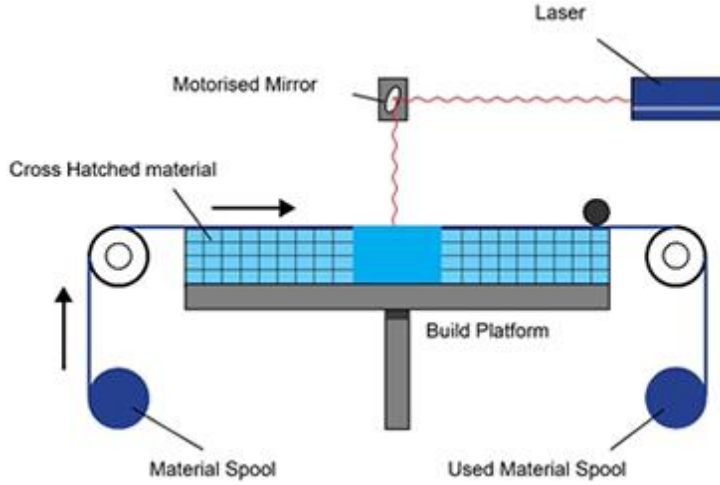
Çizelge 4.11: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi - Bağlayıcı Püskürtme (Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017).

Bağlayıcı Püskürtme (Binder Jetting)		Yazıcı Çeşitleri	Üretim yılı ve üreticisi	
		BJ , Z-Corp	1994 – 3D systems	
1- Malzeme kabı 2- Püskürtmeli (Inkjet) baskı kafası 3- Seviye düzleştirici 4- Basılan parça 5- Toz yatağı 6- Taşma alanı  BJ yazıcı şeması (Url- 2)		Kullanım alanları Katı modeller, konsept modeller, tasarım endüstrisi, mimarlık	Malzemeler - Parafin - Epoksi reçine - Metal - Kum	
		Negatif yönleri - DMLS/SLS'ye göre düşük malzeme özellikleri - İşlem sonrası müdahale gerekliliğinden dolayı tasarım kısıtı - İnce detaylarda baskı problemi	Prezisyon 0.2 mm	1 m2'de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2
Tanım 1- Sıvı bağlayıcı madde, bir toz yatağının belirli bölgelerini seçerek bağlar. 2- Bir bağlayıcı sıvının toz yatağına enjeksiyonuyla üretim gerçekleştirilir.		Pozitif yönleri - Düşük maliyetli metal parça üretimi - Akrilik veya kumda tam renkli prototipleme - Kumda geniş baskı kapasitesi	Üretim sonrası işlemler Fazla tozlardan arındırılarak kullanıma hazır hale getirilir. Sinterleme yapılabilir.	Maksimum üretim alanı

Çizelge 4.12: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Yönlendirilmiş Enerji Birikimi (Gibson, 2015; Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017).

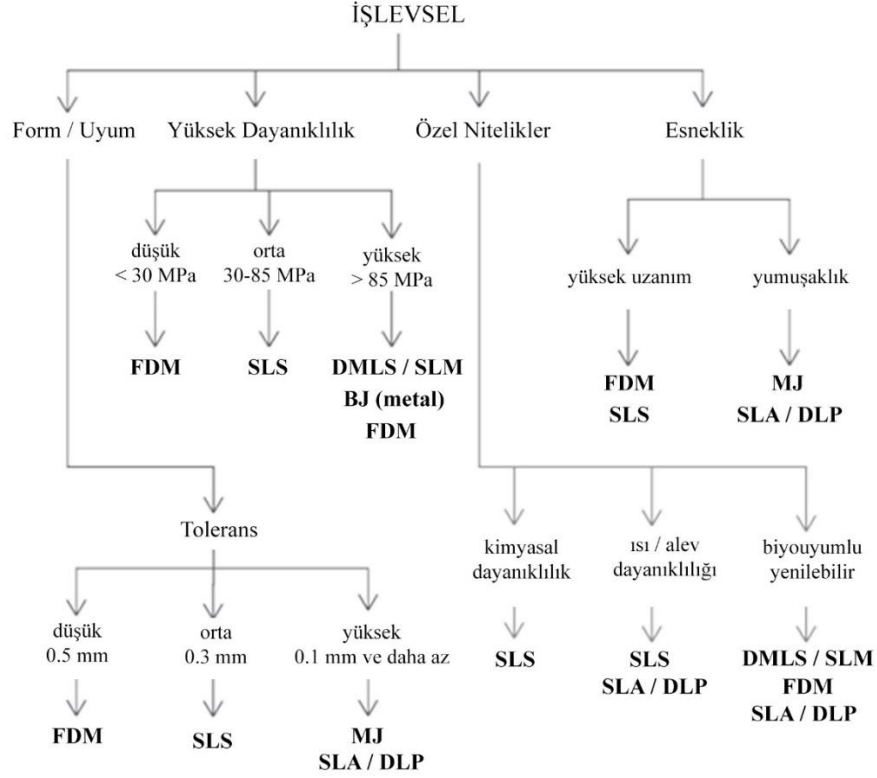
Yönlendirilmiş Enerji Birikimi (Direct Energy Deposition)		Yazıcı Çeşitleri	Üretim yılı ve üreticisi	
		DED, LENS, DMD	1998 - Optomec	
 DED yazıcı şeması (Url- 3)		Kullanım alanları	Malzemeler	
		Fonksiyonel prototipler ve metal ürünler	- Paslanmaz çelik ve titanyum gibi metaller - Seramik	
		Negatif yönleri	Prezisyon	1 m2’de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2
		- Üretim sonrası işlem gerekebilir. - Sınırlı malzeme kullanımı		150 sn
Tanım	1- Yüksek enerjinin depolandığı malzemeyi eriterek birleştirmesi. 2- Bir başlıktan, lazer ışınıyla eritilmiş toz parçacıkların basılması ve biriktirilmesi işlemidir.	Pozitif yönleri	Üretim sonrası işlemler	Maksimum üretim alanı
		- Fonksiyonel parçaların yüksek kaliteli onarımını sağlar.	Isıl işlem gerekebilir.	1000 x 800 x 650 mm

Çizelge 4.13: 3B baskı sınıflandırmasının derlemesi – Katman Laminasyonu (Gebhardt ve diğ., 2016; Redwood ve diğ., 2017).

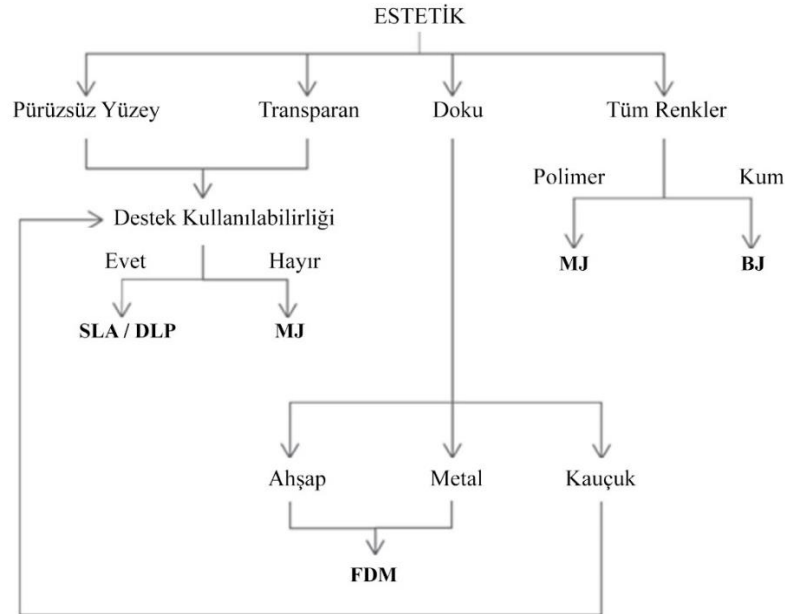
Katman Laminasyonu (<i>Sheet Lamination</i>)	Yazıcı Çeşitleri LLM, UAM, LOM, RPS, LMP	Üretim yılı ve üreticisi	
 SL yazıcı şeması (Url- 4)	Kullanım alanları	Malzemeler - Kağıt, - Plastik, - Metal, - Seramik. - Polietilen - Metaller	
	Negatif yönleri - İç boşluk bırakmak zordur. - Ürünün kalitesi operatörün becerisiyle ilişkilidir.	Prezisyon	1 m2’de 1 mm yükselmesi için gereken zaman mm/m2
Tanım 1- Malzemenin bir parçası oluşturmak için malzeme tabakalarının birleştirilmesi. 2- Daha önceden hazırlanmış tabakaların birleştirilmesi ile ürün oluşturma.	Pozitif yönleri - Masif ve büyük hacimli üretimlerde hız açısından avantajlı. - Destek gerektirmez. - Maliyeti düşüktür.	Üretim sonrası işlemler - Köşe ve kenarlarda yapışmayan yerler kontrol edilerek yapıştırılır. - Özellikle ahşapta yüzeyler tekrar işlenebilir (örneğin taşlama).	Maksimum üretim alanı

4.2.3 3B baskı seçim ağacı

Redwood ve diğ., (2017) kullanıcılar için hangi 3B yazıcı tipinin uygun olduğu belirleyebilmeleri için “İşlevsel (Şekil 4.4)” ve “Estetik (Şekil 4.5)” özelliklere göre seçim yapılabilen seçim şemaları oluşturmuşlardır.



Şekil 4.4: İşlevsel özelliklere göre 3D yazıcı seçim ağacı (Redwood ve diğ., 2017).



Şekil 4.5: Estetik özelliklere göre 3D yazıcı seçim ağacı (Redwood ve diğ., 2017).

4.2.4 3B baskı iş akış analizi

Gibson ve diğ. (2015), 3B yazıcı ile üretim yapılırken izlenmesi gereken adımları aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

1. Konsept ve CAD modelin hazırlanması
2. Dosyanın STL/AMF formatına dönüştürülmesi
3. STL/AMF dosyalarının katmanlı imalat makinesine gönderilmesi
4. Makine ayarlamalarının yapılması
5. Baskı alınması
6. Baskının çıkarılıp temizlenmesi
7. Üretim sonrası işlemlerin (varsa) yapılması
8. Yerine uygulanması

4.2.5 3B baskı için tasarım

İmalat ve montaj için tasarım (DFM) genellikle tasarımcıların, imalat zorluklarını ortadan kaldırmak ve imalat, montaj ve lojistik maliyetlerini en aza indirmek için tasarımlarını uyarlamaları gerektiği anlamına gelir. Bununla birlikte, eklemeli üretim teknolojilerinin yetenekleri, bu teknolojilerin özelliklerinden yararlanmak için DFM'yi yeniden düşünme fırsatı olarak sunar. Eklemeli imalata özgü yetenekler (Gibson ve diğ., 2015):

- Şekil karmaşıklığı: Hemen hemen her şekli oluşturmak mümkündür.
- Hiyerarşik karmaşıklık: Nesneler, aynı anda birden fazla ölçekte tasarlanabilir.
- İşlevsel karmaşıklık: İşlevsel cihazlar (sadece bireysel parçalar değil) tek bir yapıda üretilebilir.
- Malzeme karmaşıklığı: Malzeme, tek bir malzeme veya bir malzeme kombinasyonu olarak bir seferde bir nokta veya bir katman olarak işlenebilir.

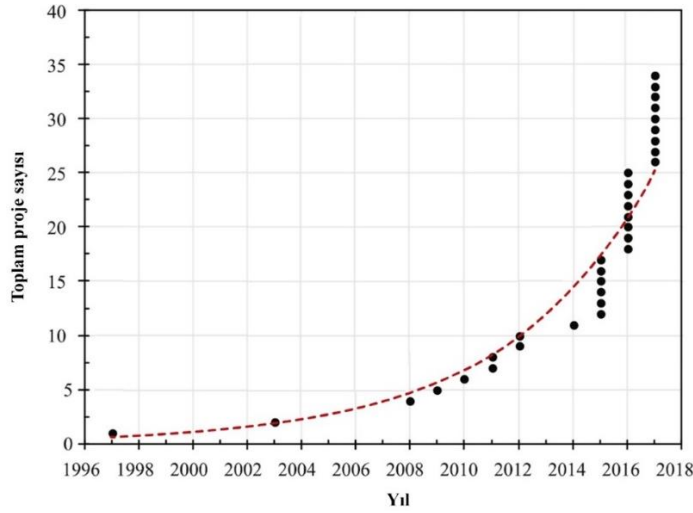
Katmanlı imalatın bu yetenekleri göz önüne alındığında, DFM'nin aksine, DFAM'ın amacının şekillerin, boyutların, hiyerarşik yapıların ve malzeme kompozisyonlarının sentezi yoluyla ürün performansının en üst düzeye çıkarılması gerektiği düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda tasarımcılar aşağıdaki esaslara yönelik tasarım geliştirmeliler (Gibson ve diğ., 2015):

- Karmaşık geometri
- Entegre edilmiş birleşimler
- Özelleştirilmiş geometri
- Çok fonksiyonlu tasarım

4.2.6 Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı

3B baskı teknolojisi; otomobil, sağlık gibi farklı sektörlerde üretim bandında ve mimarlık alanında da maket ve prototip odaklı yaklaşık 20 sene kullanıldıktan sonra mimari yapım teknolojisi olarak kullanım çalışmaları başlamıştır. İlginin bu ölçeğe çekilmesinde etkili olan gelişmelerden biri, Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın inşaat sektörlerindeki aktörlerle beraber 2009 yılında “Ay toprağı kullanılarak üretilen 3B baskı blokları” başlığıyla yürüttüğü çalışmadır. Gelecekte olası bir koloni yerleşimine karşı temel malzeme olarak ay toprağı kullanılarak inşa olasılığını araştırmaktadır. Bu inşa faaliyetinde 3B yazıcıların potansiyellerini değerlendirmek araştırmanın başlıca amacını oluşturmuştur. Çalışma sürecinde geliştirilen ay toprağına (regolit) benzer kimyasal bir malzeme ve büyük boyutlu printer kullanılarak, tasarlanan blok üretilmiş ve daha sonra kaynama noktası analizi, vakum testi gibi malzeme testleri uygulanmıştır (Ceccanti ve diğ., 2010).

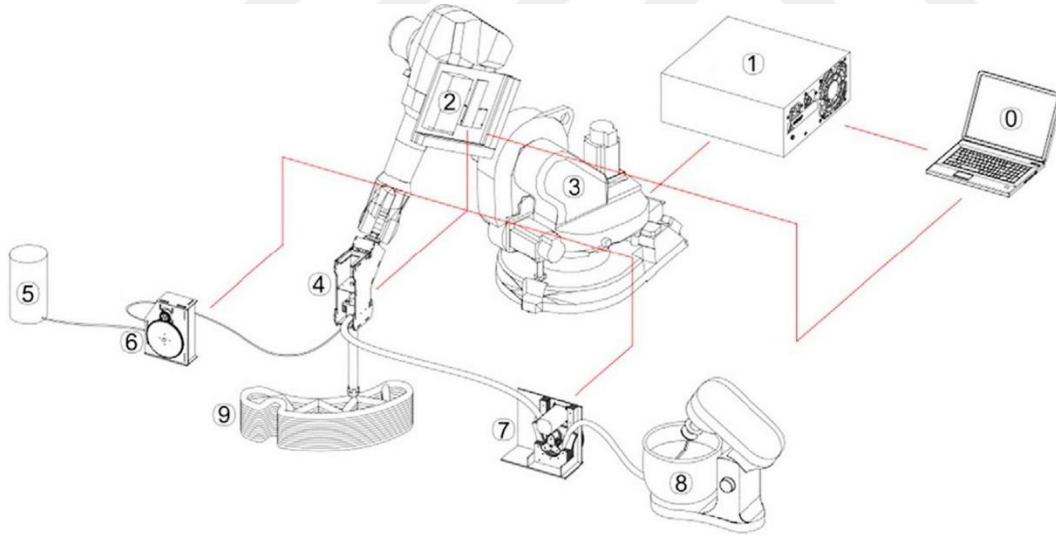
Çelik üretiminin% 50'sini kullanan, sera gazı emisyonlarının% 30'undan sorumlu olan inşaat sektörü bu başlangıçla beraber mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımına yoğunlaşmıştır (Craveiroa ve diğ., 2019). 3B baskı, yüksek el emeğı maliyeti veya geçici destekler olmadan karmaşık geometriler oluşturmak, yapım süresini önemli ölçüde azaltmak ve formların tasarımında serbestlik seviyelerine izin vermek için özellikle yararlı olabilmektedir. Son on yıllarda makina boyutlarının uygun ölçeğe ulaşabilmesiyle beraber, uygulama için uygun özelliklere sahip farklı malzemeler üzerinde eşzamanlı deneylerle birlikte bina veya bina bileşeni üretebilecek büyüklükte 3B yazıcıların geliştirilmesi için önemli araştırmalar yapılmıştır (Naboni & Paoletti, 2015). Buswell ve diğ. (2018)'nin oluşturduğu grafikte (Şekil 4.6) yıllar içinde 3B baskı teknolojisi kullanarak üretilen bina sayısındaki artışı göstermektedir. Buradan yola çıkarak konuya duyulan ilginin son yıllarda giderek arttığı görülmektedir.



Şekil 4.6: 1997'deki konsept başlangıcından bu yana inşaat uygulamaları için büyük ölçekli 3B baskı üretimindeki artış (Buswell ve diğ., 2018).

4.2.6.1 Mimari 3B yazıcı çeşitleri

Şekil 4.7'de gösterildiği gibi mimari yapım teknolojisi olarak kullanılan katmanlı imalat süreçleri genellikle ekstrüzyon esaslı ve bağlayıcı jetleme (*binder jet*) tipleridir (Craveiroa ve diğ., 2019).



0. Sistem komutu 1. Robot kontrolörü 2. Baskı kontrolörü 3. Robotik kol 4. Baskı kafası 5. Hızlandırıcı
6. Hızlandırıcı için peristaltik pompa 7. Karıştırıcı için peristaltik pompa 8. Karıştırıcı 9. Baskı objesi

Şekil 4.7: 3B baskı kurulum şeması (Craveiroa ve diğ., 2019).

Woensel ve diğ., (2018)'nin; mimari yapım teknolojisi olarak kullanılan 3B baskı süreçlerinin baskı biçimi, malzeme, uygulama yeri, boyutu, taşıyıcılık performansı, baskı hızı, katman kalınlığı gibi özelliklerinin yer aldığı derleme Çizelge 4.14'te görülmektedir.

Çizelge 4.14: Bina üretim endüstrisinde potansiyel 3B baskı kullanımı (Woensel ve diğ., 2018).

Yöntem		İşlem Özellikleri	İmal Edilen Malzemeler	Ham Maddenin Durumu	Bina Endüstrisindeki Uygulamaları	Maksimum Üretim Hacmi (m³)	Strüktürel Özellikleri	Baskı Hızı	Katman Kalınlığı (mm)
CC	Contour Crafting	ekstrüzyon, destek gerekir	beton, seramik	sıvı (macun)	barınak, konut, duvar	55.7	taşıyıcı, donatı kullanılabilir	1.2 m/dk doğrusal, 0.13 m/s düşey	>13
CP	Concrete Printing	ekstrüzyon, destek gerekir	beton	sıvı (macun)	eğrisel cephe paneli, strüktür, cephe elemanı	128	taşıyıcı, donatı kullanılabilir	5 m/dk doğrusal,	6-25
C-Fab	Cellular Fabrication	ekstrüzyon, destek gerekmez	polimer	sıvı (macun)	iç bölme, dekoratif eleman, kalıp	324	taşıyıcı değil	0.68 kg/s	1-10
3DFP	3D Foam Printing	ekstrüzyon, destek gerekebilir	poliüretan köpük (PUR)	sıvı (akışkan)	yalıtlı kalıp, acil durum konutu	2786	taşıyıcı değil	100-200 mm/sn	10-20
FDM	Fused Deposit Modelling	ekstrüzyon, destek gerekir	seramik, cam, polimer, ahşap	sıvı (macun)	büyük mimari elemanlar, özel tuğla, strüktür	216	taşıyıcı	240-350 mm/sn	0.04-0.33
FEF	Freeze-form Extrusion Fabrication	ekstrüzyon, destek gerekmez	seramik, metal	sıvı (macun)	küçük işlevli kompozit ve metal parçalar	0.13	taşıyıcı	127-250 mm/sn	0.5-0.65

Çizelge 4.14 (devam): Bina üretim endüstrisinde potansiyel 3B baskı kullanımı (Woensel ve diğ., 2018).

DS	<i>D-Shape</i>	bağlayıcı püskürtme, destek gerekmez	kum taşı	katı (toz)	duvar, bölme, panel, serbest kalıplar	180	taşıyıcı	6.25 mm/s düşey	4-6
3DP	<i>Three – Dimensional Printing</i>	bağlayıcı püskürtme, destek gerekmez	kum taşı, seramik, polimer, metal	katı (toz)	dekorasyon, eğrisel kalıp	8	taşıyıcı değil	15-50 mm/s düşey	0.09-0.3
SLA	<i>Stereolithography</i>	bağlayıcı püskürtme, destek gerekmez	seramik, polimer, metal	sıvı (akışkan)	dekorasyon, döküm kalıbı	1.18	taşıyıcı değil	10-100 mm/s düşey	0.05-0.15
MJM	<i>Multi-Jet Modelling</i>	tekne polimerizasyonu, destek gerekir	polimer, metal	sıvı (akışkan)	detaylı ve çok malzemeli objeler	0.4	taşıyıcı değil	15.4 mm/s düşey	0.016-0.03
LOM	<i>Laminated Object Manufacturing</i>	malzeme püskürtme, destek gerekir	seramik, polimer, metal, ahşap	katı (levha)	metal/ahşap bölmeler, strüktür	6	taşıyıcı	6 mm/s düşey	0.05-0.3
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>	toz odacığı füzyonu, destek gerekmez	seramik, cam, polimer, metal	katı (toz)	metal cephe elemanı, strüktür birleşimleri	0.15	taşıyıcı	20-35 mm/s düşey	0.1-0.2
SLM	<i>Selective Laser Melting</i>	toz odacığı füzyonu, destek gerekmez	seramik, metal, cam	katı (toz)	metal cephe elemanı, cephe birleşimleri	0.72	taşıyıcı	7-8 mm/s düşey	0.1-0.2
EBM	<i>Elektron Beam Melting</i>	toz odacığı füzyonu, destek gerekmez	metal	katı (toz)	karmaşık birleşimler, metal cephe sistemleri	0.04	taşıyıcı	6-7 mm/s düşey	0.1-0.5
LMD	<i>Laser Metal Deposition</i>	yönlendirilmiş enerji birikimi, destek gerekebilir	metal	katı (toz, tel)	karmaşık büyük elemanlar, donatı	8.6	taşıyıcı	10-40 mm/dk doğrusal	0.1-1.8

4.2.6.2 Avantajlar ve geliştirilmesi gereken alanlar

3B baskı teknolojisinin mimari teknoloji olarak kullanımındaki avantajlar, dezavantajlar ve geliştirilmesi gereken alanlar aşağıda sıralanmıştır.

Avantajlar:

- İş gücü - Çoğu 3B baskı işlemi otomatik olduğundan, inşaat sürecinde gerekli olan işgücü önemli ölçüde azaltılabilir (Wu ve diğ., 2016).
- Süre - Yapım sürecinin otomasyonu, aynı zamanda bir iş sahasında birden fazla yükleniciye sahip olmanın zamanlama zorluklarını ortadan kaldırır ve inşaat süresini azaltır (Keating ve diğ., 2017).
- Malzeme - 3 boyutlu baskı işlemi, neredeyse sadece nesnenin gerektirdiği kadar malzeme kullanır (Wu ve diğ., 2016).
- Tedarik etme - 3B baskının getirdiği yeniliklerle küçük oyuncular da pazara girebilir. Rekabet yeni bir üretim organizasyonu oluşturacaktır (Kocovic, 2017).
- Kontrol - Büyük elemanlar bile yüksek hassasiyetle üretilir (Hager ve diğ., 2016).
- İş güvenliği - İnşaat endüstrisindeki yaralanma ve ölümlerin sayısını azaltır (Keating ve diğ., 2017).
- Performans - Bir elemandan birden fazla performans/işlev beklenebilir (Sarakinoti ve diğ., 2018).
- Çevre – Aşırı iklim koşullarında veya afet sonrası üretimde kullanılabilir (Keating ve diğ., 2017).
- Çevre – Oldukça az atık malzeme oluşur ve malzemeler tekrar kullanılabilir (Hager ve diğ., 2016).
- Tasarım - Kütle özelleştirmeyi ve bina ölçeğinde karmaşık şekillerin üretilmesini sağlar (Yossef & Chen, 2015).
- Tasarım - Hızlı prototip oluşturmaya izin verir (Kocovic, 2017).

Dezavantajlar:

- Yatırım - Pahalı araçların kullanımı yatırım maliyetini artırır (Yossef & Chen, 2015).
- Elektrik ve tesisat gibi bina hizmetleri 3 boyutlu baskı işlemine entegre edilmemiştir. Bu nedenle, yapısal bütünlükte sorunlara neden olan ilave çalışmalar yapılmalıdır (Wu ve diğ., 2016).

3B baskının mimari yapım teknolojisi olarak kullanımının yaygınlaşması için geliştirilmesi gereken eksiklikler aşağıda sıralanmıştır (Craveiroa ve diğ., 2019):

- 3B yazıcının içindeki eriyik malzemelerin donmaması ve tıkanıklık yaşanmaması için baskı süresi azaltılmalıdır.
- Çoklu baskı kafası ve beraberinde aynı anda birden fazla malzeme basımı geliştirilmelidir. Bu durumda, baskı kafaları arasında koordinasyon sağlanmalıdır.
- Katman kalınlığı katmanlar arası yapışmayı garanti etmek için kritik bir sınırı aşmamalıdır.
- Baskı kafasının hareket hızındaki değişiklikler nedeniyle belirli alanlarda malzeme birikmesini önlemek için malzeme akış hızı tam olarak kontrol edilmelidir.
- Mevcut teknolojilerin çoğu kaba bir görünüme sahip elemanlar yazdırdığından, üretim sonrası bitirme işlemleri üretim sürecinde dikkate alınmalıdır.
- Yeni malzemeler, yapısal güvenliği ve güvenilirliği artırmak için özellikle donatılar (çelik, lif, kafes, vb.) kullanılarak test edilmelidir. Öte yandan, akıllı malzemelerin kullanılması, binaları çevresel değişikliklere uyarlanmış çoklu uyaranlara duyarlı hale getirecektir.
- Büyük açıklıklar (çatı) veya boşluklar (pencereler, kapılar vb.) üretmek hala büyük bir zorluktur. Metal baskı için geliştirilen dikey baskı teknolojisi hızlı donan diğer malzemelere de uyarlanmalıdır.

Bugün 3B baskı ile bina üretimi maliyetleri geleneksel inşaat tekniklerinden daha yüksek olabilir, ancak modern bir inşaat endüstrisi için katma değer olacak ve yenilikçi iş modelleri için yeni fırsatlar yaratacaktır. Maliyet verimliliği ve mevcut teknolojik

sınırlamaların gelişmesi 3B baskının gelecekteki potansiyelini değerlendirmek için anahtar kriterlerdir.

4.2.6.3 Mimari 3B baskının örnekler üzerinden incelenmesi

3B baskı teknolojisinin mimari yapım teknolojisi olarak kullanım örneklerine erişebilmek için 2.1. bölümde bahsedilen veri tabanlarında ve internet sitelerinde ‘3B baskı’, ‘mimari 3B baskı’, ‘3B baskı firmaları’ ve ‘3B baskı örnekleri’ anahtar kelimeleriyle taramalar yapılmıştır. Kapsamlı literatür taraması sonucu ulaşılan 50 adet kaynaktan, mimarlık alanında 3B baskı çalışmaları yapan grupların çalışmaları incelenmiş olup, projelerdeki çeşitlilik gözetilerek, 2010-2019 yılları arasında farklı çalışma grupları tarafından üretilmiş 20 adet 3B baskı örneği ele alınmıştır (Artuğ & Altun, 2019). Kaynaklardaki bilgiler derlenmiş ve örnekler mimari ölçeklerine göre “bina ölçeği (Çizelge 4.15)” ve “bina bileşen ölçeği (Çizelge 4.16)” olarak gruplandırılmıştır.

Derlenen 3B baskı örneklerinin ulaşılabilen bilgileri gözetilerek 2.1. bölümde anlatıldığı gibi oluşturulan ölçüt takımından ilgili maddeler seçilmiş ve sadeleştirilerek bir ölçüt listesi oluşturulmuştur. Örneklerin bilgileri sadeleştirilmiş ölçüt takımına göre derlenerek proje özellikleri karşılaştırmalı şekilde sunulmuştur (Ek-B).

Açık kaynaklarda belirtilmemiş fakat karşılaştırmanın verimli bir şekilde yapılabilmesi için gerekli görülen bilgiler ilgili çalışma grupları/üniversiteler/firmalar ile e-posta aracılığıyla iletişime geçilerek talep edilmiş ve verilen bilgiler de karşılaştırmaya dahil edilmiştir.

Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’dan yola çıkılarak, incelenen 3B baskı örnekleriyle ilgili yapılabilecek değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır;

- Bina üretiminde 3B baskı çalışmaları yoğun olarak ABD, İtalya ve Hollanda’da yapılmıştır.
- 2010-2014 arası 6, 2015-2019 arası 14 adet çalışma incelenmiş olup, alandaki teknolojinin gittikçe hızlanan bir ivmeyle geliştiği görülmektedir.
- Projelerin 8’i prototip, 12’si kullanım amaçlı olarak uygulanmıştır.
- Projelerin 6’sı yerinde, 14’ü fabrika/atölyede üretilmiştir.

- Projelerin 8'i geleneksel teknolojilerle beraber, 12'si yalnızca 3B baskı kullanılarak üretilmiştir.
- Projelerin çoğunda özel baskı araçları kullanılmıştır.
- 3B baskı yapım tekniğinde, geleneksel malzemelerin olduğu gibi kullanımının yanı sıra; geleneksel malzemelerin katkıları ile geliştirilerek kullanıldığı veya baskı teknolojisi için yeni malzemelerinin üretilerek kullanıldığı görülmektedir.
- 3B baskı tekniği ile üretilmiş bina ölçeğindeki örneklerin işlevleri ile uyumlu boyutta üretilbildiği görülmektedir (tek işlevli binalarda alanlar 8-30 m² arasında değişirken birkaç işlevli binalarda alanlar 100-400 m² arasındadır).
- Bina bileşeni olarak üretilen elemanların neredeyse tamamı fabrika/atölyede üretilmiş olup günümüz prefabrik eleman ölçüleriyle benzeşmektedir.

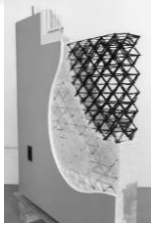
Çizelge 4.15: Mimari 3B baskı örnekleri – Bina ölçeği.

örnek no ve kaynaklar	1 (Url-5, Url-6, Url-7)	2 (Url-8, Url-9)	3 (Url-10, Url-11)	4 (Url-12, Url-13)	5 (Url-14)
Fotoğraf					
Proje ismi	3B Baskı Merak Kabinleri (Cabin of 3D Printed Curiosities)	3B Baskı Ofis Binası (3D Printed Office Building)	3B Baskı Elips Kubbe (3D Printed Hemi-ellipsoidal Dome)	3DCP Beton Baskı (3DCP Concrete Printing)	Tek Parça Ev (Una Casa Tutta di un Pezzo)
Firma/Araştırma Grubu	Emerging Objects	WinSun Global	Mediated Matter - MIT	Eindhoven University of Technology	Milano Trienali - Marco Ferreri
Üretim yılı ve yeri	2018 ABD	2016 Dubai, B.A.E	2016 ABD	2015 Hollanda	2010 İtalya
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)	Fabrika/atölye	Yerinde	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye
3B baskı kullanım oranı	3B baskı + geleneksel teknoloji	3B baskı + geleneksel teknoloji	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı

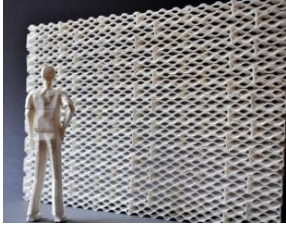
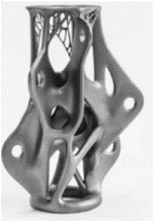
Çizelge 4.15 (devam): Mimari 3B baskı örnekleri – Bina ölçeği.

örnek no ve kaynaklar	6 (Url-15, Url-16, Url-17)	7 (Url-18)	8 (Url-12, Url-19)	9 (Url-16, Url-17)	10 (Url-20, Url-21)
Fotoğraf					
Proje ismi	Massimiliano Locatelli 3B Baskı Ev (Massimiliano Locatelli 3D Printed House)	İlk 3B Baskı Toprak Ev Gaia (The first 3D printed House with earth 'Gaia')	İki katlı 3B Baskı Villa (Two-Story 3D Printed Villa)	3B Baskı Mikro Ev (Kanal Ev) (3d-Printed Micro Home (Canal House))	3B Baskı Topluluğu – Düşük Maliyetli Konut (3d-Printed Community)
Firma/Araştırma Grubu	CLS Architetti	WASP - Rice House	WASP - Rice House	DUS Architects	ICON firması ve New Story derneği
Üretim yılı ve yeri	2018 İtalya	2018 İtalya	2018 İtalya	2016 Hollanda	2019 Meksika
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)	Yerinde	Yerinde	Yerinde	Fabrika/atölye	Yerinde
3B baskı kullanım oranı	3B baskı + geleneksel teknoloji	3B baskı + geleneksel teknoloji	3B baskı + geleneksel teknoloji	3B baskı + geleneksel teknoloji	3B baskı + geleneksel teknoloji

Çizelge 4.16: Mimari 3B baskı örnekleri – Bina bileşen ölçeği.

örnek no ve kaynaklar	11 (Url-5)	12 (Url-22, Url-23)	13 (Url-9)	14 (Url-5)	15 (Url-5)
Fotoğraf					
Proje ismi	Girift Duvar (<i>Involute Wall</i>)	Şehir Pavilyonu (<i>One City Pavilion</i>)	Branch Duvar (<i>Branch Wall</i>)	Harika Tuğla (<i>Cool Brick</i>)	Ahşap Blok (<i>Wood Block</i>)
Firma/Araştırma Grubu	Emerging Objects	Branch Technology	Branch Technology	Emerging Objects	Emerging Objects
Üretim yılı ve yeri	201x ABD	2018 ABD	2018 ABD	2015 ABD	201x ABD
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)	Fabrika/atölye	Yerinde	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye
3B baskı kullanım oranı	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı	3B baskı + geleneksel teknoloji	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı

Çizelge 4.16 (devam): Mimari 3B baskı örnekleri – Bina bileşen ölçeği.

örnek no ve kaynaklar	16 (Url-24)	17 (Galjarad, 2015)	18 (Url-25)	19 (Url-26, Url-27)	20 (Url-12, Url-19, Url-28)
Fotoğraf					
Proje ismi	3B Baskı Seramik Tuğla (3D printed Ceramic Bricks)	Çelik Düğüm Noktası (Steel Node)	Yumurta Projesi (Egg Project)	Şekillendirilen Toprak (Terra Performa)	Prefabrik 3B Baskı Duvar (Prefabricated 3DP wall)
Firma/Araştırma Grubu	Building Bytes	Arup	Michiel van der Kley	IAAC	WinSun
Üretim yılı ve yeri	2018 Hollanda	2015 İngiltere	2015 İtalya	2016 İspanya	2014 Çin
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye	Fabrika/atölye
3B baskı kullanım oranı	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı	Yalnızca 3B baskı	3B baskı + geleneksel teknoloji

5. MİMARİ YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIM ETKİLEŞİMİNİN 3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA DELFİ UZMAN GÖRÜŞÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

2. bölümde araştırma yöntemleri tariflenen çalışmanın; mimari yapım teknolojileri, yapıma yönelik ayrıntıda tasarım yöntemleri, bu iki sürecin birbiri ile etkileşimi ve dijital üretim teknolojileri konuları 3. ve 4. bölümde literatüre dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Böylelikle alt yapısı kurulan çalışmanın bu bölümü, “Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusuna cevap aramak için başvurulmuş Delfi - uzman görüşü ile öngörü yönteminin hazırlık süreci, uygulaması ve sonuçlarını içermektedir.

5.1 Yapım Teknolojileri Analizi Ölçüt Takımı

Yöntemi 2.1. bölümde anlatıldığı gibi, çalışma kapsamında ele alınan yapım teknolojilerini analiz etmek ve karşılaştırmak için belirli ölçütlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu ölçütlere ulaşmak için; öncelikle “mimari değerlendirme ölçütü”, “bina karşılaştırma ölçütü”, “bina kriterleri” gibi anahtar kelimeler ile literatür taraması yapılmış, daha sonra ulaşılan kaynaklar “karşılaştırma ölçütü bağlamında hangi yönden ele alındıkları gözetilerek” analiz edilmiştir. Ulaşılan ölçütler;

- Eser (1982) kaynağında bulunan; ekonomik, organizasyonel ve teknolojik
- Emmitt (2014) kaynağında bulunan; çevre, tasarım ve kalite, iş gücü ve yapılabirlik

toplam 7 adet ölçüt grup başlığı temel alınarak, ele alındıkları konulara göre bu gruplar altında sınıflandırılmış ve tekrarlarından arındırılarak ölçüt takımı haline getirilmiştir. Oluşturulan ölçüt takımı Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.

Ölçüt Grup Başlıkları ve Kaynaklar	Ölçütler		Ölçüt Kaynakları
Ekonomik (Eser, 1982)	Birim eleman başına düşen kalıp/işçilik maliyeti		Eser (1982)
	Elemanların bağımsız üretimi bağlamında üretim süresine bağlı maliyet		
	Nakliye maliyeti		
	İlk yatırım maliyeti		
	Malzeme kayıplarına bağlı maliyet		
	Kullanılan makinelerin atıl kalmasına bağlı maliyet		
	Tüketilen enerji maliyeti		Özkan (1976)
	Toplam iş gücü maliyeti		
	Tüm yaşam maliyeti		Emmitt & Gorse (2014)
	Yönetime bağlı maliyet		Smith (2010)
	Sigorta maliyeti		
	Malzeme maliyeti		
	Verim		
	Süreyle bağlı maliyet		
Çizelgeye uymanın/uymamanın maliyete etkisi			
Organizasyonel (Eser, 1982)	Çalışmaların bir merkez tarafından yönetilmesi gerekliliği		Eser (1982)
	Karmaşık/basit organizasyon kurulumu		
	Talebin organizasyonunun yapım sistemi açısından önemi		
	Bilgi toplama, düzenleme ve iletişim yöntemleri		Özkan (1976)
	Sistemin kapalı ya da açık olması	açık	
		kapalı	
	Yapımda yer açısından	yapım yerinde	
		önceden imalat (şantiye, fabrika, atölye)	
		lojistik – depolama	
		lojistik – yönetim	

Çizelge 5.1 (devam): Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.

	Prefabrikasyona yönelik faktörler	lojistik – saha	Emmitt & Gorse (2014)
		satın alam – yönetim	
		satın alma – üretim	
		şantiyede birleşim – saha	
		şantiyede birleşim – yönetim	
		şantiyede birleşim – işçilik	
Teknolojik (Eser, 1982)	Eleman kalitesi ve performansı (kaliteyi kontrol edebilme)		Eser (1982)
	Eleman nakline bağlı boyutsal sınırlamalar		
	Makine/ ekipman basitliği ve ihtisaslaşmış iş gücü		
	Bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği		
	Üretimde yer alan işlemler açısından	kimyasal süreçler	Özkan (1976)
		biçim değiştiren süreçler	
		taşıma süreçleri	
		birleştirme süreçleri	
		makine kullanımı	
		hizmet süreçleri	
Yapılabilirlik (Emmitt & Gorse, 2014)	Zaman planlaması		Emmitt & Gorse (2014)
	İşçiliğe ve malzemeye ulaşılabilirlik		
	Atıkların azaltılması (malzeme, işçilik, zaman ve enerji)		
	Hava koşullarından geçici koruma		
	Bakım ve yenileme		
	Demontaj ve geri dönüşüm stratejileri		
	Basitleştirme		
	Standartlaştırma		
	Kolay bulunabilir malzemelerin kullanılması		
	Her türlü hava koşulunda yapım		
	Sistemler entegrasyonu		
	Bina elde etme süreçlerinde yer alan ekipler arası iletişim		
	Yapım aşamalarının tanımlanması		

Çizelge 5.1 (devam): Yapım teknolojileri analizi ölçüt takımı.

	Yapım veya montaj için ulaşılabilirliğin sağlanması		
	Geliştirilmiş detayların kullanımı		
Çevre (Emmitt & Gorse, 2014)	Doğal ve yapay çevrenin sağladığı kaynaklar	arsa	Özkan (1976)
		güneş enerjisi	
		su vb.	
		doğal maddeler, taş vb.	
	Malzeme seçimi	çevresel etki	Emmitt & Gorse (2014)
		yenileme ve geri dönüştürülebilirlik	
		atık minimizasyonu	
Tasarım ve Kalite (Emmitt & Gorse, 2014)	Geleneksel/modüler sistem kullanım kararı	gerekli kalite standardı	Emmitt & Gorse (2014)
		beklenen ürün ömrü	
		montaj kolaylığı (toleranslar)	
		sahada gerekli bitirme	
		mekansal esneklik	
		estetik	
	Kalite	güvenilebilirlik	Smith (2010)
		koordinasyon	
		tasarım	
		üretim	
		inovasyon	
		çevresel etki	
		birleşimler	
		toleranslar	
		malzeme kalitesi	
İşçilik (Emmitt & Gorse, 2014)	İşçilik	yerel işçilik	Smith (2010)
		çalışma koşulları	
		uzmanlık seviyesi	
		güvenlik - sağlık	
		üretkenlik	

5.3. bölümde ele alınan, Delfi çalışmasında uzmanlara yöneltilen soruların bir kısmı, yukarıda derlenen ölçüt takımından yararlanılarak hazırlanmıştır. Burada seçim yapılırken, ölçütlerin yapım-tasarım süreçlerindeki ilişkiye yönelik olmaları göz önünde bulundurulmuştur. Seçilen yapım teknolojileri analiz ölçütleri, aşağıdaki gibi “tasarım alt süreçlerine” ve sorulara dönüştürülmüştür:

- 1. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Organizasyonel ana başlığında bulunan, “yapımda yer açısından; yapı yerinde veya önceden imalat” ve “prefabrikasyona yönelik faktörler; lojistik ve şantiyede birleşim” ölçütleriyle beraber

Tasarım ve kalite ana başlığında bulunan “geleneksel/modular sistem kullanım kararı; montaj kolaylığı(toleranslar)” ölçütünden;

“Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım)” tasarım alt süreci ve *“Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?”* sorusu üretilmiştir.

- 2. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Yapılabilirlik ana başlığında bulunan, “yapım aşamalarının tanımlanması” ölçütünden;

“Yapım süreci bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması” tasarım alt süreci ve *“İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?”* sorusu üretilmiştir.

- 3. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Yapılabilirlik ana başlığında bulunan, “standartlaşma ve basitleştirme” ölçütünden;

“Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma” tasarım alt süreci ve *“Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”* sorusu üretilmiştir.

- 4. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Teknolojik ana başlığında bulunan, “bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği” ölçütünden;

“Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması” tasarım alt süreci ve “*Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?*” sorusu üretilmiştir.

- 8. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Yapılabilirlik ana başlığında bulunan, “estetik” ölçütünden;

“Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları” tasarım alt süreci ve “*Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?*” sorusu üretilmiştir.

- 9. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Tasarım ve kalite ölçütünden;

“Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları” tasarım alt süreci ve “*Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?*” sorusu üretilmiştir.

- 12. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Tasarım ve kalite ölçütünden;

“Tasarım sürecindeki yaratıcılık” tasarım alt süreci ve “*3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?*” sorusu üretilmiştir.

- 14. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Tasarım ve kalite ölçütünden;

“Katman sırasını belirleme” tasarım alt süreci ve “*Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu*” sorusu üretilmiştir.

- 17. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Tasarım ve kalite ölçütünden;

“Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme” tasarım alt süreci ve “*Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması*” sorusu üretilmiştir.

- 19. “tasarım alt süreci” ve ilgili soru:

Yapılabilirlik ana başlığında bulunan, “sistemler entegrasyonu” ölçütünden;

“Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi” tasarım alt süreci ve “*Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?*” sorusu üretilmiştir.

5.2 Delfi Çalışmasının Sonuçlarını Uygulamak üzere rnek Detay Seçimi

2.1. bölümde açıklandığı gibi, Delfi ngr sonuçları doğrultusunda 3B baskı teknolojisine uyarlanmak üzere detay seçimi yapılmıştır. Bu seçim için öncelikle dış ortamla ilişkili yapı elemanları; çatı, dış duvar, döşeme ve duvar boşluğu olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu yapı elemanları literatürden faydalanılarak “biçim, yapım, yapı ve işlev” ile ilgili sınıflandırma başlıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar:

- Çatı
 - Eğimine göre : Düz, Eğimli
 - Yapım yerine göre: Yerinde, Prefabrik, Karma
 - Gövde yapısına göre: Panel, Dökme, rme, İskelet
 - Yapı fiziğine göre: Hava tabakalı, Hava tabakasız
- Dış duvar
 - Dış ortamla ilişkisine göre: Toprak st (atmosferle ilişkili), Toprak altı
 - Yapım yerine göre: Yerinde, Prefabrik, Karma
 - Taşıyıcılığına göre: Bina + sistem taşıyıcısı, Taşıyıcı olmayan
 - Gövde yapısına göre: Panel, Dökme, rme, İskelet
 - Yapı fiziğine göre: Hava tabakalı, Hava tabakasız
- Döşeme
 - Binadaki yerine göre: Zemine oturan, Ara kat, Altı açık , Altı ve üstü açık (balkon)
 - Yapım yerine göre: Yerinde, Prefabrik, Karma

- Gövde yapısına göre: Panel, Dökme, Örme, İskelet
- Duvar boşluğu
 - İşlevine göre: Pencere, Kapı
 - Boşluğun oluşturulmasına göre: Kemer ile, Lento ile, Rezervasyon kalıbı ile, Başlık ve dikmeler ile
 - Cam katmanına göre: Tek katmanlı, Çok katmanlı

4 yapı elemanı için 15 sınıflandırma biçimi altındaki tüm seçeneklerin farklı eşleşmelerle olabileceği varsayılarak bir “teorik” detay seçenekler listesi oluşturulmuştur. Yapı elemanlarının 4 sınıflandırma başlığı altındaki tüm olası teorik detay seçenekler listesi Ek C’de verilmiştir.

5.2.1 Birleşim bölge detay kombinasyonlarının oluşturulması

“Yapım yeri” ve “gövde yapısı” ortak olan, bir araya gelerek birleşim bölge detayı oluşturabilecek detay kombinasyonları ise “pratik” birleşim bölge detay seçenekler listesi olarak adlandırılmıştır. Bu listedeki yapı elemanları kendi içlerinde ikili kombinasyon oluşturarak bir araya gelebilmektedir. Örneğin;

- Yapım yerine göre: yerinde yapım
- Gövde yapısına göre iskelet

olan çatı, dış duvar, döşeme ve duvar boşluğu elemanlarının bir araya gelerek birleşim detayı oluşturduğu durum Ek D’de yer alan Çizelge D.1’de verilmiştir. Buna göre;

1. seçenek:

- Çatı = düz | gezilebilen | yerinde yapım | iskelet | hava tabakasız
- Dış duvar = toprak üstü | yerinde yapım | taşıyıcı | iskelet | hava tabakasız

olarak pratikte uygulanabilir bir birleşim bölge detayı oluşturulabilir.

Bu kombinasyonlar oluşturulurken kağıt üzerinde eşleştirilen fakat yapısal uyum gözetildiğinde bir araya gelmesi mümkün olmayan yapı elemanı çiftleri elenmiştir. Örneğin; prefabrik olarak üretilen panel bir dış duvar ile, yerinde kemer ile oluşturulan dış duvar boşluğunun birleşimi uyumlu olmayacağı için bu kombinasyon seçeneği elenmiştir.

Yapı elemanlarının pratik birleşim bölge detay seçenekler listesi Ek D’de verilmiştir.

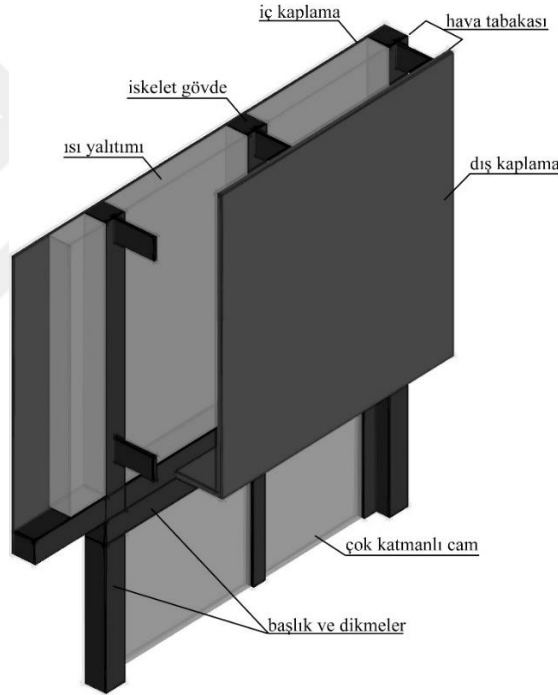
5.2.2 3B baskı için yeniden tasarlanacak detayın seçimi

Oluşturulan “pratik” birleşim bölge detay seçenekler listesinden;

“çeşitlilik, sektördeki kullanım sıklığı, 3B baskı teknolojisine uyarlanabilme,” gibi özellikler gözeticiler, Ek D’de verilen, Çizelge D.1’de yer alan, Dış duvar1-Dış duvar boşluğu1 kombinasyonunda yer alan;

- Dış duvar = Toprak üstü (atmosferle ilişkili) | yerinde yapım | taşıyıcı olmayan | iskelet | hava tabakalı
- Dış duvar boşluğu = Pencere | başlık ve dikmeler ile boşluk oluşturulan | çok katmanlı

Yapı elemanlarını içeren, Şekil 5.1’de şematik bir çizimi bulunan birleşim bölge detayı, 6.1. bölümde 3B baskıya uyarlanmak üzere seçilmiştir.



Şekil 5.1: 3B baskıya uyarlanmak için seçilen birleşim bölge detayı şematik çizimi.

5.3 Delfi Uzman Görüşü Yönteminin Uygulanması

Bu bölümde, 2.2. bölümde yöntemi ayrıntılı olarak tariflenen Delfi yönteminin uygulama adımları ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Burada sırasıyla; odak grup çalışması gerçekleştirilmiş, uzman olarak görüşüne başvurulacak kişiler seçilmiş, yüz yüze gerçekleştirilen ilk turda ana problem olan “Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusu ve alt sorular uzmanlara yöneltilmiştir. Alt sorular; yapım teknolojilerini analiz etmek ve

karşılaştırmak için literatürden yararlanılarak geliştirilen ölçüt takımından, Delfi yönteminin başında gerçekleştirilen “odak grup” çalışmasından ve detay tasarım yöntemlerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra, ilk tur sonuçları analiz edilerek verilen cevapların istatistiklerini içeren bir rapor haline getirilmiştir. Bu rapor ikinci turda sunulmuş ve ilk turda verilen cevapların oylanması istenmiştir. Son olarak, ikinci tur sonuçları analiz edilerek cevaplar değerlendirilmiş ve Delfi çalışmasının sonuçlarına ulaşılmıştır.

5.3.1 Odak grup çalışması

Konu ile ilgili farklı bakış açıları geliştirmek ve bu sorgulamaların Delfi çalışmasına katkı sunması amacıyla, araştırmacı moderatörlüğünde 3 uzman (M. Cem Altun ve daha sonra Delfi çalışmasına da katılan Çizelge 5.2’deki 02 ve 03 kodlu uzmanlar) ile beraber odak grup çalışması yapılmıştır. Odak grup çalışması, çalışmanın ana sorusu olan “Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusu ile başlatılarak katılımcılardan fikirlerini serbest bir şekilde belirtmeleri istenmiştir. Moderatörlerin anahtar kelimelerle desteklediği tartışma yaklaşık bir saat sürmüştür. Konuya getirilen farklı bakış açıları sorulara dönüştürülerek çalışmanın devamında hazırlanan soru dizisine eklenmiştir. Şantiye süreci, üretimde robot/insan olması arasındaki fark, çevresel etkilere karşı performans gereksinimi, tasarım araçları, mimarlık disiplininin geleceği ve detay birleşimleri konuları üzerinde durulan görüşme deşifresi Ek E’de verilmiştir.

5.3.2 Delfi yöntemi için öngörülecek uzmanlar

Uzman seçimi; 2.2. bölümde yöntemi anlatıldığı gibi, deneyim yılı ve çalıştıkları mimari uzmanlık alanları başta olmak üzere, akademisyenler için İstanbul’daki mimarlık bölümü başarılı olan üniversitelerde yapı bilgisi ana bilim dalında görev yapmaları ve yapım teknolojileri, detay tasarımı konularında çalışmalar yürütmeleri ve ilgili konudaki yayınları; sektörel uzmanlar için ise mimarlık bölümlerinden mezun olmaları, sektörde aktif olarak üretime yönelik ayrıntıda detay tasarımları, meslek kuruluşlarına üyelikleri gibi belirlenen kriterlere göre yapılmıştır. Daha önce yapılan araştırma örnekleri, Delfi yönteminin anlatıldığı kaynaklar ve çeşitlilik sağlanabilmesi göz önünde bulundurularak 30 – 40 uzmanla yapılmasına karar verilen çalışmada; 50 uzmanla iletişime geçilmiş ve olumlu dönüş sağlayan 20 akademisyen ve 19 sektör çalışanı olmak üzere toplam 39 mimar, uzman olarak çalışmaya dahil edilmiştir.

Mimarların dahil olduğu uzman grubu, deneyim yılları ve toplam iki tur olarak yürütülen çalışmada katıldıkları Delfi turları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2: Delfi çalışmasına katılan uzmanlar.

AKADEMİSYEN UZMANLAR					
Deneyim yılı (2020 itibariyle)	Uzman numarası (Görüşme tarihine göre sıralanmıştır)	Yüksek lisans bitiş tarihi	Görevli olduğu üniversite (Aralık - Mart 2020 tarihlerinde)	1. tura katılım durumu	2. tura katılım durumu
25 yıl ve üstü	07	1988	Yıldız Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	35	1988	Özyeğin Üniversitesi	katıldı	katıldı
	08	1992	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	10	1992	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	13	1992	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
15 – 25 yıl arası	02	1997	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	09	1997	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	16	1997	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
	17	1997	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
	18	1997	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	25	1997	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
	37	1997	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
	15	2001	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
	21	2005	Yıldız Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
5-15 yıl arası	03	2007	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	34	2007	Gebze Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı
	38	2010	Bilgi Üniversitesi	katıldı	katıldı
	22	2013	Mimar Sinan G. S. Üniversitesi	katıldı	katıldı
5 yıl ve daha az	06	2016	Bilgi Üniversitesi	katıldı	katıldı
	31	2018	İstanbul Teknik Üniversitesi	katıldı	katıldı

Çizelge 5.2 (devam): Delfi çalışmasına katılan uzmanlar.

SEKTÖREL UZMANLAR					
Deneyim yılı (2020 itibariyle)	Uzman numarası (görüşme tarihine göre sıralanmıştır)	Lisans bitiş tarihi	Bağlı bulunduğu dernek ve odalar (aralık - mart 2020 tarihlerinde)	1. tura katılım durumu	2. tura katılım durumu
25 yıl ve üstü	24	1962	İSMD	katıldı	katıldı
	26	1968	İSMD	katıldı	katıldı
	27	1974	İSMD	katıldı	katıldı
	32	1978	TMMOB	katıldı	katıldı
	23	1987	İSMD	katıldı	katıldı
	29	1987	İSMD	katıldı	katılmadı
	33	1993	TMMOB	katıldı	katıldı
15 – 25 yıl arası	39	2003	İSMD	katıldı	katıldı
	12	2005	TMMOB	katıldı	katıldı
	30	2005	-	katıldı	katıldı
5-15 yıl arası	11	2011	-	katıldı	katıldı
	28	2011	-	katıldı	katıldı
	14	2012	-	katıldı	katıldı
	19	2012	TMMOB	katıldı	katıldı
	20	2012	-	katıldı	katıldı
	05	2013	-	katıldı	katıldı
5 yıl ve daha az	04	2015	-	katıldı	katıldı
	01	2017	-	katıldı	katıldı
	36	2017	-	katıldı	katıldı

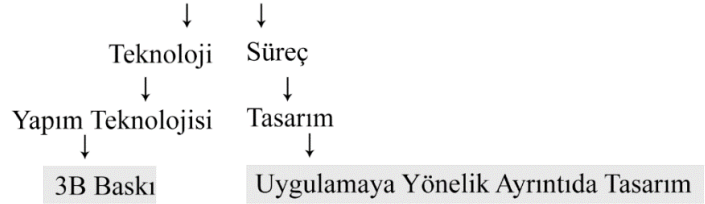
5.3.3 Uzmanlara konu ile ilgili verilen ön bilgiler ve yöneltlen sorular

Uzmanlara çalışma akışının ve yeni bir teknoloji olan 3B baskının aktarılabilmesi için 1. tur görüşmesinin başında yaklaşık 10 dakika süren bir bilgilendirme yapılmıştır. Bu ön bilginin içeriği;

Ön bilgi - öngörü çalışmasının amacı, yöntemi ve sonucu

- Uzmanlara çalışmanın amacı; “Yakın gelecekte kullanımının yaygınlaşması beklenen 3B baskının uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkisi hakkında öngöründe bulunmak” şeklinde sözlü olarak ve Şekil 5.2’de bulunan şema ile anlatılmıştır.

Yakın gelecekte kullanılması beklenen bir [teknolojinin] [süreçe] etkisi hakkında öngöründe bulunmak.



Şekil 5.2: Öngörü çalışmasının amacı.

- Delfi yöntemi aşağıda olduğu gibi tanımlanmış ve süreç akışı aktarılmıştır.

Bu çalışma, uzun vadeli eğilimlerin toplumlara, dünyaya ve özellikle bilime ve teknolojiye olası etkilerini inceleyen uzman görüşüne dayalı öngörü yöntemi olan “Delfi” yöntemini kullanmaktadır.

Öngörü süreç akışı;

- Uzmanlarla ayrı ayrı görüşme (yüz yüze görüşme ile)
 - Kısa bilgi aktarımı
 - Tasarım alt süreçlerin ve soruların iletilmesi
 - Uzmanın konu hakkındaki görüşünün alınması
- Öngörülerin oylamaya sunulması (e-posta)
 - Her bir uzmanla yapılan ilk görüşmelerin raporunun diğer uzmanlarla paylaşılması.
 - Uzmanın diğer görüşleri de göz önünde bulundurarak sorular ile ilgili cevaplardan en olası olanını seçmesi.

- Çalışmanın tamamlanmasıyla hedeflenen sonuç; “3B baskı teknolojisinin mimari detay tasarımına etkisi ve tasarım sürecinin adaptasyonu ile ilgili tahminler.” olarak aktarılmıştır.

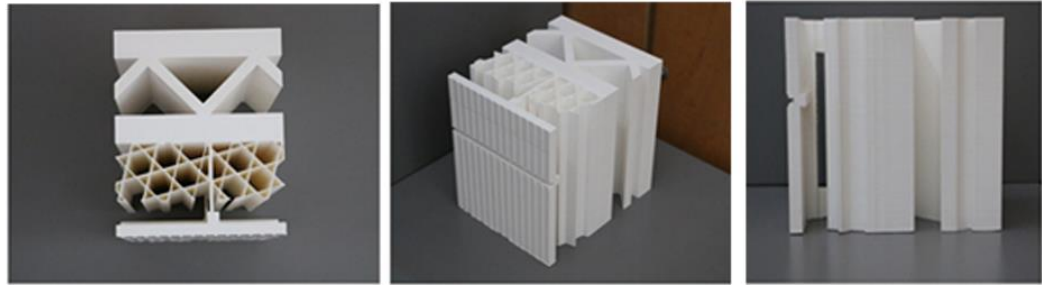
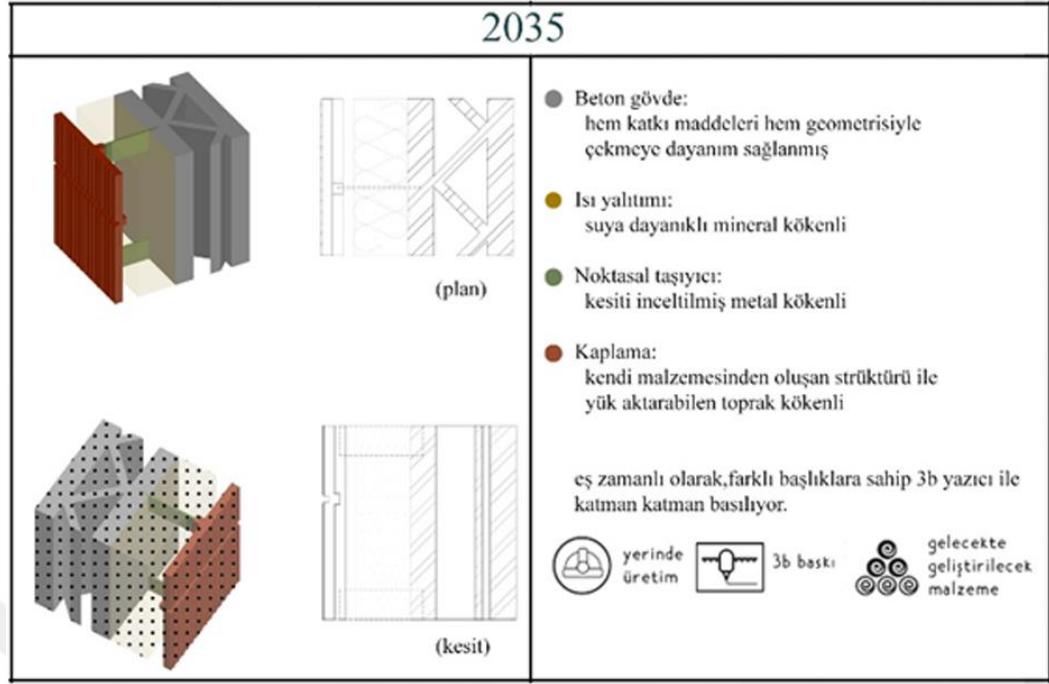
Ön bilgi – 3B baskı ile ilgili bilgilendirme ve geleceğe yönelik mimarlıkta 3B baskı kullanım senaryoları

Araştırmanın yöntemi ve süreci aktarıldıktan sonra 3B baskı ile ilgili;

- 3B baskı tanımı ve kullanım alanları
- 3B baskının mimarlıkta kullanılan malzeme kataloğu
- 3B baskı ile yapılmış “bina” ve “bina bileşen ölçeği” örnekleri
- 3B baskı tasarım ve basım süreci

konularında bilgilendirme yapılmış olup, materyaller Ek-F’de sunulmuştur.

Konunun kolay anlaşılabilmesi ve uzmanların daha kolay adapte olabilmeleri için, 2019 yılı için ve günümüz teknolojileriyle üretilen bir detayın, 3B baskı teknolojisinin farklı oranlarda gelecekte kullanımları ile ilgili 3 farklı senaryo geliştirilmiştir. 2028, 2035, 2058 yıllarına ait olan bu senaryolarda aynı detayın üretimlerinde farklı oranlarda 3B baskı teknolojisi ve gelişmiş malzeme kullanımı ele alınmıştır. Kesit ve plan çizimleri verilen bu senaryolara ait detay bölgelerinin 1/1 ölçeğindeki prototipleri 3B yazıcı ile basılmış ve görüşme anında uzmanlara sunulmuştur. 2035 senaryosunun kesit çizimi, teknoloji kurgusu ve prototip fotoğrafı Şekil 5.3’te, geliştirilen tüm senaryolar Ek-G’de verilmiştir.



Şekil 5.3: 2035 senaryosu – kesit çizimi, teknoloji kurgusu ve prototip fotoğrafı.

Uzmanlara yöneltilen sorular

Yukarıda anlatılan ve Ek F ve Ek G’de verilen ön bilgiler uzmanlara aktarıldıktan sonra,

“Mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?”

sorusu, çalışmanın ana problemi olarak uzmanlara iletilmiştir. Bu probleme yaklaşım açıları sağlamak ve uzmanları çeşitli açılardan düşünmeye yönleltmek adına;

- 5.1. bölümde anlatılan yapım teknolojisini analiz etmek için kullanılan ölçüt takımından,
- 5.3.1. bölümde anlatılan odak grup çalışmasından ve
- 3.2. bölümde anlatılan mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım yöntemlerinden

yararlanılarak elde edilen 21 tasarım alt süreci ve sorusu uzmanlara yöneltilmek üzere hazırlanmıştır. Bu tasarım alt süreçleri ve soruları Çizelge 5.3'te kaynaklarıyla beraber verilmiştir.

Çizelge 5.3: Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.

no	Tasarım Alt Süreci ve Sorusu	Kaynaklar	
1	Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım) (Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Özkan (1976), Emmitt & Gorse (2014)
2	Yapım süreci bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması (İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
3	Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma (Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
4	Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması. (Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Eser (1982)
5	Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi “Günümüzde göz önünde bulundurulmuş saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?”	odak grup çalışması 5.3.1. bölüm	
6	İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma (Günümüz teknolojilerine göre uygulama projesi aşamasında tasarım yaparken göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verileri 3B baskı teknolojisi için tasarım girdisi olmaya devam eder mi? Göz önünde bulundurulma biçimi, şartlara karşı (yağmur, güneş, rüzgâr, vb.) alınan önlemler değişir mi?)	tasarım yöntemleri (3.2. bölüm)	Müller (1990)

Çizelge 5.3 (devam): Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.

7	Süreç tasarımı (Sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi)	odak grup çalışması 5.3.1. bölüm	
8	Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları (Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
9	Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları (Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
10	Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme (Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?)	tasarım yöntemleri (3.2. bölüm)	Aygün (1999)
11	Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme (Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?)	tasarım yöntemleri (3.2. bölüm)	Rich & Dean (1999)
12	Tasarım sürecindeki yaratıcılık (3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?) a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
13	Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü (Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?)	odak grup çalışması 5.3.1. bölüm	
14	Katman sırasını belirleme (Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Smith (2010)

Çizelge 5.3 (devam): Uzmanlara yöneltilen tasarım alt süreçleri ve soruları.

15	Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği (Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.)	tasarım yöntemleri (3.2. bölüm)	Emmitt (2007)
16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı (Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.)	tasarım yöntemleri	Emmitt (2007)
17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme (genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Smith (2010)
18	Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği (teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, bir malzemeye birden fazla işlev yükleme)	tasarım yöntemleri (3.2. bölüm)	Emmitt (2007)
19	Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi (Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?)	ölçüt takımı (Çizelge 5.1)	Emmitt & Gorse (2014)
20	Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark (ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar)	odak grup çalışması 5.3.1. bölüm	
21	Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim (Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim ‘tek akıl’ binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?)	odak grup çalışması 5.3.1. bölüm	

5.3.4 Delfi çalışması birinci tur - uzmanlarla ilk görüşme

E-posta yoluyla iletişime geçilen uzmanlardan randevu alınarak yüz yüze görüşme için çalıştıkları ofislere ve üniversitelere gidilmiştir. Görüşmeler yaklaşık olarak;

15 dakika bilgilendirme + ~45 dakika (30 ile 90 dk arasında) cevaplandırma

Olmak üzere yaklaşık 1 saat sürmüştür. Görüşme esnasında uzmanların konuyla ilgili bilgilendirme aldıkları için teknolojiyle yakınlık kurarak soruları rahat bir şekilde cevaplandıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca bilgilendirme dışında teknolojiyle ilgili

sordukları; aynı anda farklı malzeme kullanımı, üretimlerin maksimum/minimum boyutları, ülkemizde örneklerin olup olmadığı, insanın üretimdeki varlığı gibi sorulara da görüşme akışı içerisinde cevap verilmiş, gerekli görüldüğü yerlerde, uzmana açıklık getirmek adına 4.2.6. bölümde bahsedilen mimari 3B baskı örnekleri sözel olarak aktarılmıştır.

5.3.5 Delfi çalışması birinci tur cevapları ve analizi

Her görüşme sonunda alınan notlar ve ses kayıtları deşifre edilmiş, böylelikle her uzmanın sorulara verdiği cevaplar ayrı bir şekilde Ek-H'da verilmiştir. Deşifre edilirken öncelikli olarak sorunun içinde geçen anahtar kelimelere yönelik cümleler not edilmiş, daha sonra sorunun amacına yönelik genel cevaplar elde edilmeye çalışılmıştır. Bir uzman cevabının deşifre edilme örneği çizlege 5.4'te verilmiştir:

Çizelge 5.4: Delfi çalışmasında birinci tur görüşmelerindeki bir uzman cevabının deşifre örneği.

Soru: Yapım yöntemine karar verme (<u>ön üretim/yerinde yapım</u>) (Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz <u>birleşim kolaylığı</u>, <u>birleşim toleransı</u>, <u>kalite kontrol kolaylığı</u>, <u>lojistik kriterleri</u> 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?)	
Anahtar kelimeler:	Uzmanın verdiği cevap:
<u>Birleşim kolaylığı ve birleşim toleransı</u>	Hem birleşim sayısı hem birleşimlerdeki toleranslar azalacağı için <u>birleşim ile ilgili kriterlerin önemi azalır</u> .
<u>Kalite kontrol kolaylığı</u>	<u>Kalite kontrol kolaylığı</u> açısından günümüz ön üretimli teknolojiler ile 3B baskı arasında bir fark bulunmaz.
<u>Lojistik kriterleri</u>	<u>Lojistik kriterler</u> geçerliliğini sürdürür
<u>Ön üretim/yerinde yapım</u> ile ilgili genel yorum	Yapım yerine karar verme ile ilgili kriterleri göz önünde bulundurma şekli ve içeriği değişebilir (taşınan yazıcı ve hammaddeler) ama genel anlamda geçerliliğini sürdürür

39 uzmanın 21 soruya verdiği cevaplar Çizelge 5.4'teki gibi deşifre edilmiştir. Daha sonra sorulara verilen benzer cevaplar gruplandırılarak bir soruya verilen tüm farklı cevaplar listelenmiştir. Uzmanların tüm sorulara verdiği cevaplar Çizelge 5.5 – Çizelge 5.25'da sıralanmıştır.

Çizelge 5.5: Uzmanların birinci turda 1. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

1. Soru: Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım) <i>Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 • 07 • 09 • 32	Günümüzdeki kriterler aynı şekilde varlığını sürdürür.
05 • 04 • 11 • 12 • 13 • 18 • 22 • 20 • 37	Günümüzdeki kriterler azalıp, şekil değişirse de göz önünde bulundurulmaya devam eder.
06 • 07 • 08 • 15 • 16 • 22 • 25 • 30 • 39	Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre yeni kriterler eklenir.
17 • 27 • 31 • 33 • 34 • 36	Lojistik kriterler önemini korur.
23 • 28	Birleşimlerde, ülkemiz şartları düşünüldüğünde, tolerans bırakılması gerekir.
03 • 04 • 12 • 15 • 19 • 21 • 39	Hem birleşim sayısı hem birleşimlerdeki toleranslar azalacağı için birleşim kolaylığı ve toleransı kriteri ortadan kalkar.
03 • 04 • 08 • 21 • 31	Günümüzde olduğu gibi 3B baskı teknolojisinde de ön üretimli yapımda kalite daha kolay kontrol edilir.
06 • 10 • 12 • 14 • 16 • 17 • 19 • 25 • 30 • 34 • 35 • 36 • 37	3B baskı teknolojisinde kalite kontrolü üretim yerine göre az farklılık gösterir.
10 • 15 • 18 • 23 • 28 • 29 • 30 • 38 • 39	Yerinde (gerekirse atölye kurulup) yapım bu teknoloji için daha avantajlı olacaktır.
08 • 09 • 26 • 32 • 33 • 37	Büyük ölçekli seri üretim ürünlerin fabrikada üretimi, küçük ve özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilir.
02 • 24 • 27 • 32	Çevresel şartlar düşünüldüğünde fabrikada üretim seçeneği daha avantajlı olacaktır.
10	Hızlı üretim kriteri yapım yerine karar verme açısından önemli bir kriter haline gelir.
14	Maliyet üretim yerine karar vermede önemli bir kriter haline gelir.

Çizelge 5.6: Uzmanların birinci turda 2. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

2. Soru: 'Yapılabilirlik' bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması <i>İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
16 • 21 • 24 • 32 • 39	Tanımlamalar günümüzdeki gibi devam eder.
01 • 04 • 11 • 12 • 13 • 14 • 23 • 25 • 28 • 29 • 30 • 31 • 33 • 34 • 35 • 36 • 38	Aşamalar daha az olduğu için daha az tanımlanır ve tanımların şekli değişir.
02 • 06 • 10 • 14 • 21	Taşıyıcılık açısından önce hangi kısımların basılacağı, baskı yönü, malzeme geçişleri tanımlanmalıdır.
01 • 03 • 06 • 26 • 28 • 37	Tek seferde, tek yazıcıyla basılarak üretilen birim haricinde tanımlamalar devam eder.
05 • 08 • 09 • 15 • 18 • 22	İlk zamanlarda gerekir, ilerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça daha az tanımlanır.
17 • 20 • 27	Sadece tasarım ve estetik kararlarının tanımlanması gerekir.
07 • 19	Aşamaların tanımlanmasına gerek kalmaz.

Çizelge 5.7: Uzmanların birinci turda 3. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

3. Soru: Yapım süreci bağlamında boyutsal standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma <i>Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 • 03 • 04 • 05 • 11 • 12 • 15 • 17 • 18 • 20 • 22 • 24 • 26 • 27 • 28 • 31 • 32 • 33 • 34 • 35 • 36 • 39	Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz.
04 • 03 • 16 • 19 • 25 • 37 • 38	Yazıcı boyutları standart oluşturur.
02 • 28	Tasarım sürecinin karmaşıklaşmaması için standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
06 • 10	Teknolojinin başlangıç evrelerinde bir standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
08	Aynı anda birkaç yazıcı üretim yaptığında standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
26 • 30	Ön üretimli parçalar kullanılıyorsa standartlaşma gerekir.
23	Üretici refleksi bir standart oluşturmaya çalışacaktır.
07 • 09 • 13 • 14 • 16 • 21 • 29 • 32 • 38	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.

Çizelge 5.8: Uzmanların birinci turda 4. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

4. Soru: Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması <i>Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
03 • 04 • 06 • 10 • 12 • 16 • 24 • 29 • 32 • 33 • 37	Yapım aşamalarını düşünerek tasarım yapmak ve birleşimleri tanımlamak gerekir.
01 • 11 • 19 • 21 • 22 • 23 • 25 • 28 • 31 • 34 • 35 • 36 • 39	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.
02 • 13 • 19 • 21 • 26 • 35	Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında birleşimleri tanımlamak gerekir.
02 • 30	Ön üretimli parçalar kullanıldığında tanımlamak gerekir.
05 • 09	Teknolojinin başlangıç evrelerinde tanımlamalara ihtiyaç duyulur.
08 • 15	Tek seferde basılmadığında ya da birden fazla yazıcı kullanıldığında tanımlamak gerekir.
18 • 20 • 23 • 25	Daha sonra müdahale edilebilmesi ya da hareketlere olanak sağlaması (örn: ısı genleşme) için birleşim sırası ve yönünü tanımlamak gerekir.
07 • 14 • 17 • 26 • 27 • 38	Tanımlamak gerekmez, yazıcı/üretici ideal sırayı kendi belirler.

Çizelge 5.9: Uzmanların birinci turda 5. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

5. Soru: Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi <i>Günümüzde göz önünde bulundurulanan saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
07 • 11 • 17 • 18 • 29	Hayır, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşmez.
04 • 09 • 12 • 13 • 15 • 19 • 20 • 28 • 30 • 31 • 33 • 34 • 35 • 39	"Yazıcı yapılabilirliği" önemli hale gelir ama "sahada yapılabilirlik" kriterleri az da olsa varlığını sürdürür.
10	Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında "sahada yapılabilirlik" kriterleri varlığını sürdürür.
06 • 08 • 10 • 22 • 26	Yerinde basıldığında "sahada yapılabilirlik" kriterleri varlığını sürdürür.
21 • 24	Küçük boyutlu üretimler için “yazıcı yapılabilirliği”ne dönüşür.
14 • 16	Teknolojiden kaynaklı yeni yapılabilirlik kriterleri ortaya çıkar.
05 • 23 • 25 • 27 • 32 • 36 • 37 • 38	Evet, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşür.

Çizelge 5.10: Uzmanların birinci turda 6. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

6. Soru: İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma	
<i>Günümüz teknolojilerine göre uygulama projesi aşamasında tasarım yaparken göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verileri 3B baskı teknolojisi için tasarım girdisi olmaya devam eder mi? Göz önünde bulundurulma biçimi, şartlara karşı (yağmur, güneş, rüzgâr, vb.) alınan önlemler değişir mi?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
02 • 03 • 04 • 05 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 15 • 16 • 17 • 18 • 19 • 20 • 21 • 22 • 24 • 25 • 26 • 27 • 28 • 29 • 32 • 33 • 34 • 35 • 36 • 37 • 38 • 39	İklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak göz önünde bulundurulmaya devam eder.
01 • 23 • 30 • 31	Alınan önlemler azalabilir ama iklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak varlığını sürdürür.

Çizelge 5.11: Uzmanların birinci turda 7. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

7. Soru: Süreç tasarımı	
<i>Sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi nasıl değişir?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
04 • 08 • 09 • 16 • 18 • 19 • 20 • 25 • 28 • 30 • 34 • 35 • 36 • 37	Girdiler azalacağı için süreç kısalmı ama bir süreç tasarımına ihtiyaç olur.
27 • 29	Bir yazıcının durmadan başlayıp bitireceği üretimler haricinde süreç tasarımına ihtiyaç olur.
06	Teknolojinin daha standart katmanların kullanıldığı ilk evresinde ihtiyaç azalır ama özgün tasarımların geliştirilebildiği aşamada önemini korur.
07 • 10 • 12 • 13 • 14 • 15 • 17 • 21 • 22 • 23 • 26 • 32 • 33	Süreç tasarımı günümüzdeki önemini korur.
05 • 11 • 24 • 31 • 38 • 39	Yazıcının etkin kullanımı ve bütüncül bir üretim yaklaşımı olacağı için süreç tasarımı daha önemli hale gelir.

Çizelge 5.12: Uzmanların birinci turda 8. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

8. Soru: Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları <i>Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 • 02 • 04 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 15 • 16 • 17 • 19 • 20 • 21 • 22 • 23 • 24 • 25 • 26 • 28 • 29 • 30 • 31 • 32 • 33 • 35 • 36 • 38 • 39	Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.
05	Tasarım sınırları ortadan kalkar.
18 • 27	Tasarımcı teknolojiye hakimse sınırlar genişler, değilse kısıtlar.
03	Günümüzde de gerekli maliyet karşılandığında teknolojiden kaynaklı bir tasarım sınırı yoktur.
34	Çeşitlilik azalacağı için tasarım kısıtları artar.
37	Strüktürel performansı yüksek yeni malzemeler geliştirilmedikçe günümüz tasarım sınırları değişmez.

Çizelge 5.13: Uzmanların birinci turda 9. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

9. Soru: Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları <i>Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
03 • 08 • 13 • 21 • 25 • 31 • 34 • 35 • 36 • 38	Eskiz çizimi azalır, dijital tasarıma tamamen adapte olmuş bir jenerasyonda ortadan kalkar.
01 • 04 • 05 • 06 • 07 • 09 • 10 • 11 • 12 • 14 • 15 • 16 • 17 • 18 • 19 • 20 • 22 • 23 • 24 • 26 • 27 • 28 • 29 • 30 • 32 • 33 • 37 • 39	Eskiz çizimi günümüzdeki gibi kullanılmaya devam eder.
04 • 05 • 09 • 11 • 16 • 17 • 19 • 20 • 24 • 26 • 27 • 29 • 30 • 32 • 35 • 36	Maket günümüzdeki sıklıkta kullanılmaya devam eder.
01 • 14 • 15 • 18 • 21 • 22 • 28 • 33	Baskı teknolojisiyle maket yapımı kolaylaşacağı için günümüzdekinden daha çok kullanılır.
06 • 08 • 12 • 31	Maket yerini prototipe bırakır.
07 • 13 • 21 • 25 • 37	Maket temsil aracı olarak varlığını sürdürür.
23	Konvansiyonel yöntemlerle maket yapımına geri dönüş yaşanır.
03 • 10 • 34 • 38	Maket ortadan kalkar.
04 • 09	Teknolojiye yönelik yeni tasarım araçları geliştirilir.

Çizelge 5.14: Uzmanların birinci turda 10. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

10. Soru: Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme <i>Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
03 • 12 • 26	Seçenek üretmeye gerek kalmaz, tek seçenek geliştirerek tasarlanır.
04 • 05 • 07 • 08 • 18 • 25 • 28 • 31 • 33 • 39	Seçenek üretmek baskı teknolojisi ile daha kolay olacağı için seçenek oluşturarak tasarlamaya yönlendirir.
02	Teknolojiye alışmak ve verimli kullanmak için başlarda daha fazla seçenek üretme ihtiyacı oluşur.
01 • 10 • 13 • 15 • 20 • 36 • 37	Her zaman olması gerektiği gibi, bu teknoloji için de tasarlarken seçenek oluşturulur.
06 • 09 • 11 • 14 • 16 • 17 • 19 • 21 • 22 • 23 • 24 • 27 • 29 • 30 • 32 • 34 • 35 • 38	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.

Çizelge 5.15: Uzmanların birinci turda 11. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

11. Soru: Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme <i>Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
03 • 07 • 09 • 14 • 20 • 21 • 23 • 24 • 34 • 36 • 37	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.
01 • 02 • 04 • 08 • 11 • 15 • 16 • 17 • 18 • 25 • 28 • 29 • 30 • 31 • 32 • 33 • 35 • 39	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.
12 • 13 • 19 • 38	Başlarda üreticilerin sunduğu standart detaylar kullanılır, ilerleyen zamanlarda projeye özgü detay geliştirilir.
06	Başlarda projeye özgü detay geliştirilir, ilerleyen zamanlarda üreticilerin optimize ettiği standart detaylar kullanılır.
05 • 10 • 22 • 26 • 27	Halihazırda geliştirilmiş olan detaylardan yola çıkılıp projeye özgü hale getirilir.

Çizelge 5.16: Uzmanların birinci turda 12. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

12. Soru: Tasarım sürecindeki yaratıcılık <i>3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?" a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
03 • 15	Her iki ölçekte de yaratıcılığı etkilemez.
04 • 05 • 06 • 07 • 08 • 10 • 12 • 14 • 16 • 17 • 21 • 22 • 23 • 25 • 26 • 29 • 30 • 31 • 33 • 35 • 36 • 39	Bütüncül mimari tasarım ölçeğinde yaratıcılığı artırır.
13 • 18	Bütüncül mimari tasarım ölçeğinde yaratıcılığı kısıtlar.
05 • 07 • 08 • 10 • 12 • 13 • 14 • 16 • 17 • 18 • 21 • 22 • 23 • 25 • 29 • 30 • 31 • 33 • 35 • 36 • 38 • 39	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı artırır.
04 • 06 • 26	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı kısıtlar.
24	Küçük ölçekli, tek yapılarda yaratıcılığı artırır. Büyük ölçekli, çoklu binalarda kısıtlar.
09 • 11 • 19 • 20 • 27 • 28 • 32 • 34 • 37	Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için her iki ölçekte de yaratıcılığı artırır.

Çizelge 5.17: Uzmanların birinci turda 13. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

13. Soru: Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü <i>Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
06 • 26	Detay tasarımcısının müdahalesi ortadan kalkar, aynı ürün ortaya çıkar.
04 • 05 • 07 • 08 • 14 • 15 • 16 • 19 • 31 • 32 • 35 • 36	Detay tasarımcısının rolü azalır ama farklı ürünler ortaya çıkar.
18	Başlarda aynı ürün ortaya çıkar ama teknoloji yaygınlaştıkça ürünler farklılaşır.
09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 17 • 20 • 21 • 22 • 23 • 25 • 27 • 28 • 30 • 33 • 34 • 37 • 39	Birbirinden farklı ürünler ortaya çıkmaya devam eder.
24 • 29	Eğer tasarımcı teknolojinin yönlendirmesine izin verirse aynı, izin vermezse farklı ürünler ortaya çıkar.

Çizelge 5.18: Uzmanların birinci turda 14. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

14. Soru: Katman sırasını belirleme <i>Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
07 • 14 • 19 • 37	Tasarımcının girdiği veriler doğrultusunda programlar öneri oluşturur, tasarımcı seçim yapar.
22 • 25 • 33 • 38	Hazır olarak oluşturulan ideal tipler arasından tasarımcı seçim yapar, kendi projesine uyarlar.
08 • 23 • 36	Başlarda tasarımcı, ilerleyen zamanlarda programlar karar verir.
01 • 02 • 03 • 04 • 05 • 06 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 15 • 16 • 17 • 18 • 20 • 21 • 24 • 26 • 27 • 28 • 29 • 30 • 31 • 32 • 34 • 35 • 39	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.

Çizelge 5.19: Uzmanların birinci turda 15. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

15. Soru: Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği <i>Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 • 02 • 03 • 04 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 15 • 17 • 18 • 20 • 21 • 22 • 23 • 24 • 25 • 26 • 27 • 28 • 29 • 30 • 31 • 32 • 33 • 37 • 38	Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturamaz.
34 • 35 • 36	Bitmişlik düzeyi yüksek olur ama yerinde küçük biçimlendirmeler yapılır.
19	Yerinde biçim verilmesi farklı kullanımlara imkân vermesi, kullanıcının müdahalesine açık olması açısından daha avantajlı olabilir (istekler ya da ihtiyaçlar değiştiğinde kaydırabilme, takılıp çıkarılabilme).
39	İşveren – tasarımcı – üretici üçgeninde tasarım ve üretim bağı güçlendikçe baskı sonucu son biçim olur.
05	Günümüz teknolojileriyle beraber kullanıldığında ön biçim + yerinde biçim gerekir.

Çizelge 5.20: Uzmanların birinci turda 16. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

16. Soru: Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>Doğrmanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
14 • 15 • 21 • 29	Başlarda günümüze yakın detaylar tasarlanacağı için ek parça kullanılır, teknoloji geliştikçe ortadan kalkar.
01 • 03 • 04 • 05 • 07 • 10 • 11 • 12 • 13 • 16 • 17 • 18 • 19 • 20 • 22 • 23 • 25 • 26 • 27 • 28 • 30 • 31 • 36 • 39	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.
02 • 06 • 09 • 24 • 32 • 33 • 34 • 35 • 38	Parçalı üretimlerde ek parça kullanımı devam eder.
08 • 15 • 17 • 21 • 24 • 32 • 33 • 34 • 35	Farklı malzeme geçişlerinde ek parça kullanımı devam eder.
23	Sonradan kullanıcının müdahalesine olanak sağlamak, sisteme esneklik katmak amacıyla yapı elemanını bölümlere ayırmak için ek parça kullanılır.
37	Duvar boşluklarında, hareketli elemanlarda, doğal malzemeler kullanıldığında kesiti ve sayısı azalsa da ek parça kullanımı devam eder.

Çizelge 5.21: Uzmanların birinci turda 17. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

17. Soru: Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme. <i>Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 • 03 • 04 • 05 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 15 • 16 • 17 • 18 • 19 • 20 • 21 • 22 • 24 • 25 • 26 • 27 • 28 • 29 • 30 • 31 • 32 • 34 • 35 • 36 • 37 • 39	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirirse de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.
23 • 33 • 38	İstenen malzemelerin sorunsuzca bir arada kullanımı bu teknolojinin en büyük avantajlarından biri olur.

Çizelge 5.22: Uzmanların birinci turda 18. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

18. Soru: Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği. <i>Teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, bir malzemeye birden fazla işlev yükleme</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
04 ▪ 05 ▪ 07 ▪ 08 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 11 ▪ 12 ▪ 14 ▪ 15 ▪ 16 ▪ 17 ▪ 18 ▪ 19 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 22 ▪ 24 ▪ 25 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 29 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 32 ▪ 33 ▪ 34 ▪ 36 ▪ 37 ▪ 38 ▪ 39	Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur, katmanlaşmada sadeleşmeyi ve karmaşık malzeme gelişimini teşvik eder.
06	Akıllı malzemeler, biyolojik malzemeler, hareketli parçalar gibi karmaşık malzemelerin baskı yönteminde kullanımları günümüze oranla daha sınırlı olur.
13 ▪ 23 ▪ 26 ▪ 34	Her performansı karşılayan tek bir malzemeye indirgemek tercih edilmez, bu sebeple malzemelerin karmaşıklığı günümüzdekiyle aynı olur.

Çizelge 5.23: Uzmanların birinci turda 19. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

19. Soru: Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi <i>Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
01 ▪ 02 ▪ 03 ▪ 04 ▪ 05 ▪ 06 ▪ 08 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 11 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 15 ▪ 16 ▪ 17 ▪ 18 ▪ 19 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 24 ▪ 25 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 29 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 32 ▪ 33 ▪ 35 ▪ 36 ▪ 37 ▪ 38 ▪ 39	Bütüncül bir tasarım anlayışı olduğu için sistemlerin ön tasarım sürecinden itibaren entegre edilmesi günümüze göre daha da önemli hale gelir.
07	Veriler girildikten sonra entegrasyon çözümünü program/yazıcı alternatifli şekilde kendi üretecektir, seçim kararını tasarımcı verir.
34	Daha sonra müdahalesinin, bakım-onarımının kolay olabilmesi için tüm sistemlerin ayrı tasarlanıp ayrı üretilmesi gerekir.

Çizelge 5.24: Uzmanların birinci turda 20. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

20. Soru: Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark <i>Ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar nasıl değişir?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
04 • 12 • 15 • 18 • 19 • 28 • 30 • 31 • 33 • 34 • 36	Tanımlamalar azalır, ölçüler isimler ortadan kalkar. Tasarım ürünü kendini tanıtır hale gelir.
05 • 06 • 23 • 29	Kullanılan programa başlangıçta bir "kütüphane" tanımlamak gerekir. "Havuz" oluşukça tanımlamalar azalır.
07 • 08 • 10 • 17 • 24	Üretim için gerek kalmaz ama sürecin diğer evrelerinde (kontrol, ruhsat...) tanım ve ölçü gerekir.
09 • 11 • 35 • 39	Modelin net bir şekilde tanımlanması; yazıcının anlayabilmesi ve doğru üretebilmesi açısından günümüz teknolojilerinden daha önemli hale gelir.
13 • 14 • 16 • 20 • 21 • 22 • 25 • 26 • 27 • 32 • 37 • 38	Farklı bir dil veya format ile tanımlama yapmak gerekir.

Çizelge 5.25: Uzmanların birinci turda 21. soruya verdikleri farklı cevaplar listesi.

21. Soru: Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim <i>Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim 'tek akıl' binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?</i>	
cevabı veren uzmanlar	cevaplar
04 • 05 • 06 • 22 • 25 • 27 • 32 • 33 • 34 • 36	Bütüncül bir tasarım süreci gerekeceği için verilerin aktarıldığı "tek akıl(yapay zeka)" a doğru yönelim oluşur. Ama tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünü korur.
07 • 09 • 10 • 11 • 16 • 21 • 23 • 24 • 28 • 35	Farklı disiplinler varlığını korur, aralarında güçlü bir iletişim dili kurulur.
08 • 12 • 31 • 36	Teknolojinin ilk zamanlarında programlara tanımlama yapmak, geliştirmek ve kontrolünü sağlamak için farklı disiplinlerin varlığını sürdürmesi gerekir.
13 • 14 • 15 • 19 • 29 • 37	Farklı disiplinler varlığını korur, ek disiplinler gelişebilir ama hepsini yöneten bir "akıl/yönetici/mimar" olacaktır.
17 • 18 • 20 • 30 • 38 • 39	Disiplinler birleşerek azalabilir ama bire inmez.
26	Var olan disiplinler devam eder çünkü bu teknoloji kullanıldığında eş zamanlı olarak günümüz teknolojisindeki bina üretimi de varlığını koruyacaktır.

2.2.4. bölümde açıklandığı üzere eğer Delfi çalışmasının birinci turunda verilen cevaplar %51 ile %100 arasındaki bir değerde ortak görüşe ulaşırsa, bu soru ilerleyen turlarda tekrar uzmanların görüşüne sunulmayabilir. Bu sebeple bu çalışma için %80 olarak belirlenen konsensüs değerine ilk turda ulaşan 6 tasarım alt süreci ve soru ikinci tura aktarılmamıştır. Konsensüse ulaşılan cevaplar aşağıda sıralanmıştır:

- 6. Tasarım alt süreci: İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma

Uzmanların %90'ı “İklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak göz önünde bulundurulmaya devam eder.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

- 8. Tasarım alt süreci: Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları

Uzmanların %84'ü “Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

- 15. Tasarım alt süreci: Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği

Uzmanların %84'ü “Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturamaz.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

- 17. Tasarım alt süreci: Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme.

Uzmanların %92'si “Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

- 18. Tasarım alt süreci: Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği.

Uzmanların %86'sı “Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur, katmanlaşmada sadeleşmeyi ve karmaşık malzeme gelişimini teşvik eder.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

- 19. Tasarım alt süreci: Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi

Uzmanların %95'i “Bütüncül bir tasarım anlayışı olduğu için sistemlerin ön tasarım sürecinden itibaren entegre edilmesi günümüze göre daha da önemli hale gelir.” cevabı üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.

5.3.6 Delfi çalışması ikinci tur cevapları ve analizi

İlk turda ortak görüşe ulaşılan 6 soru haricinde kalan 15 soru ikinci turda uzmanlara tekrar sunulmuştur. Bu sunuş, ilk turda verilen cevapları ve cevapların kaç uzman tarafından verildiğinin yüzdelik değerini de içermektedir. Burada, 2.2.4. bölümde açıklandığı gibi, aykırı görüşler elendiğinde geniş fikir skalası bozulmadan ortak fikirlere daha kolay ulaşılabildiği için, tek bir uzman tarafından verilen cevaplar hariç tutularak en fazla sayıda uzmanın verdiği ilk beş cevap ikinci turda uzmanların oylamasına sunulmuştur. Uzmanlardan, ilk turda verilen bu cevaplar arasından birini seçmesi istenmiş ve böylece diğer uzmanların görüşlerini öğrenerek kendi cevaplarını bir kez daha değerlendirme imkanı bulmuşlardır.

İkinci tur soruları, yukarıda açıklanan birinci tur cevap raporuyla beraber -istekleri doğrultusunda - 29 uzmana e-posta yoluyla ve 10 uzmana elden olmak üzere, ilk tura katılan tüm uzmanlara iletilmiştir. Uzmanlara iletilen ikinci tur soru dokümanı Ek I'da verilmiştir. İlk tura katılanlardan 1 kişi ikinci tura katılmak istemediğini belirterek soruları cevaplandırmamıştır. Bu turda araştırmacı, uzmanların cevaplandırma sürecine dahil olmamıştır.

İkinci tur tamamlandıktan sonra uzmanlar tarafından seçilen cevaplar Çizelge 5.26 – Çizelge 5.40'ta sıralanmıştır.

Çizelge 5.26: İkinci turda 1. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

1. Soru: Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım) <i>Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
18 • 24	Günümüzdeki kriterler aynı şekilde varlığını sürdürür.
05 • 10 • 13 • 15 • 20 • 22 • 32 • 34 • 37 • 38	Günümüzdeki kriterler azalıp, şekil değiştirse de göz önünde bulundurulmaya devam eder.
01 • 02 • 03 • 04 • 06 • 07 • 08 • 09 • 11 • 12 • 14 • 16 • 17 • 19 • 21 • 23 • 25 • 26 • 27 • 28 • 30 • 31 • 33 • 35 • 36 • 39	Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre yeni kriterler eklenir.
03 • 05 • 11 • 15 • 18 • 22 • 24 • 25 • 28 • 31 • 32 • 37	Günümüzde olduğu gibi 3B baskı teknolojisinde de ön üretimli yapımda kalite daha kolay kontrol edilir.
01 • 02 • 04 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 12 • 13 • 14 • 16 • 17 • 19 • 20 • 21 • 23 • 26 • 27 • 30 • 33 • 34 • 35 • 36 • 38 • 39	3B baskı teknolojisinde kalite kontrolü üretim yerine göre az farklılık gösterir.
04 • 07 • 12 • 14 • 16 • 19 • 21 • 24 • 25 • 27 • 30 • 35 • 39	Yerinde (gerekirse atölye kurulup) yapım bu teknoloji için daha avantajlı olacaktır.
01 • 02 • 05 • 06 • 08 • 09 • 10 • 13 • 15 • 17 • 18 • 20 • 22 • 23 • 26 • 28 • 31 • 32 • 33 • 34 • 36 • 37 • 38	Büyük ölçekli seri üretim ürünlerin fabrikada üretimi, küçük ve özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilir.
03 • 11	Çevresel şartlar düşünüldüğünde fabrikada üretim seçeneği daha avantajlı olacaktır.

Çizelge 5.27: İkinci turda 2. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

2. Soru: 'Yapılabilirlik' bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması <i>İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
•	Tanımlamalar günümüzdeki gibi devam eder.
07 • 09 • 11 • 13 • 15 • 17 • 18 • 26 • 28 • 30 • 32 • 35 • 36 • 37 • 38	Aşamalar daha az olduğu için daha az tanımlanır ve tanımların şekli değişir.
01 • 02 • 19 • 22 • 23 • 24	Taşıyıcılık açısından önce hangi kısımların basılacağı, baskı yönü, malzeme geçişleri tanımlanmalıdır.
•	Tek seferde, tek yazıcıyla basılarak üretilen birim haricinde tanımlamalar devam eder.
03 • 04 • 05 • 06 • 08 • 10 • 12 • 14 • 16 • 20 • 21 • 25 • 27 • 31 • 33 • 34 • 39	İlk zamanlarda gerekir, ilerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça daha az tanımlanır.

Çizelge 5.28: İkinci turda 3. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

3. Soru: Yapım süreci bağlamında boyutsal standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma <i>Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
07 • 08 • 10 • 12 • 18 • 23 • 25 • 26 • 32 • 36 • 38	Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz.
02 • 03 • 14 • 19 • 31 • 39	Yazıcı boyutları standart oluşturur.
06	Teknolojinin başlangıç evrelerinde bir standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
•	Ön üretimli parçalar kullanılıyorsa standartlaşma gerekir.
01 • 04 • 05 • 09 • 11 • 13 • 15 • 16 • 17 • 20 • 21 • 22 • 24 • 27 • 28 • 30 • 33 • 34 • 35 • 37	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.

Çizelge 5.29: İkinci turda 4. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

4. Soru: Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması <i>Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 14 • 15 • 19 • 24 • 25 • 26 • 27 • 32 • 35 • 37 • 38 • 39	Yapım aşamalarını düşünerek tasarım yapmak ve birleşimleri tanımlamak gerekir.
01 • 02 • 03 • 04 • 05 • 06 • 13 • 16 • 18 • 20 • 21 • 22 • 23 • 30 • 31 • 34 • 36	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.
33	Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında birleşimleri tanımlamak gerekir.
28	Daha sonra müdahale edilebilmesi ya da hareketlere olanak sağlaması (örn: ısı genleşme) için birleşim sırası ve yönünü tanımlamak gerekir.
17	Tanımlamak gerekmez, yazıcı/üretici ideal sırayı kendi belirler.

Çizelge 5.30: İkinci turda 5. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

5. Soru: Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi <i>Günümüzde göz önünde bulundurulacak saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
24	Hayır, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşmez.
01 • 02 • 04 • 05 • 06 • 07 • 08 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 15 • 18 • 19 • 20 • 21 • 22 • 23 • 26 • 27 • 28 • 31 • 32 • 34 • 35 • 36 • 38 • 39	"Yazıcı yapılabilirliği" önemli hale gelir ama "sahada yapılabilirlik" kriterleri az da olsa varlığını sürdürür.
03 • 30 • 37	Yerinde basıldığında "sahada yapılabilirlik" kriterleri varlığını sürdürür.
33	Küçük boyutlu üretimler için “yazıcı yapılabilirliği”ne dönüşür.
16 • 17 • 25	Evet, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşür.

Çizelge 5.31: İkinci turda 7. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

7. Soru: Süreç tasarımı <i>Sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
03 • 04 • 05 • 09 • 12 • 13 • 14 • 17 • 18 • 20 • 21 • 22 • 23 • 25 • 26 • 28 • 30 • 31 • 32 • 33 • 34 • 36	Girdiler azalacağı için süreç kısalmaz ama bir süreç tasarımına ihtiyaç olur.
•	Bir yazıcının durmadan başlayıp bitireceği üretimler haricinde süreç tasarımına ihtiyaç olur.
06 • 07 • 10 • 15 • 16 • 24 • 27 • 35 • 37 • 38	Süreç tasarımı günümüzdeki önemini korur.
01 • 02 • 08 • 11 • 19 • 39	Yazıcının etkin kullanımı ve bütüncül bir üretim yaklaşımı olacağı için süreç tasarımı daha önemli hale gelir.

Çizelge 5.32: İkinci turda 9. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

9. Soru: Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları <i>Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
08 • 09 • 11 • 13 • 15 • 17 • 25 • 34 • 39	Eskiz çizimi azalır, dijital tasarıma tamamen adapte olmuş bir jenerasyonda ortadan kalkar.
01 • 02 • 03 • 04 • 05 • 06 • 07 • 10 • 12 • 14 • 16 • 18 • 19 • 20 • 21 • 22 • 23 • 24 • 26 • 27 • 28 • 30 • 31 • 32 • 33 • 35 • 36 • 37 • 38	Eskiz çizimi günümüzdeki gibi kullanılmaya devam eder.
04 • 05 • 07 • 10 • 12 • 14 • 19 • 21 • 23 • 24 • 27 • 30	Maket günümüzdeki sıklıkta kullanılmaya devam eder.
03 • 11 • 13 • 15 • 16 • 18 • 20 • 25 • 26 • 28 • 31 • 32 • 33 • 34 • 35 • 36 • 38	Baskı teknolojisiyle maket yapımı kolaylaşacağı için günümüzdekinden daha çok kullanılır.
01 • 02 • 06 • 08 • 09 • 17 • 39	Maket yerini prototipe bırakır.
22 • 37	Maket temsil aracı olarak varlığını sürdürür.
•	Maket ortadan kalkar.

Çizelge 5.33: İkinci turda 10. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

10. Soru: Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme <i>Genelde günümüzde önce seçenekler üretip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisini tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
•	Seçenek üretmeye gerek kalmaz, tek seçenek geliştirerek tasarlanır.
01 • 05 • 16 • 17 • 20 • 23 • 25 • 27 • 31 • 33 • 34 • 39	Seçenek üretmek baskı teknolojisi ile daha kolay olacağı için seçenek oluşturarak tasarlamaya yönlendirir.
02 • 03 • 08 • 15 • 28 • 36	Her zaman olması gerektiği gibi, bu teknoloji için de tasarlarken seçenek oluşturulur.
04 • 06 • 07 • 09 • 10 • 11 • 12 • 13 • 14 • 18 • 19 • 21 • 22 • 24 • 26 • 30 • 32 • 35 • 37 • 38	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.

Çizelge 5.34: İkinci turda 11. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

11. Soru: Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme	
<i>Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
15 ▪ 22 ▪ 38	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.
01 ▪ 04 ▪ 05 ▪ 07 ▪ 08 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 11 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 16 ▪ 17 ▪ 18 ▪ 19 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 23 ▪ 25 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 32 ▪ 33 ▪ 34 ▪ 35 ▪ 37 ▪ 39	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.
02 ▪ 24 ▪ 36	Başlarda üreticilerin sunduğu standart detaylar kullanılır, ilerleyen zamanlarda projeye özgü detay geliştirilir.
03 ▪ 06	Halihazırda geliştirilmiş olan detaylardan yola çıkılıp projeye özgü hale getirilir.

Çizelge 5.35: İkinci turda 12. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

12. Soru: Tasarım sürecindeki yaratıcılık	
<i>3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?" a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
02 ▪ 03	Her iki ölçekte de yaratıcılığı etkilemez.
14 ▪ 25 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 36	Bütüncül mimari tasarım ölçeğinde yaratıcılığı artırır.
01 ▪ 04 ▪ 07 ▪ 08 ▪ 10 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 16 ▪ 18 ▪ 23 ▪ 34 ▪ 35	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı artırır.
17 ▪ 33	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı kısıtlar.
05 ▪ 06 ▪ 09 ▪ 11 ▪ 15 ▪ 19 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 22 ▪ 24 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 37 ▪ 38 ▪ 39	Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için her iki ölçekte de yaratıcılığı artırır.

Çizelge 5.36: İkinci turda 13. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

13. Soru: Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/ özgünlüğü <i>Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
▪	Detay tasarımcısının müdahalesi ortadan kalkar, aynı ürün ortaya çıkar.
03 ▪ 06 ▪ 16 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 36 ▪ 38	Detay tasarımcısının rolü azalır ama farklı ürünler ortaya çıkar.
01 ▪ 02 ▪ 04 ▪ 05 ▪ 07 ▪ 08 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 11 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 17 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 24 ▪ 30 ▪ 25 ▪ 31 ▪ 33 ▪ 34 ▪ 35 ▪ 37 ▪ 39	Birbirinden farklı ürünler ortaya çıkmaya devam eder.
15 ▪ 18 ▪ 19	Eğer tasarımcı teknolojinin yönlendirmesine izin verirse aynı, izin vermezse farklı ürünler ortaya çıkar.

Çizelge 5.37: İkinci turda 14. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

14. Soru: Katman sırasını belirleme <i>Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
08 ▪ 15 ▪ 17 ▪ 19 ▪ 21 ▪ 28 ▪ 36	Tasarımcının girdiği veriler doğrultusunda programlar öneri oluşturur, tasarımcı seçim yapar.
03 ▪ 33	Hazır olarak oluşturulan ideal tipler arasından tasarımcı seçim yapar, kendi projesine uyarlar.
25	Başlarda tasarımcı, ilerleyen zamanlarda programlar karar verir.
01 ▪ 02 ▪ 04 ▪ 05 ▪ 06 ▪ 07 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 11 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 16 ▪ 18 ▪ 20 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 24 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 34 ▪ 35 ▪ 37 ▪ 38 ▪ 39	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.

Çizelge 5.38: İkinci turda 16. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

16. Soru: Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>Doğrmanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb..</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
05 ▪ 08 ▪ 14 ▪ 17	Başlarda günümüze yakın detaylar tasarlanacağı için ek parça kullanılır, teknoloji geliştikçe ortadan kalkar.
01 ▪ 03 ▪ 07 ▪ 09 ▪ 10 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 15 ▪ 16 ▪ 19 ▪ 20 ▪ 24 ▪ 25 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 28 ▪ 31 ▪ 35 ▪ 36 ▪ 38 ▪ 39	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.
02 ▪ 04 ▪ 11 ▪ 16 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 30 ▪ 34 ▪ 37	Parçalı üretimlerde ek parça kullanımı devam eder.
06 ▪ 18 ▪ 33	Farklı malzeme geçişlerinde ek parça kullanımı devam eder.

Çizelge 5.39: İkinci turda 20. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

20. Soru: Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark <i>Ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar nasıl değişir?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
09 ▪ 18 ▪ 19 ▪ 25 ▪ 28 ▪ 30 ▪ 35 ▪ 36	Tanımlamalar azalır, ölçüler isimler ortadan kalkar. Tasarım ürünü kendini tanıtır hale gelir.
05 ▪ 31 ▪ 33	Kullanılan programa başlangıçta bir "kütüphane" tanımlamak gerekir. "Havuz" oluştuğça tanımlamalar azalır.
17	Üretim için gerek kalmaz ama sürecin diğer evrelerinde (kontrol, ruhsat...) tanım ve ölçü gerekir.
01 ▪ 11	Modelin net bir şekilde tanımlanması; yazıcının anlayabilmesi ve doğru üretebilmesi açısından günümüz teknolojilerinden daha önemli hale gelir.
02 ▪ 03 ▪ 04 ▪ 06 ▪ 07 ▪ 08 ▪ 10 ▪ 12 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 15 ▪ 16 ▪ 20 ▪ 21 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 24 ▪ 26 ▪ 27 ▪ 32 ▪ 34 ▪ 37 ▪ 38 ▪ 39	Farklı bir dil veya format ile tanımlama yapmak gerekir.

Çizelge 5.40: İkinci turda 21. soru için uzmanların seçtikleri cevaplar.

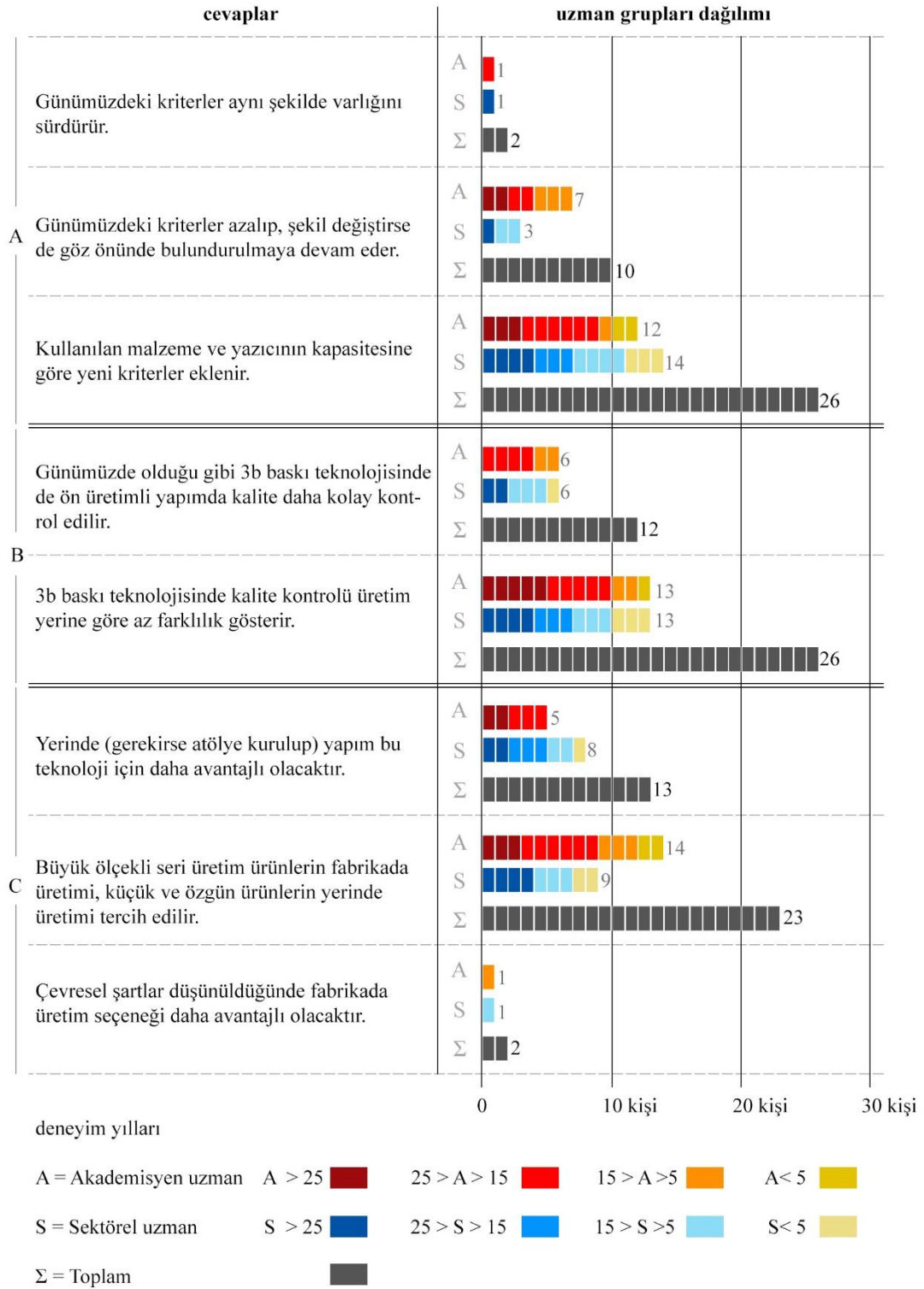
21. Soru: Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim <i>Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim 'tek akıl' binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?</i>	
cevabı seçen uzmanlar	cevaplar
01 ▪ 03 ▪ 04 ▪ 07 ▪ 09 ▪ 13 ▪ 14 ▪ 16 ▪ 17 ▪ 20 ▪ 25 ▪ 26 ▪ 35 ▪ 36 ▪ 38 ▪ 39	Bütüncül bir tasarım süreci gerekeceği için verilerin aktarıldığı “tek akıl(yapay zeka)” a doğru yönelim oluşur. Ama tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünü korur.
11 ▪ 18 ▪ 21 ▪ 24 ▪ 27 ▪ 32	Farklı disiplinler varlığını korur, aralarında güçlü bir iletişim dili kurulur.
08 ▪ 12	Teknolojinin ilk zamanlarında programlara tanımlama yapmak, geliştirmek ve kontrolünü sağlamak için farklı disiplinlerin varlığını sürdürmesi gerekir.
02 ▪ 05 ▪ 06 ▪ 10 ▪ 15 ▪ 19 ▪ 22 ▪ 23 ▪ 28 ▪ 30 ▪ 31 ▪ 33 ▪ 34 ▪ 37	Farklı disiplinler varlığını korur, ek disiplinler gelişebilir ama hepsini yöneten bir "akıl/yönetici/mimar" olacaktır.
▪	Disiplinler birleşerek azalabilir ama bire inmez.

5.4 Delfi Çalışmasının Sonucu ve Değerlendirilmesi

Delfi öngörü çalışması, 2.2.4. bölümde açıklandığı gibi, yeterli bilginin ortaya çıkarıldığı düşünülerek ve mutlak tek bir karar üzerinde uzlaşma gerekemediğinden 2. turla beraber sonlandırılmıştır. Verilen cevaplar, uzmanların hem akademisyen ve sektörel kategorileri hem de deneyim yılları göz önünde bulundurularak analiz edilmiştir. Daha sonra bu cevapların kaç uzman tarafından seçildiği, seçen uzmanın akademisyen mi sektörel mi olduğu ve hangi deneyim yılı aralığında bulunduğu, Şekil 5.4 – Şekil 5.18’de görülen grafikler aracılığıyla aktarılmıştır. Uzman grupları arasında yönelim farklılıkları ilgili grafiğin altında yorumlanmıştır.

1. Soru: Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım)

“Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?”

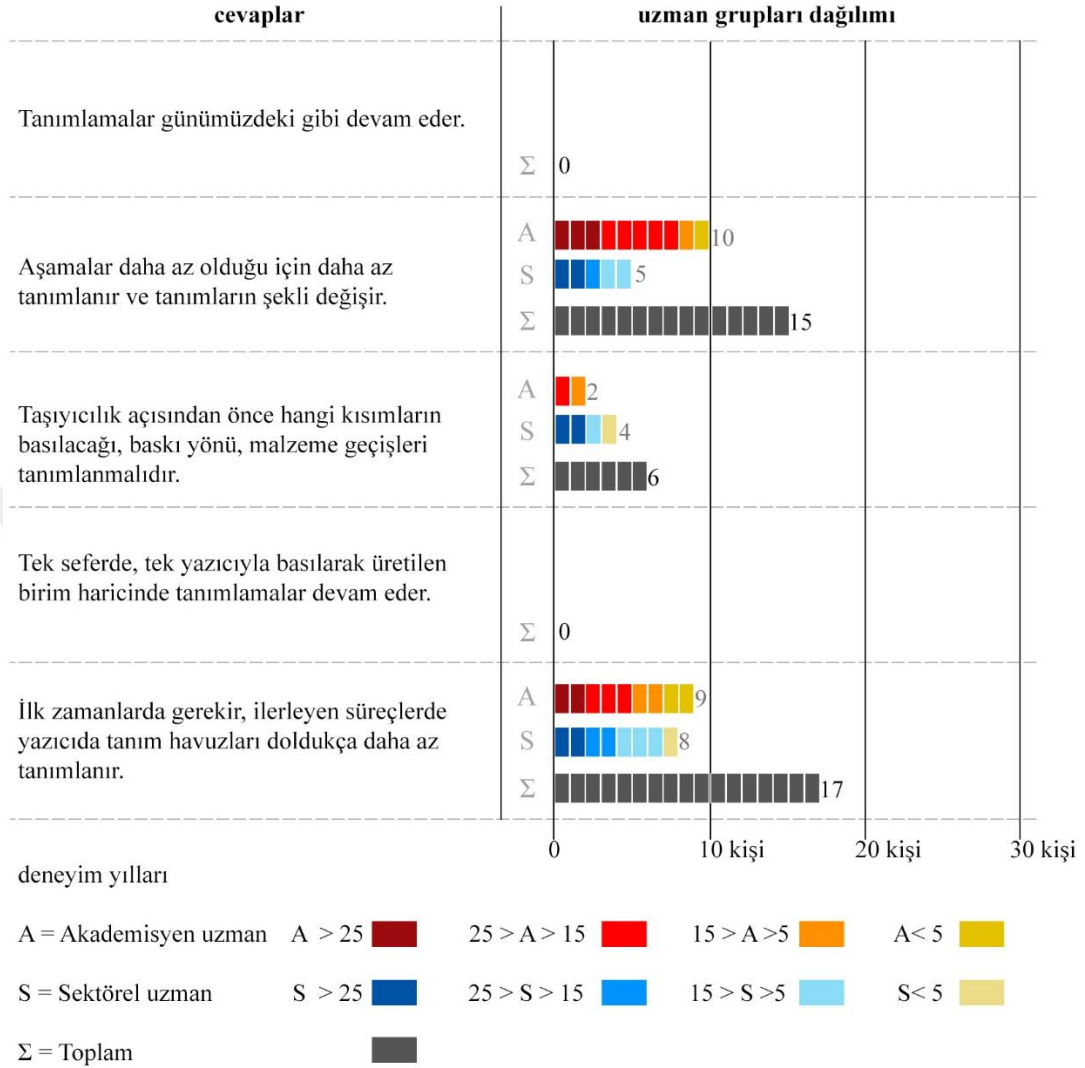


Şekil 5.4: İkinci turda, 1. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

Üç alt bölümü olan 1. soruda uzmanlar A, B ve C bölümlerinden birer cevap seçmişlerdir. Buna göre:

- A bölümünde, uzmanların %68'i, 3B baskı ile üretimde yapım yöntemine karar verirken kullanılan malzeme ve yazıcı kapasitesinin önemli bir kriter olduğunu düşünmektedir. % 5 ile en az tercih edilen cevap olan günümüzdeki kriterlerin 3B baskı ile üretimde de aynı şekilde devam edeceği hipotezi uzmanlar tarafından tercih edilmemiştir.
 - Akademisyen ve sektörel uzmanlar arasında dengeli bir dağılım bulunmaktadır.
 - Deneyim yılı azaldıkça yeni kriter ekleneceği düşüncesi artmaktadır.
- B bölümünde, %68 ile uzmanların büyük çoğunluğu 3B baskı ile üretimde yapım yöntemine karar verirken günümüzde göz önünde bulundurulan kalite kontrol kolaylığının öneminin azalacağını düşünmektedir.
 - Uzman grupları arasında deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.
- C bölümünde, uzmanların %60'ı yapım yerinin 3B baskı ile üretilen yapının ölçeğine göre değişeceğini düşünmektedir.
 - Uzman grupları arasında deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

2. Soru: 'Yapılabilirlik' bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması
 “İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?”



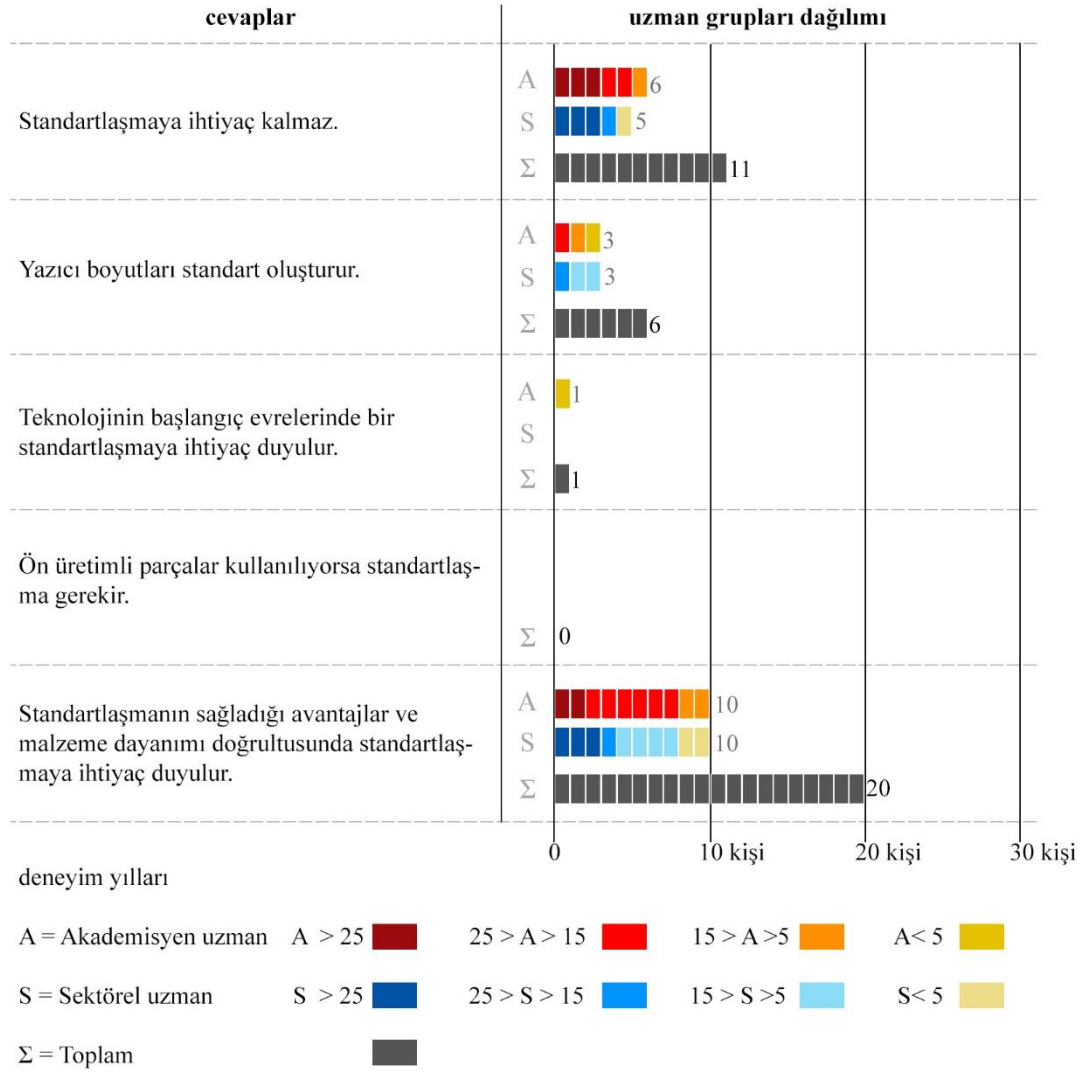
Şekil 5.5: İkinci turda, 2. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

2. soruya verilen cevaplara göre:

- Cevapların büyük çoğunluğu iki seçenek üzerinde yoğunlaşmaktadır. Uzmanların %44'ü birden fazla yazıcıyla farklı süreçlerde basılan üretimlerde yapım aşamalarının tanımlanmasına devam edeceğini savunurken, %40'ı tüm baskı seçenekleri için, günümüze oranla daha az ve farklı bir biçimde yapım aşamalarının tanımlanmasına devam edileceğini savunmaktadır.
- Uzman grupları arasında, iki cevap için de deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

3. Soru: Yapım süreci bağlamında boyutsal standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma

“Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”



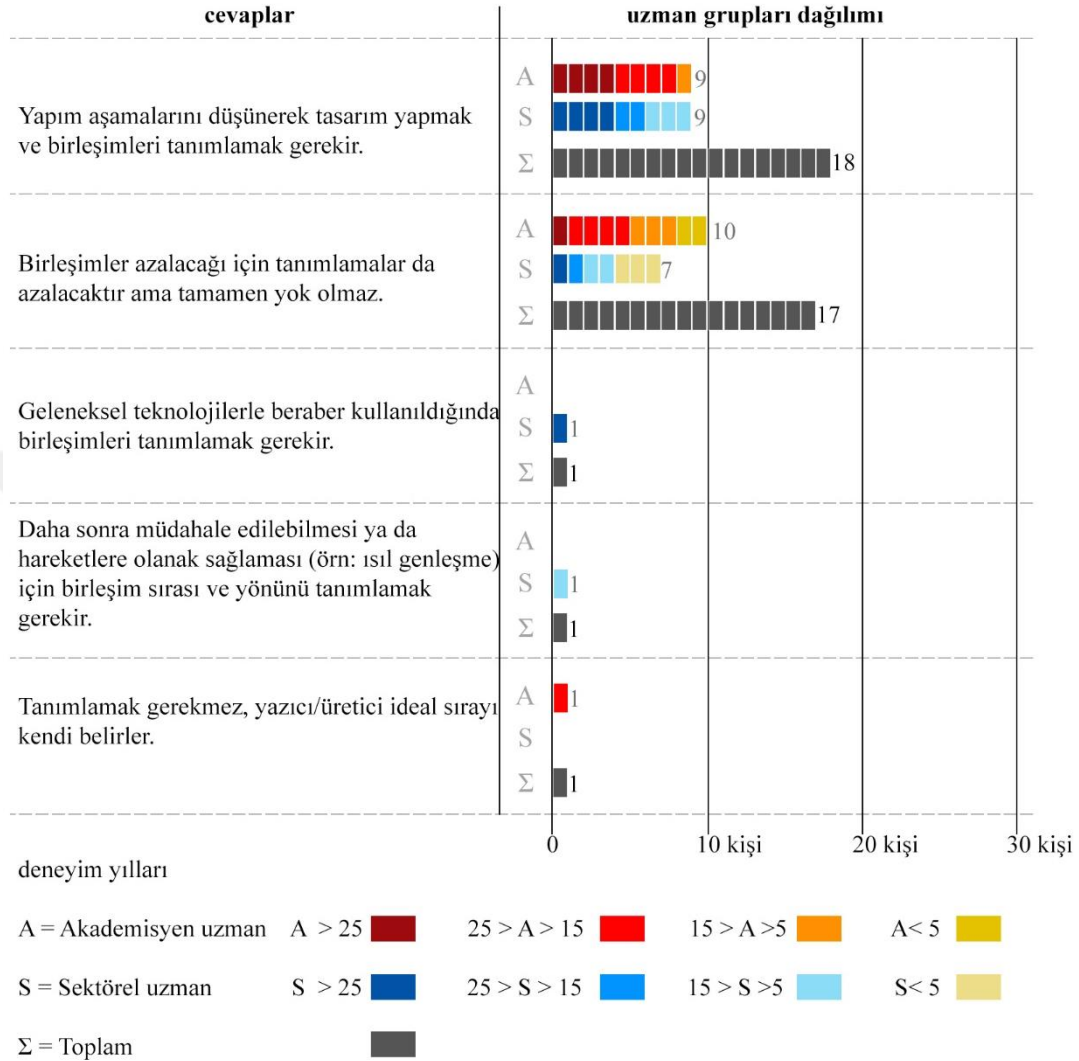
Şekil 5.6: İkinci turda, 3. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

3. soruya verilen cevaplara göre:

- En fazla tercih edilen cevap, %53 ile 3B baskı ile üretimde de standartlaşmaya ihtiyaç duyulacağı öngörüsü olmuştur. Onu %29 ile standartlaşmaya ihtiyaç duyulmayacağı seçeneği ve % 16 ile yalnızca yazıcı boyutlarının bir standart oluşturacağı seçeneği takip etmektedir.
- Cevaplar arasında, uzman grupları olarak deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

4. Soru: Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması

“Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?”



Şekil 5.7: İkinci turda, 4. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

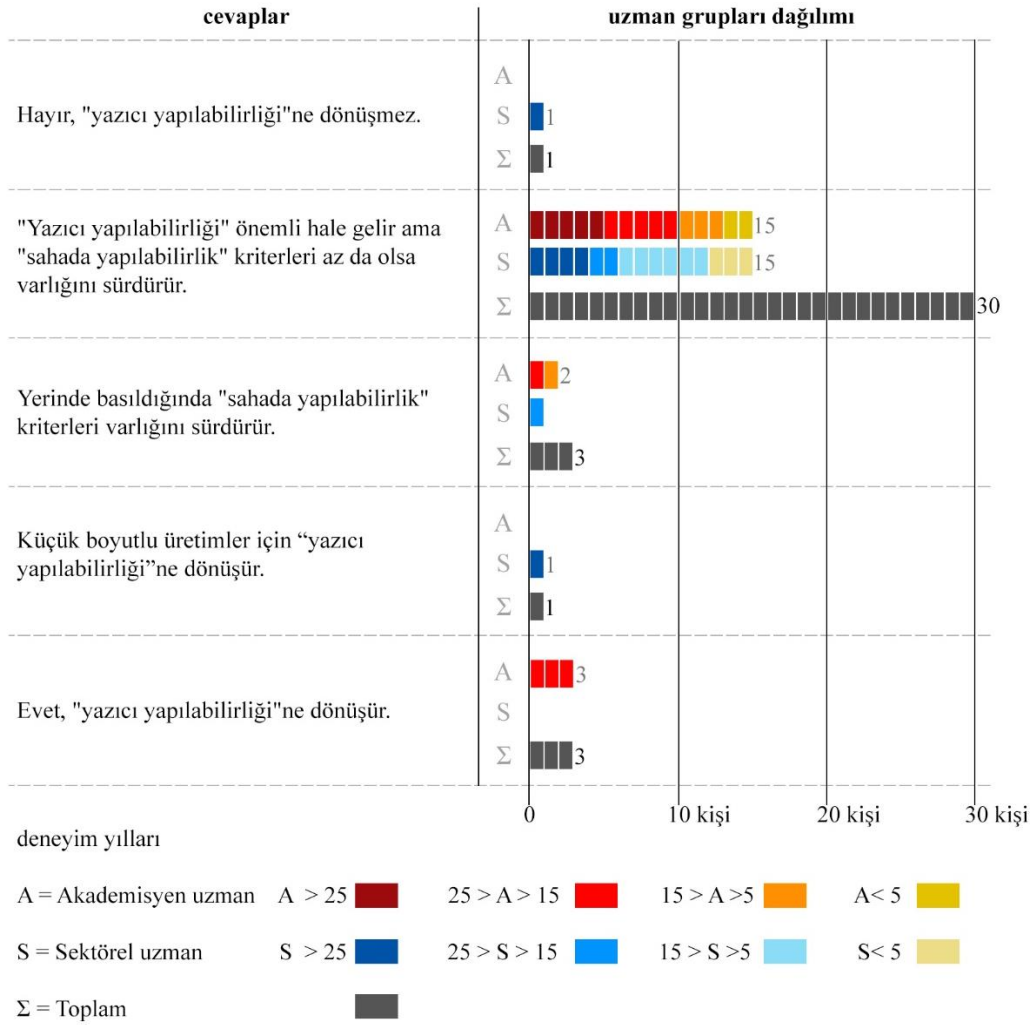
4. soruya verilen cevaplara göre:

- Bu soruda 2 cevap üzerine yoğunlaşılmıştır, %45'i birleştirilen parçaların tanımlanmasının azalacağını, %47'si ise tanımlamaların günümüzdeki gibi devam edeceğini savunmaktadır.
- Uzman grupları arasında deneyim yılları açısından bir farklılaşma oluşmuştur:
 - 15 yıl ve üzeri deneyim yılına sahip uzmanların %63'ü birleşimlerin tanımlanmasının günümüzdeki gibi devam edeceğini savunurken, %29'u birleşimlerle beraber tanımların da azalacağını düşünmektedir.

- Bununla birlikte 15 yıldan az deneyime sahip olan uzmanların %21'i birleşimlerin tanımlanmasının günümüzdeki gibi devam edeceğini savunurken, %71'i birleşimlerle beraber tanımların da azalacağını düşünmektedir.
- Uzman grupları arasında, çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

5. Soru: Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi

“Günümüzde göz önünde bulundurulan saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?”



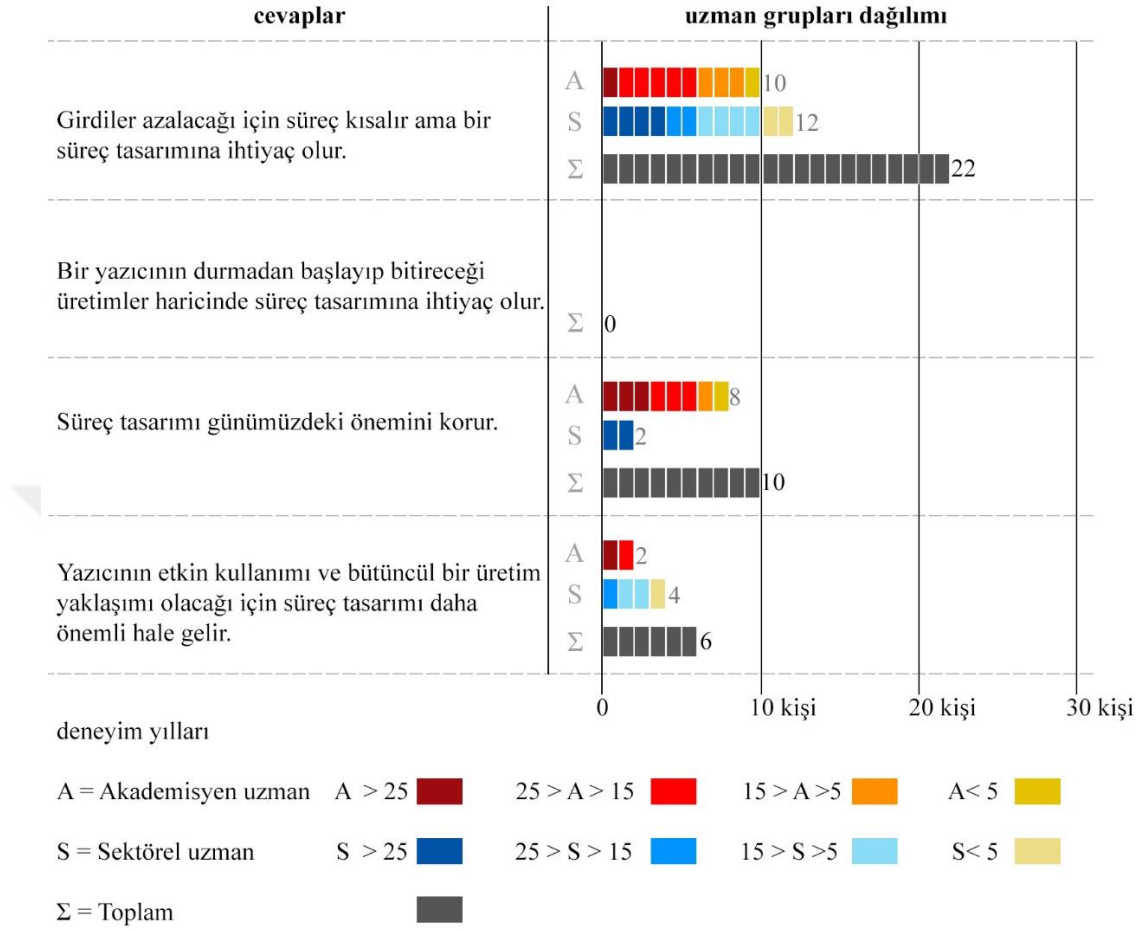
Şekil 5.8: İkinci turda, 5. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı

5. soruya verilen cevaplara göre:

- Uzmanların %79'u 3B baskı ile üretimde 3B yazıcı yapılabilirliğinin önemli olacağı fakat günümüzde kullanılan sahada yapılabilirlik kriterlerinin de varlığını sürdüreceğini düşünmektedir.

7. Soru: Süreç tasarımı

“Sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi”



Şekil 5.9: İkinci turda, 7. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

7. soruya verilen cevaplara göre:

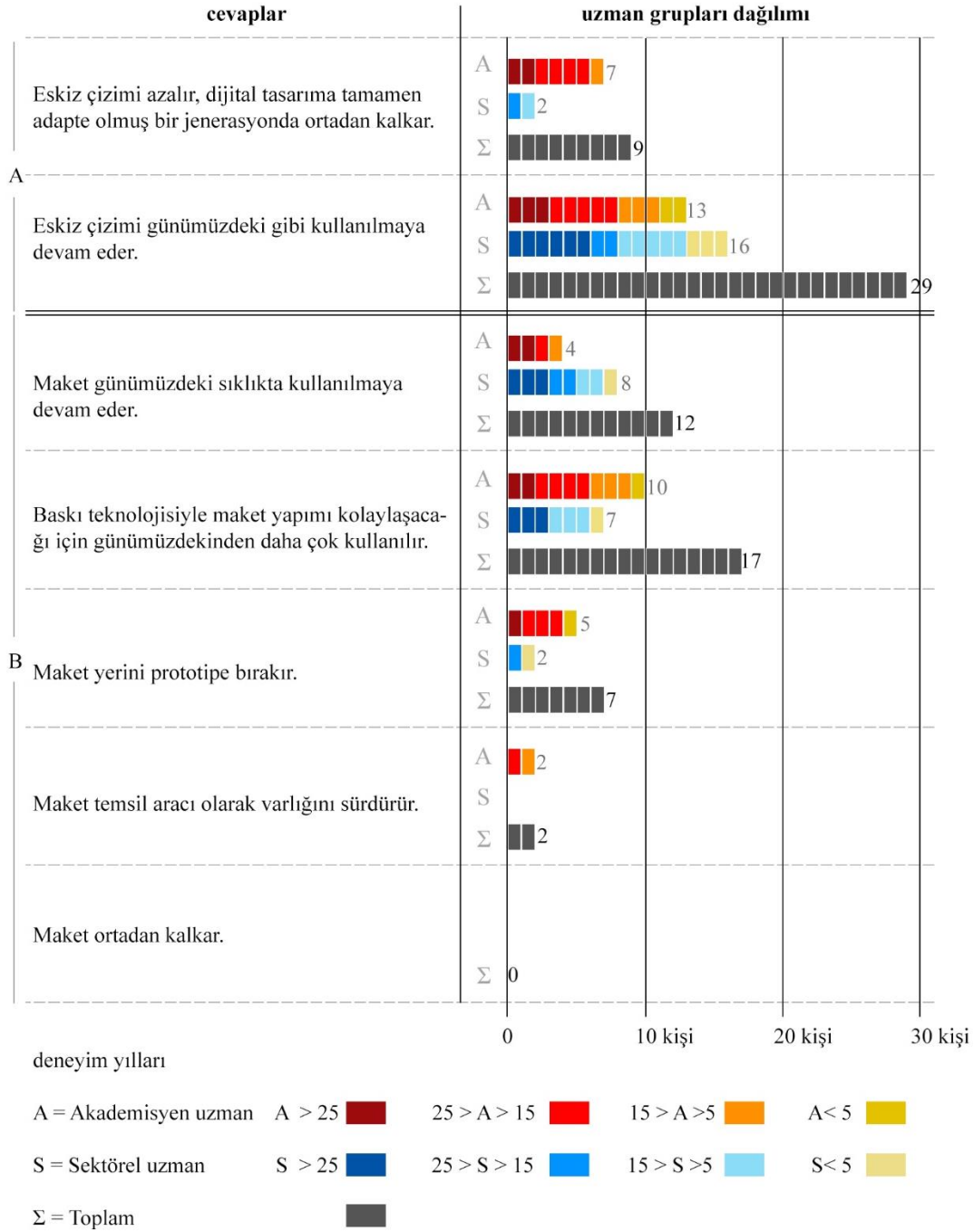
- En fazla tercih edilen cevap, %45 ile 3B baskı ile süreç kısalsa dahi süreç tasarımına ihtiyaç duyulacağı öngörüsü olmuştur. Onu %26 ile süreç tasarımının günümüzdeki ile eş önemde olacağı seçeneği ve %16 ile günümüzdekinden daha önemli hale geleceği seçeneği takip etmektedir.
- Uzman grupları arasında deneyim yılları açısından bir farklılaşma oluşmuştur:
 - 15 yıl ve üzeri deneyim yılına sahip uzmanların %50'si 3B baskı ile süreç kısalsa dahi süreç tasarımına ihtiyaç duyulacağını savunurken, %33'ü birleşimlerin tanımlanmasının günümüzdeki gibi devam edeceğini düşünmektedir.
 - Bununla birlikte 15 yıldan az deneyime sahip olan uzmanların %71'i 3B baskı ile süreç kısalsa dahi süreç tasarımına ihtiyaç duyulacağını

savunurken, %14'ü birleşimlerin tanımlanmasının günümüzdeki gibi devam edeceğini düşünmektedir.

- Uzman grupları arasında, çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

9. Soru: Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları

“Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?”



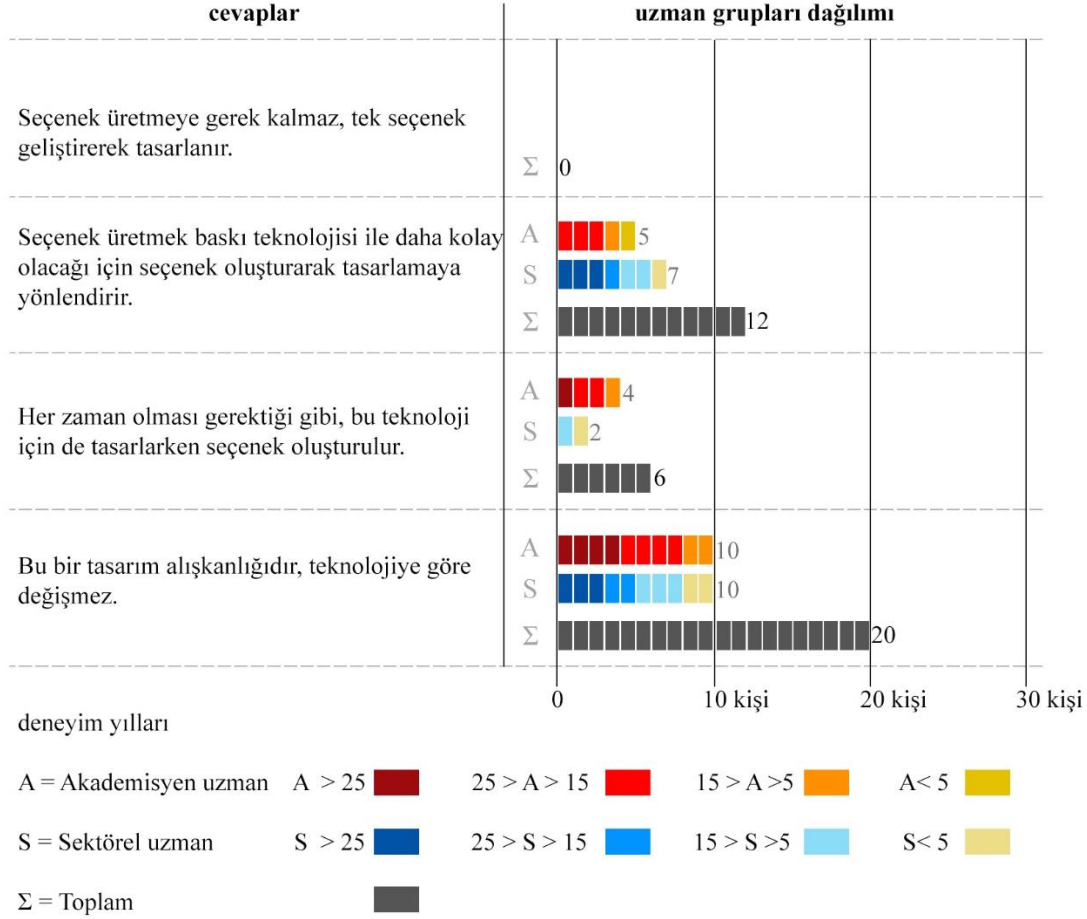
Şekil 5.10: İkinci turda, 9. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

İki alt bölümü olan 9. soruda uzmanlar A ve B bölümlerinden birer cevap seçmişlerdir. Buna göre:

- A bölümünde, uzmanların %76'sı, 3B baskı ile üretimde tasarım sürecinde eskiz çiziminin günümüzdeki gibi kullanılmaya devam edeceğini düşünürken, % 24'ü ise eskiz çiziminin azalacağını ve zamanla ortadan kalkacağını düşünmektedir.
 - Uzman grupları arasında, çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.
 - Uzman grupları arasında deneyim yılları açısından bir farklılaşma oluşmuştur:
 - 15 yıl ve üzeri deneyim yılına sahip uzmanların %67'si eskiz çiziminin günümüzdeki gibi kullanımına devam edileceğini savunurken, %33'ü eskiz çiziminin azalacağını ve zamanla ortadan kalkacağını düşünmektedir.
 - Bununla birlikte 15 yıldan az deneyime sahip olan uzmanların %7'si eskiz çiziminin günümüzdeki gibi kullanımına devam edileceğini savunurken, %93'ü eskiz çiziminin azalacağını ve zamanla ortadan kalkacağını düşünmektedir.
- B bölümünde, %45 ile uzmanların büyük çoğunluğu 3B baskı ile maket yapımı kolaylaşacağı için maketin tasarım aracı olarak günümüzdekinden daha çok kullanılacağı öngörüsünde bulunurken, %32'si günümüz sıklığında kullanılmaya devam edeceğini düşünmektedir.
 - Uzman grupları arasında deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

10. Soru: Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme

“Genelde günümüzde önce seçenekler üretip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?”



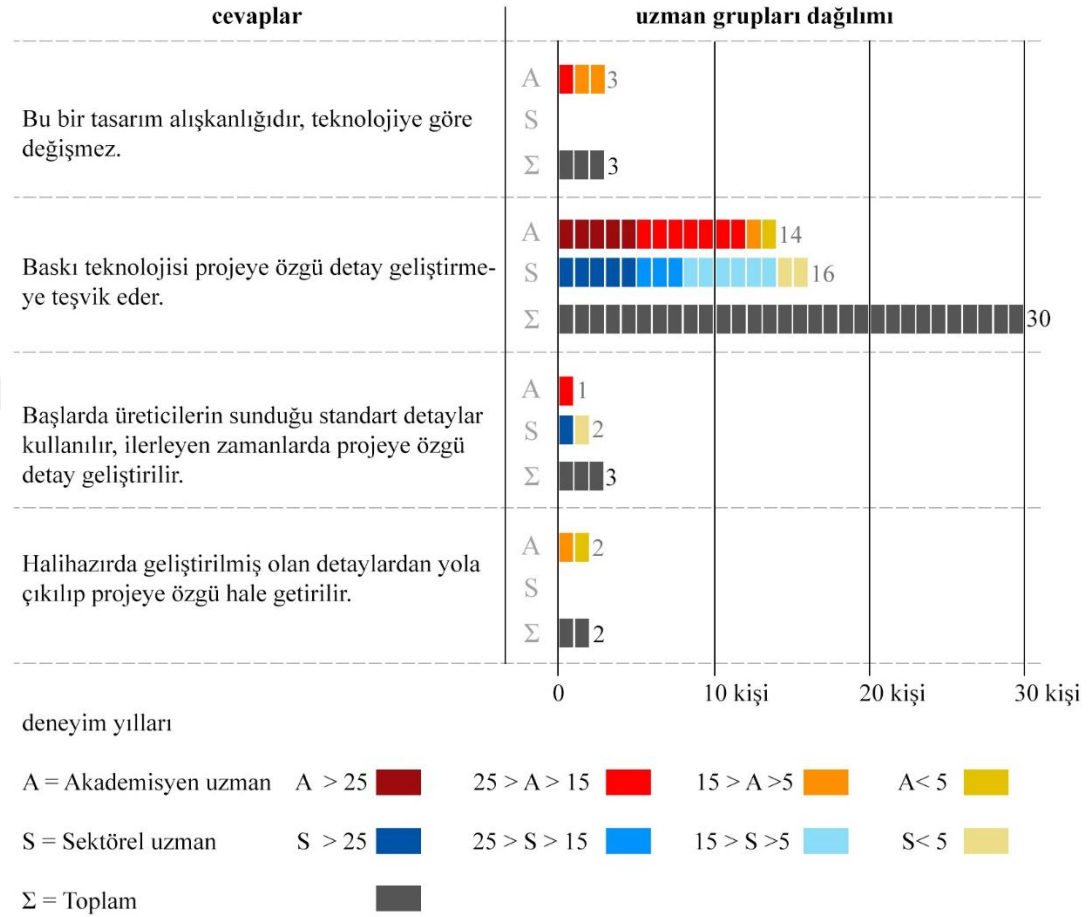
Şekil 5.11: İkinci turda, 10. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

10. soruya verilen cevaplara göre:

- En fazla tercih edilen cevap, %53 ile tasarım seçenekleri oluşturup oluşturmamanın bir tasarım alışkanlığı olduğu ve teknolojinin bu alışkanlığı herhangi bir yönde değiştirmeyeceğidir. Onu %32 ile 3B baskının seçenek oluşturarak üretmeye yönelteceği seçeneği ve %16 ile her zaman olması gerektiği gibi 3B baskı ile de seçenek geliştirilmesi gerektiği seçeneği takip etmektedir.
 - Uzman grupları arasında deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

11. Soru: **Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme**

“Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?”



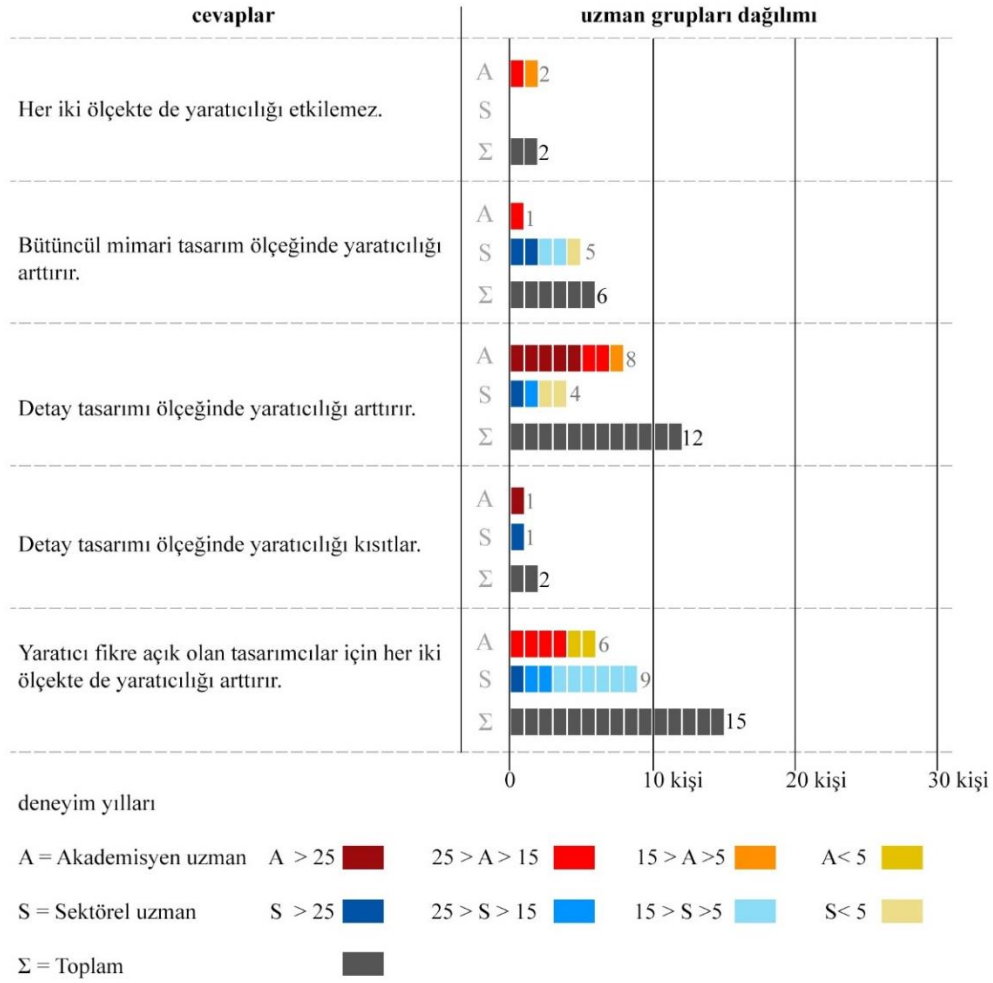
Şekil 5.12: İkinci turda, 11. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

11. soruya verilen cevaplara göre:

- Uzmanların %79'u 3B baskı teknolojisinin halihazırda geliştirilmiş detaylar yerine projeye özgü detay geliştirmeye teşvik edeceğini düşünmektedir.

12. Soru: Tasarım sürecindeki yaratıcılık

“3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?” a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı



Şekil 5.13: İkinci turda, 12. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

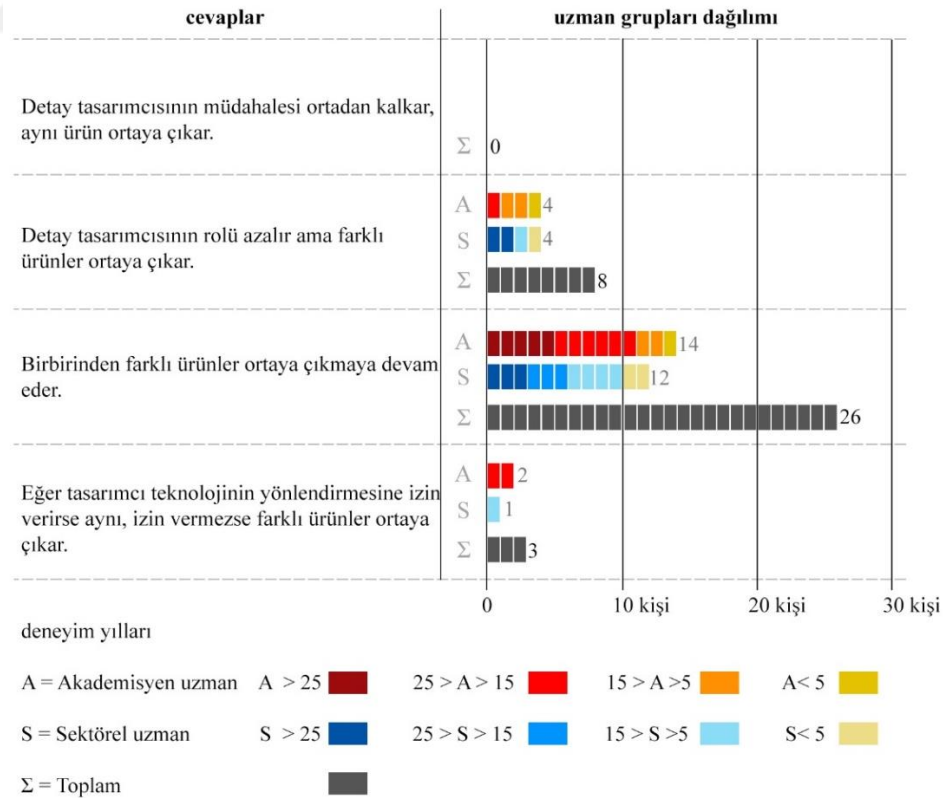
12. soruya verilen cevaplara göre:

- Bu soruda 2 cevap üzerine yoğunlaşmıştır, %39'u 3B baskı teknolojisinin yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için mimari tasarım ve detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracaklarını savunurken, %32'si ise yalnızca detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracaklarını savunmaktadır.
- Uzman grupları arasında deneyim yılları açısından bir farklılaşma oluşmuştur:
 - 15 yıl ve üzeri deneyim yılına sahip uzmanların %33'ü 3B baskı teknolojisinin yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için mimari tasarım ve detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracaklarını düşünürken, %23'ü yalnızca detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracaklarını düşünmektedir.

- Bununla birlikte 15 yıldan az deneyime sahip olan uzmanların %50'si 3B baskı teknolojisinin yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için mimari tasarım ve detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını düşünürken, %8'i yalnızca detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını düşünmektedir.
- Uzman grupları arasında, çalışma alanı açısından bir farklılaşma bulunmaktadır:
 - Akademisyen uzmanların %30'u 3B baskı teknolojisinin yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için mimari tasarım ve detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını savunurken, %40'ı yalnızca detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını düşünmektedir.
 - Sektörel uzmanların ise %50'si 3B baskı teknolojisinin yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için mimari tasarım ve detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını savunurken, %22'si yalnızca detay ölçeğinde yaratıcılığı arttıracığını düşünmektedir.

13. Soru: Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü

“Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?”



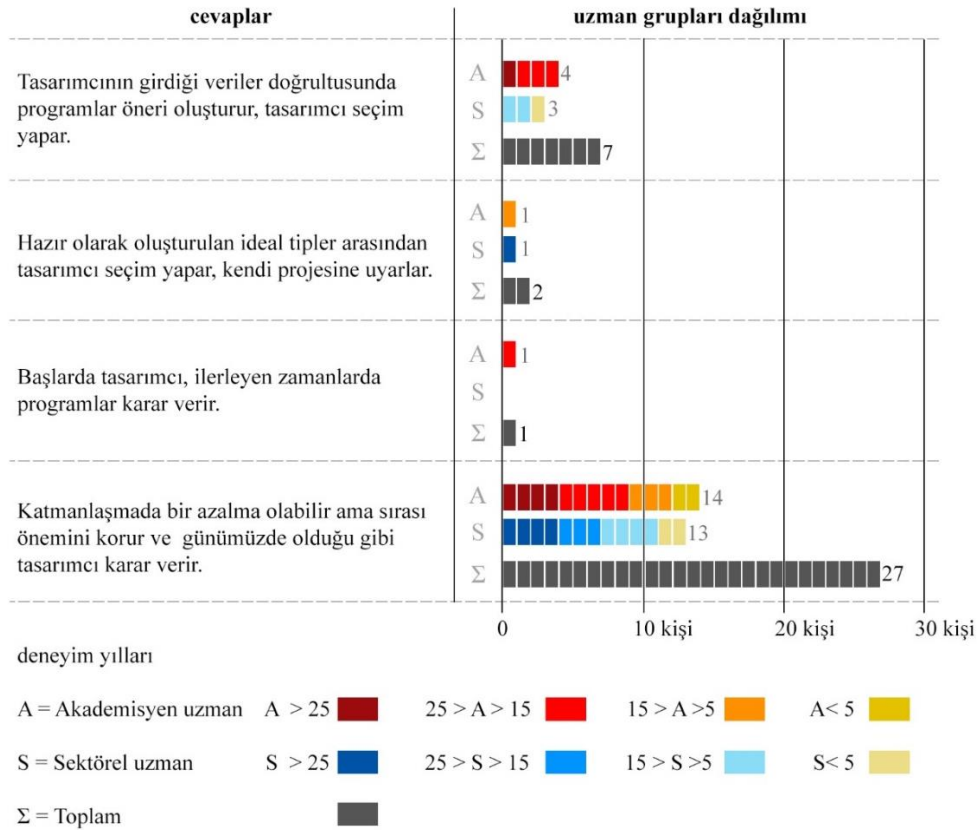
Şekil 5.14: İkinci turda, 13. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

13. soruya verilen cevaplara göre:

- En fazla tercih edilen cevap, %68 ile, 3B baskı ile üretilecek bir konsept tasarımı üretime hazır hale getirilirken detay tasarımcısının rolünü koruyacağı ve birbirinden farklı çözümler ve ürünler ortaya çıkacağıdır. Ona en yakın cevap %21 ile detay tasarımcısının rolü azalsa da farklı ürünlerin ortaya çıkacağı seçeneğidir.

14. Soru: Katman sırasını belirleme

“Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.”



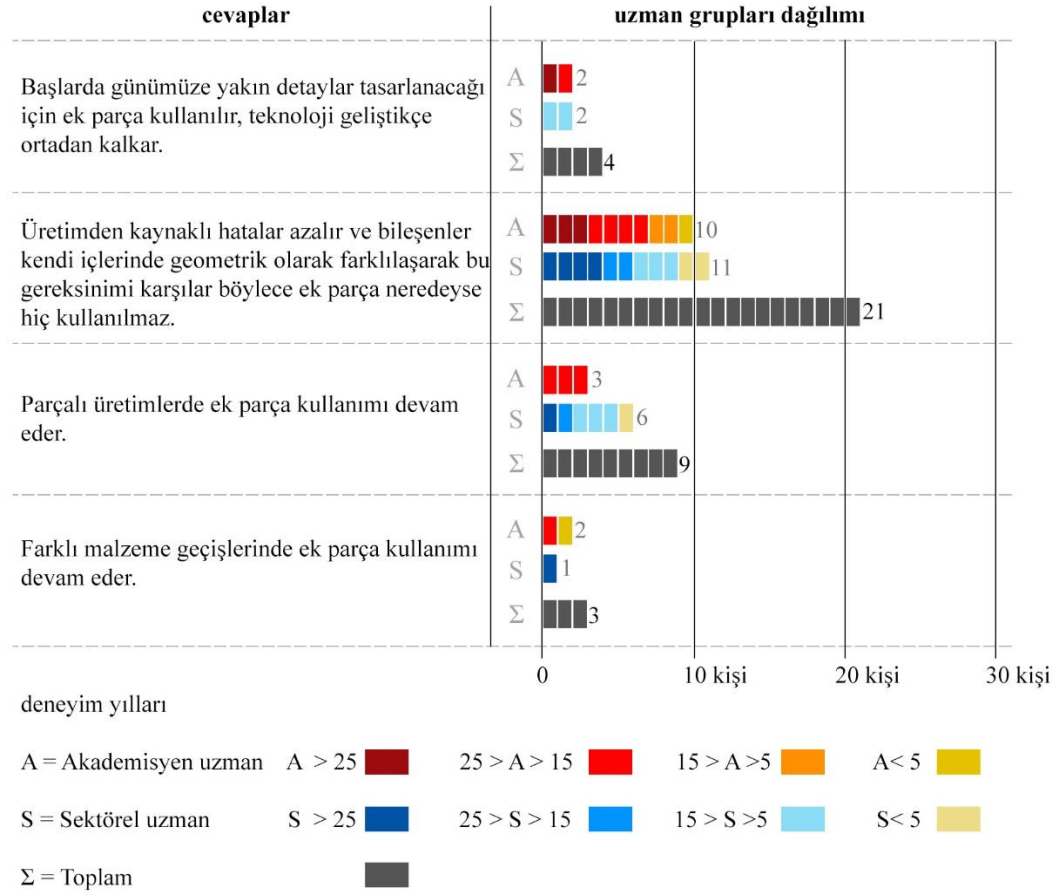
Şekil 5.15: İkinci turda, 14. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

14. soruya verilen cevaplara göre:

- Bu soruda uzmanların çoğu, %71 ile 3B baskı ile üretimde katman sayısında azalma olsa da sırasının önemini koruyacağını ve günümüzdeki gibi detay tasarımcısının karar vereceğini savunmaktadır. %18'i ise girilen verilen doğrultusunda programların bir katmanlaşma önerisi sunacağını ve tasarımcının bunların arasından seçim yapacağını öngörmektedir.

16. Soru: Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı

“Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.”



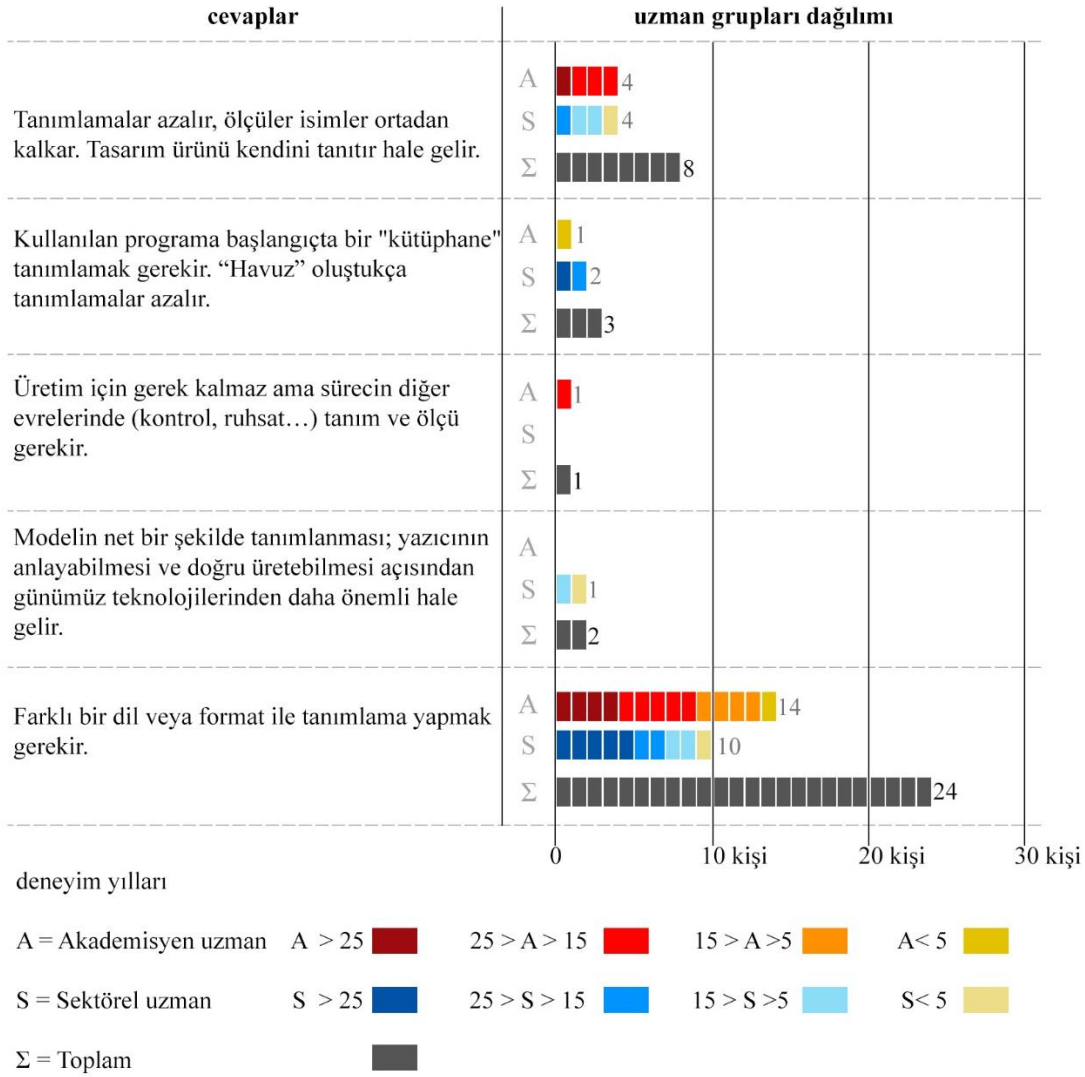
Şekil 5.16: İkinci turda, 16. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

16. soruya verilen cevaplara göre:

- En fazla tercih edilen seçenek, %55 ile üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında ek parça kullanımlarının neredeyse ortadan kalkacağıdır. Onu %24 ile parçalı üretim söz konusu olduğunda ek parçanın kullanılacağı takip etmektedir.

20. Soru: **Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark**

“ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar”



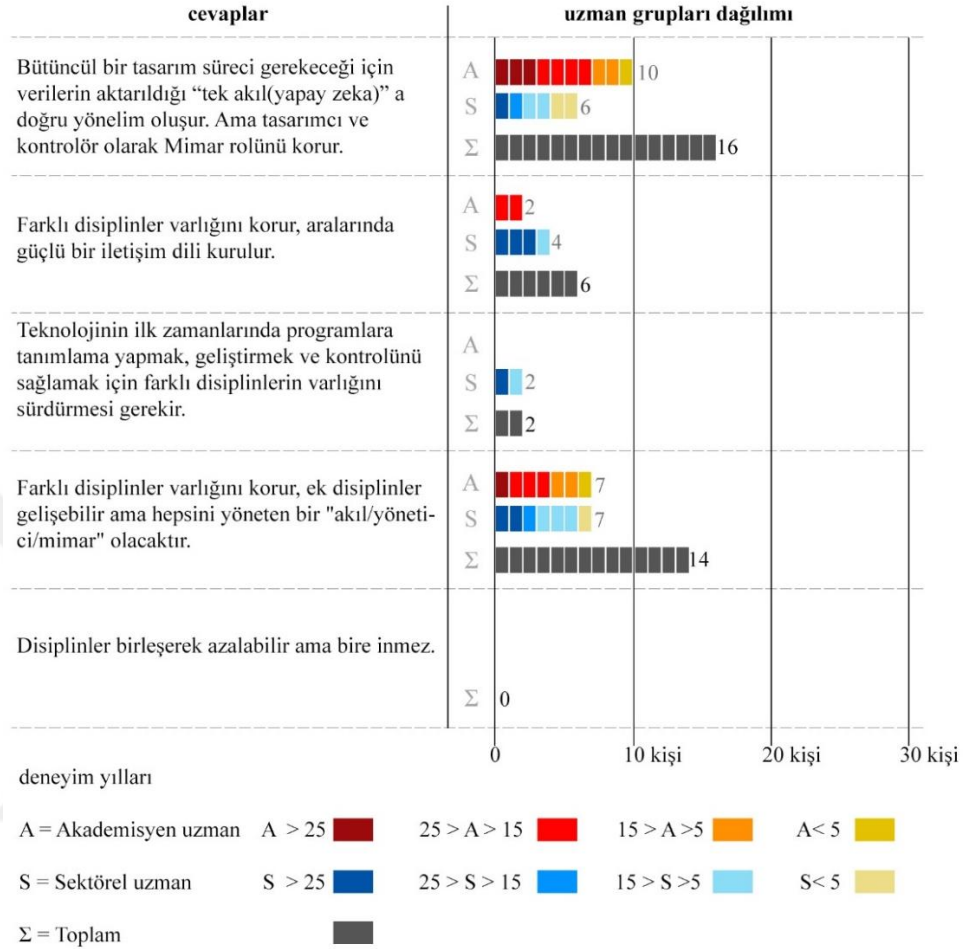
Şekil 5.17: İkinci turda, 20. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

20. soruya verilen cevaplara göre:

- Bu soruda uzmanların %63'ü, sonuç tasarım ürünü üretim için robota sunulacağı zaman insana sunumunda kullanılan dilden farklı bir dil veya formatla tanımlanması gerekeceğini savunmaktadır. %21'i ise tanımlamaların ve ölçülerin yok denecek kadar azalacağını ve tasarım ürününün kendini tanıtır hale geleceğini öngörmektedir.

21. Soru: Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim

“Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim ‘tek akıl’ binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?”



Şekil 5.18: İkinci turda, 21. soru için seçilen cevapların uzman gruplarına göre dağılımı.

21. soruya verilen cevaplara göre:

- Bu soruda 2 cevap üzerine yoğunlaşmıştır, uzmanların %42’si 3B baskı teknolojisi ile üretimde tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünün varlığını koruyacağını ve tüm verilerin aktarıldığı bir “tek akıl (yapay zeka)”ın diğer disiplinlerin yerini alacağını savunurken, %37’si ise günümüzde mevcut olan farklı disiplinlerin varlığını sürdüreceğini ve hepsini yöneten bir “akıl/yönetici/mimar” olacağını savunmaktadır. Bu cevapları %16 ile günümüzdeki disiplinlerin devam edeceği ve aralarında güçlü bir iletişim dili kurulması gerekeceği görüşü takip etmektedir.
- Uzman grupları arasında deneyim yılı ve çalışma alanı açısından dengeli bir dağılım bulunmaktadır.

5.5 Delfi Çalışması Sonuçlarına Göre Yapımda 3B Baskı Teknolojisi Kullanımının Mimari Yapıma Yönelik Ayrıntıda Tasarım Süreçlerine Olası Etkileri

Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan, her bir tasarım alt süreci ile ilişkili “sonuçlar” derlenmiştir. Söz konusu tasarım alt süreçleri, ilgili sorular ve derlenmiş “sonuçlar” Çizelge 6.1’in birinci ve ikinci sütunlarında listelenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak 3B baskı kullanımının detay tasarım sürecine etkisi tasarım süreçleri üzerinden ele alınmıştır. Bölüm 3.2’de tanıtilen ve süreçlerinin ayrıntılı adımları Ek A’da verilmiş olan mimari yapıma yönelik ayrıntıda detay tasarım yöntemlerinin alt süreçleri ele alınarak Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirilmiştir. Delfi çalışması sonuçlarına göre 3B baskı teknolojisi kullanımının tipik bölge detay tasarım yöntemlerine, birleşim bölge detay tasarım yöntemlerine, hem tipik hem birleşim bölgeye yönelik detay tasarım yöntemlerine ve Türkiye’de pratikteki detay tasarım süreçlerine olası etkileri aşağıda kısaca sıralanmış, ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

5.5.1 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının tipik bölge detay tasarım yöntemlerine olası etkileri

3B baskı teknolojisinin kullanımının; tipik bölge detayı tasarlamaya yönelik olan, Müller (1990), Aygün ve diğ. (1999) ve Altun & Türkay (2015) detay tasarım yöntemlerine etkileri incelenmiştir.

H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 – yapı elemanı tasarımı ve malzeme seçimi destek aracı

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 tasarım destek aracının bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 4 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Problemin tanımlanması” ve “Konsept tasarımın belirlenmesi” süreçlerine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “Tasarım” ve “İnşaat Faaliyetleri” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer - yapı elemanlarında seçenek üretimi ve değerlendirilmesi aracı

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer tasarım destek aracının bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan 8 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Performans isteklerinin yapı modeli çerçevesinde belirlenmesi”, “İsteklerin, bileşen işlevleri ile özdeşleştirilmesi”, “Eleman seçeneklerinin kombinezon yoluyla elde edilmesi”, “Uyumsuz bileşen içeren seçeneklerin elenmesi” ve “Bileşen işlevleri yönünden seçeneklerin değerlendirilmesi” süreçlerine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “İşlevleri sağlayabilecek bileşenlerin belirlenmesi”, “Olası bileşen katmanlaşmalarının oluşturulması” ve “Bileşen seçeneklerinin tanımlanması” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

M.C. Altun, I. Türkay – 4+9 detay tasarımı destek aracı

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; M.C. Altun, I. Türkay tasarım destek aracının bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan 13 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Taşıyıcı sistem ile ilgili kararlar”, “Beklenen öncelikli performanslar”, “Beklenen performansların bağlı öneme göre sıralanması”, “Jenerik katmanların belirlenmesi”, “Jenerik katmanların sırasının düzenlenmesi” ve “Yapı elemanı-bina taşıyıcı sistem ilişkisinin kurulması” süreçlerine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “Yapı ile ilgili kararlar”, “Yapım ile ilgili kararlar”, “Görsel etki ile ilgili kararlar”, “Birden fazla katmanın bir performansı/ bir katmanın birden fazla performansı karşılaması ile ilgili karar”, “Katmanlara malzeme atanması”, “Katmanların yük aktarma düzeninin belirlenmesi” ve “Katman/bileşenlerin birbirine “tutturulma” yöntemi ile ilgili karar” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

5.5.2 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının birleşim bölge detay tasarım yöntemlerine olası etkileri

3B baskı teknolojisinin kullanımının; birleşim bölge detayı tasarlamaya yönelik olan, Emmitt ve diğ. (2014) detay tasarım yöntemine etkileri incelenmiştir.

S. Emmitt , J. Olie , P. Schmid , 9+1 adımlı detay tasarım yöntemi

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; S. Emmitt , J. Olie , P. Schmid tasarım yönteminin bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan 10 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Ana bileşenlerin süreksizliğinin belirlenmesi”, “Önlem amaçlı biçimlerin belirlenmesi”, “Biçimsel düzeltmelerin belirlenmesi” ve “Bileşenlerin birincil ve ikincil kesitlerinin belirlenmesi” süreçlerine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “İşlevsel sürekliliğin ve gerekli ek bileşenlerin belirlenmesi”, “Birleştirilen parçaların ve bağlantı yönlerinin belirlenmesi”, “Eklenen bileşenlerin ve birleştirilen parçaların boyutlarının ve konumlarının belirlenmesi”, “Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin ön biçimlerinin belirlenmesi”, “Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin son biçimlerinin belirlenmesi” ve “Geliştirilen çözüm için optimum özellikleri karşılayan malzemenin seçimi” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

5.5.3 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının hem tipik hem birleşim bölge detay tasarımına yönelik yöntemlerine olası etkileri

3B baskı teknolojisinin kullanımının; hem tipik hem birleşim bölge detayı tasarlamaya yönelik olan, Allen (1993) ve Rich & Dean (1999) detay tasarım yöntemlerine etkileri incelenmiştir.

E. Allen – “detay kalıpları” yöntemi

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; E. Allen tasarım yönteminin bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan 5 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Performans standartlarının belirlenmesi” ve “Geliştirilecek detay noktalarının belirlenmesi” süreçlerine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “Detay kalıplarının seçilmesi”, “Malzeme, strüktür ve biçim ön kararlarının verilmesi” ve “Seçilen detay kalıplarıyla birlikte detayın geliştirilmesi” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

P. Rich, Y. Dean – yapı elemanı tasarımı ilkeleri

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; P. Rich, Y. Dean tasarım destek aracının bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan 5 ana alt sürecine etkileri, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- “Kullanıcı gereksinimlerinin ve iklim koşullarının değerlendirilmesi” sürecine hemen hemen etkisinin olmayacağı,
- “Malzeme kararları ve bütünsel tasarıma yönelik eskiz çizimleri”, “Yapı elemanı kavramsal detay seçimi”, “Kavramsal detaydan yeni detayın geliştirilmesi” ve “Geliştirilen detayların birleşim detaylarının oluşturulması” alt süreçlerine ise belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak Ek K’de verilmiştir.

5.5.4 Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının Türkiye’de mimarlık ortamındaki uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım yöntemlerine olası etkileri

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının; bölüm 3.2’ de tanımlanmış olan Türkiye’de pratikteki tasarım yöntemlerine etkileri, Yazıcıoğlu (2007)’ nun oluşturduğu 3 model üzerinden, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde;

- Birinci ve İkinci üst modelde; “Yapı elemanlarının detaylandırılması”, “Malzeme ve sistem kararları” ve “Uygulama projesi” alt süreçlerine belirli düzeyde etkileri olacağı,
- Üçüncü üst modelde ise; “Malzeme ve sistem kararları”, “Detaylandırılmış konsept proje” ve “Uygulama projesi” alt süreçlerine belirli düzeyde etkileri olacağı

belirlenmiştir.



6. DELFİ ÇALIŞMA SONUÇLARI DOĞRULTUSUNDA BİR BİRLEŞİM BÖLGESİ DETAYININ YENİDEN TASARLANMASI VE 3B BASKI PROTOTİP ÜRETİMİ

5.2. bölümde seçilen, günümüz teknolojileri için tasarlanmış birleşim bölge detayı, Delfi çalışmasında ulaşılan sonuçlar doğrultusunda, tasarım yoluyla araştırma yöntemi ile tasarım senaryosu geliştirilerek 3B baskı teknolojisiyle üretilmek üzere yeniden tasarlanmıştır. Senaryo geliştirilirken, öncelikle bir “çevre tasarımı” yapılmıştır. Tasarımın uyarlandığı ve üretiminin gerçekleştirildiği çevre aşağıdaki varsayımlar üzerine kurulmuştur:

- Dönem: 2030. Bu zaman dilimi; Delfi çalışması uzman ön bilgilendirme aşamasında tariflenen (2028, 2035 ve 2050 yıllarında 3B baskı kullanımları, Ek-G) senaryoya uygun olarak, 2028 ve 2035 yılları arasındaki bir teknolojik düzeyde konumlanacağı varsayılarak seçilmiştir.
- Teknoloji gerçeklik/gelişmişlik durumu: Günümüzde var olan, aynı pratikle çalışan fakat ayrı ayrı üretim gerçekleştiren 2 yazıcının, aynı anda bir ürün üretmek üzere birleştirildiği kabul edilmiştir.
- İklim: Seçilen detayın orjinal iklimi ile aynı, ılımlı, nemli iklim (İstanbul)
- Kullanılan malzemeler: Orjinal detay ve basılabilme özelliği göz önünde bulundurularak eriyik halde alüminyum, atık ahşap lifleri, seramik ve cam malzemeleri kullanılmak üzere seçilmiştir.
- 3B yazıcı: Kullanılan malzemeler göz önünde bulundurularak; malzeme ekstrüzyonu yöntemiyle üretim gerçekleştiren, Çizelge 4.14’te özellikleri verilen, “Eriyik biriktirme modellemesi (*Fused deposit modelling*)” ve “Donarak şekillendirmeli ekstrüzyon üretimi (*Freeze-form extrusion fabrication*)” yazıcıların birleştirilmesiyle oluşturulduğu varsayılan 3B yazıcı.

Yukarıda aktarılan çevre tasarısı içinde, Delfi çalışmasındaki sonuçlar, seçilen tasarım üzerinde uygulanabilmesi için, 5.5. bölümden de yararlanılarak Çizelge 6.1’de gösterildiği gibi yeniden tasarım alt süreçlerine dönüştürülmüştür:

Çizelge 6.1: Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

Tasarım alt süreci, ilişkili Delfi çalışması “ soru ”su ve soru numarası	derleme	Tasarım alt sürecine ilişkin Delfi çalışmasında derlenmiş sonuç ve kodu (S)	uyarlama	Uygulama örneği bağlamında, derlenen sonuca göre uyarlanmış yeniden tasarım alt süreci ve kodu (T)
1 Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım) <i>“Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?”</i>	»	S1 S1A- Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre yeni kriterler eklenir. S1B- 3B baskı teknolojisinde kalite kontrolü üretim yerine göre az farklılık gösterir. S1C- Büyük ölçekli seri üretim ürünlerin fabrikada üretimi, küçük ve özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilir.	»	T1 T1A- Malzeme ekstrüzyonu yöntemiyle üretim yapan çok malzemeli bir yazıcı seçilmiştir. Böylece birden fazla malzemeyi aynı anda basabilmektedir. T1B- Kalite kontrolü kriteri 3B baskı teknolojisi ile etkisini kaybettiği için üretim yeri kararında göz önünde bulundurulmamıştır. T1C- Seri üretim değil, özgün üretim olduğu varsayıldığı için yerinde üretim tercih edilmiştir.
2 Yapım süreci bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması. <i>“İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?”</i>	»	S2 İlk zamanlarda gerekir, ilerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça daha az tanımlanır.	»	T2 Tasarım çıktısında, başlangıç noktası ve taşıyıcılık açısından öncelik konularında baskı sırası tanımlanmıştır.

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

3	Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma <i>“Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”</i>	»	S3	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.	»	T3	Eleman boyutları ve malzemeler seçilirken standartlaşma gözetilmiştir.
4	Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması. <i>“Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?”</i>	»	S4	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.	»	T4	Detayı oluşturan malzemelerin kendi içinde ve birbirleri arasındaki birleşimleri mümkün olduğunca azaltılmış ve olanların nasıl birleştirileceği tanımlanmıştır.
5	Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi <i>“Günümüzde göz önünde bulundurulmuş saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?”</i>	»	S5	"Yazıcı yapılabilirliği" önemli hale gelir ama "sahada yapılabilirlik" kriterleri az da olsa varlığını sürdürür.	»	T5	Yazıcı yapılabilirliği; boyut, kullanılan malzeme ve biçimsel sınırlamalar göz önünde bulundurulmuştur.
6	İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma <i>“Günümüz teknolojilerine göre uygulama projesi aşamasında tasarım yaparken göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verileri 3B baskı teknolojisi için tasarım girdisi olmaya devam eder mi? Göz önünde bulundurulma biçimi, şartlara karşı (yağmur, güneş, rüzgâr, vb.) alınan önlemler değişir mi?”</i>	»	S6	İklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak göz önünde bulundurulmaya devam eder.	»	T6	İklim ve çevre verileri doğrultusunda karşılanması beklenen performanslar varlığını koruduğu için katmanlaşmada bu veriler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

7	Süreç tasarımı “Sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi”	»	S7	Girdiler azalacağı için süreç kısılır ama bir süreç tasarımına ihtiyaç olur.	»	T7	6.1. bölümde aktarıldığı gibi bir tasarım ve yapım süreç tasarımı yapılmıştır.
8	Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları “Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?”	»	S8	Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.	»	T8	Estetik kararlar alırken günümüzdekinden daha geniş düşünülmüş fakat tasarımcı kendini tamamen sınırsız bırakmamıştır.
9	Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları “Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?”	»	S9	S9A- Eskiz çizimi günümüzdeki gibi kullanılmaya devam eder. S9B- Baskı teknolojisiyle maket yapımı kolaylaşacağı için günümüzdekinden daha çok kullanılır.	»	T9	T9A- Tasarım sürecinde eskiz çizilmiştir. T9B- Tasarım sürecinde, 3B yazıcı kullanarak 1/20-1/5-1/2 ölçekli maketler üretilmiştir.
10	Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme “Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?”	»	S10	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.	»	T10	Tasarımcı kendi alışkanlığı doğrultusunda seçenek oluşturmadan tasarlamıştır.

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

11	Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme <i>“Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?”</i>	» S11	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.	» T11	Hazır detaylar kullanılmamış, seçilen birleşim bölgesine özgü detaylar geliştirilmiştir.
12	Tasarım sürecindeki yaratıcılık <i>“3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?” a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı</i>	» S12	Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için hem mimari hem detay ölçeğinde yaratıcılığı artırır.	» T12	Tasarımcı, teknolojinin sağladığı “yeniye arama” fırsatını kullanarak yaratıcı fikirler geliştirmiştir.
13	Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü <i>“Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?”</i>	» S13	Birbirinden farklı ürünler ortaya çıkmaya devam eder.	» T13	Aynı konsept proje için farklı tasarımcıların farklı detay çözümleri geliştireceğini savunan sonuç, tek tasarımcı tarafından geliştirilen bu detay tasarımında yeniden tasarım alt süreci olarak kullanılmamıştır.
14	Katman sırasını belirleme <i>“Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.”</i>	» S14	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.	» T14	Performanslara göre katman sırasına tasarımcı karar vermiştir.

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

15	Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği <i>“Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.”</i>	»	S15	Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturamaz.	»	T15	Baskı sonucu son biçim olacak şekilde tasarlanmış, üretim sonrası bitirme işlemi uygulanmamıştır.
16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>“Doğrmanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.”</i>	»	S16	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.	»	T16	Ara parçalar elemanların kendi içinde tasarlanmış ve birleşimler üretilirken eriyik malzemenin beraber donmasıyla oluştuğu için dışarıdan bir ekleme yapılmamıştır.
17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme <i>“Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”</i>	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarına çözüm getirse de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.	»	T17	Farklı malzemelerin aralarındaki uyum, genleşme farklılığı gibi özellikler gözetilerek tasarım yapılmıştır.
18	Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği <i>“Teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, bir malzemeye birden fazla işlev yükleme”</i>	»	S18	Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur.	»	T18	Günümüz şartlarında, seçilen detaya uygun basılabilen karmaşık malzeme bulunmadığı için bu tasarımda kullanılmamıştır.

Çizelge 6.1 (devam): Delfi çalışması kapsamında tasarım alt süreçleri bağlamında sorulan sorulara verilen cevaplardan derlenen sonuçlar ve bunların uygulama örneği için “yeniden tasarım alt süreçleri”ne dönüştürülmesi.

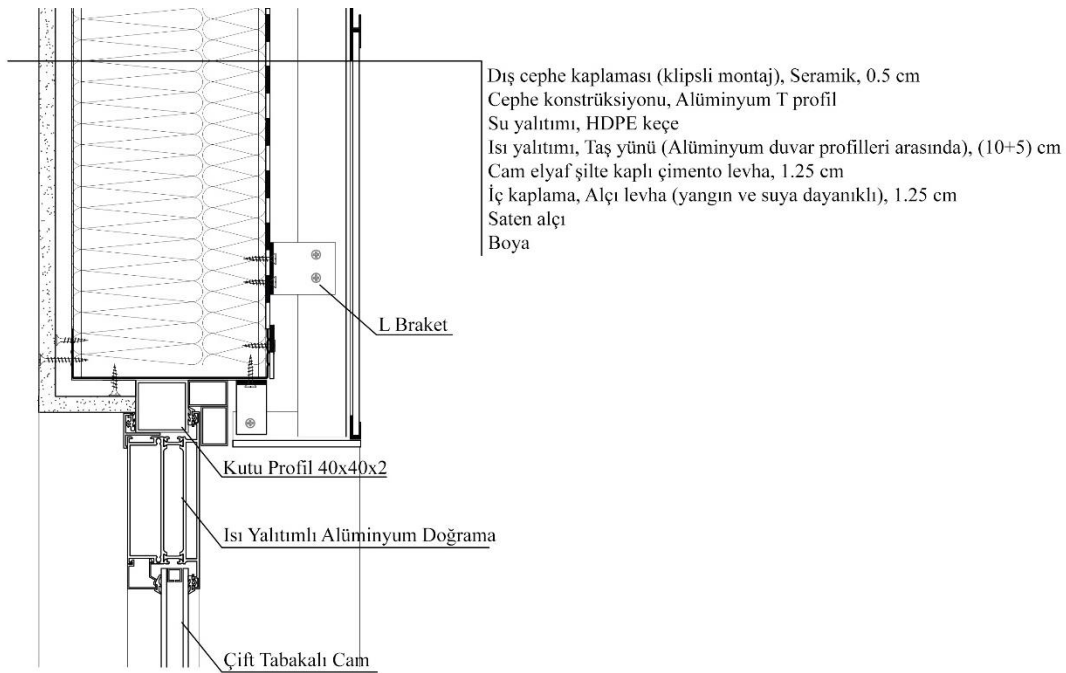
19	Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi <i>“Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?”</i>	»	S19	Bütüncül bir tasarım anlayışı olduğu için sistemlerin ön tasarım sürecinden itibaren entegre edilmesi günümüze göre daha önemli hale gelir.	»	T19	Tasarım bölgeleri servis sistemleri içermediği için, yeniden tasarım alt süreci olarak bu tasarımda kullanılmamıştır.
20	Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark <i>“ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar”</i>	»	S20	Farklı bir dil veya format ile tanımlama yapmak gerekir.	»	T20	Yazıcı diline uygun olacak şekilde gerekli tanımlamalar yapılmıştır.
21	Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim <i>“Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim ‘tek akıl’ binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?”</i>	»	S21	Bütüncül bir tasarım süreci gerekeceği için verilerin aktarıldığı “tek akıl(yapay zeka)” a doğru yönelim oluşur. Ama tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünü korur.	»	T21	Bu tasarımın kapsamı sebebiyle yeniden tasarım alt süreci olarak kullanılmamıştır.

6.1 Mevcut Detayın 3B Baskı Teknolojisi için Yeniden Tasarlanması

5.2. bölümde 3B baskı teknolojisine uyarlamak üzere özellikleri belirlenen yapı elemanları:

- Dış duvar = Toprak üstü (atmosferle ilişkili) | yerinde yapım | taşıyıcı olmayan | iskelet | hava tabakalı
- Dış duvar boşluğu = Pencere | başlık ve diklemeler ile boşluk oluşturulan | çok katmanlı

olarak tanımlanmıştır. Bu özelliklere uygun olarak seçilen örnek detay kesit çizimi Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1: Örnek detay kesit çizimi.

Şekil 6.1’deki detay esas alınarak ve Çizelge 6.1’deki “yeniden tasarım alt süreçleri (T)” kullanılarak 3B baskı için yeniden tasarımı adım adım aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

Adım 0: Süreç tasarımı

Çizelge 6.1’deki T7 doğrultusunda öncelikle bu örneğe özgü tasarım ve yapım süreci tasarlanmıştır;

- Genel kararların alınması.
- Eskiz ile duvar elemanının ana kararlarının verilmesi (T 9A’ ya göre).

- Dijital model ile duvar elemanının ayrıntılandırılması ve doğrama elemanının tasarlanması.
- Tasarımın 1/2 ölçekli maket baskısının alınması (T9B'ye göre).
- (gerekliyse) revizyonların yapılması.
- Tasarımın üretime hazır hale getirilmesi (T2 ve T20'ye göre).
- Yapım (baskı) sürecinin gerçekleştirilmesi

Adım 1: Genel kararların alınması

T1A'ya göre: 6. bölümün başında kurgulanan “çevre tasarımı”na göre; malzeme ekstrüzyonu yöntemiyle üretim yapan, “Eriyik biriktirme modellemesi (*Fused deposit modelling*)” ve “Donarak şekillendirmeli ekstrüzyon üretimi (*Freeze-form extrusion fabrication*)” baskı metodlarını birleştirilerek kullandığı varsayılan çok malzemeli bir yazıcı seçilmiştir. Böylece birden fazla malzemeyi aynı anda basabilmektedir. Kurgulanan 3B yazıcıda kullanılabilen malzemeler; ahşap, seramik, cam, polimer ve metal ile sınırlıdır. Üretim alanı Çizelge 4.14'teki yazıcı özelliklerinden yola çıkılarak yaklaşık 1000 m³ olarak kabul edilmiştir.

T3'e göre: Eleman boyutları ve malzemeler seçilirken standartlaşma gözetilmiştir.

T5'e göre: Yazıcı yapılabiliği; boyut, kullanılan malzeme ve biçimsel sınırlamalar göz önünde bulundurulmuştur.

T11'e göre: Hazır detaylar kullanılmamış, seçilen birleşim bölgesine özgü detaylar geliştirilmiştir.

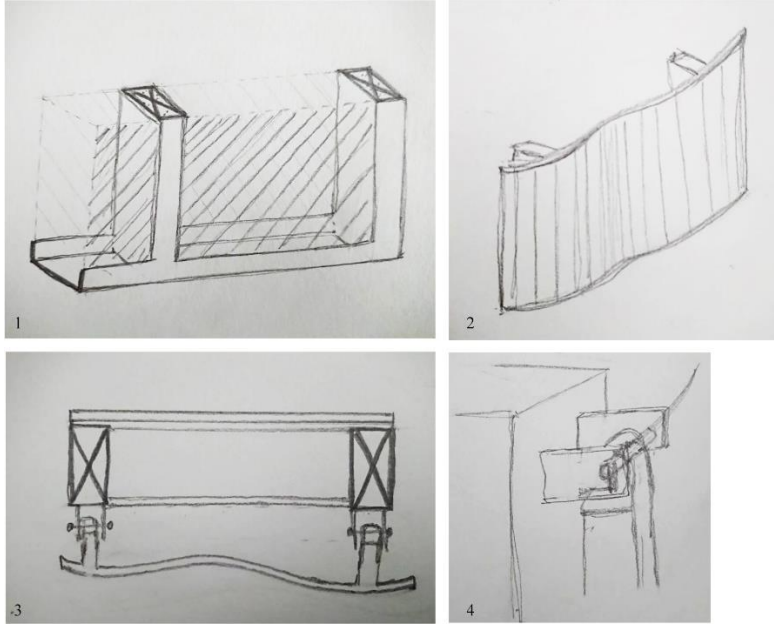
T15'e göre: Baskı sonucu son biçim olacak şekilde tasarlanmış, üretim sonrası bitirme işlemi uygulanmamıştır.

Adım 2: Eskiz ile duvar elemanının ana kararlarının verilmesi (T9A'ya göre) (Şekil 6.2)

- Duvar gövdesi: Örnek detaya sadık kalınarak alüminyum iskelet bir duvar gövdesi tasarlanmıştır. T4 doğrultusunda birleşimler azaltılarak (bu detay için sıfıra indirilmiştir) tüm alüminyum konstrüksiyon yekpare tasarlanmıştır. İskelet formu, içine yalıtım katmanı basılacak şekilde dikdörtgen ve içinde çaprazlar olarak oluşturulmuştur.

- Yalıtımlar: T6 ve T14 doğrultusunda ısı yalıtımı alüminyum konstrüksiyonun arasında ve alüminyum iskeletin içinde olacak şekilde konumlandırılmış, malzeme olarak polimer bağlayıcı atık ahşap lifleri kullanılacağı varsayılmıştır. Havalandırma boşluğuna gelebilecek rüzgarla itilen yağmur suyunun pürüzsüz bir yüzeyde akarak uzaklaşabilmesi için ısı yalıtımının yoğunluğu dış tarafta arttırılmıştır. Su yalıtımı esas olarak dış kaplama ve havalandırma boşluğunda çözülmüştür.

- Kaplamalar: T8 ve T12 doğrultusunda dış kaplamada alüminyum konstrüksiyonun uzantılarına yükünü aktaran eğrisel bir yüzey kullanımına, iç kaplamada ise doğrudan duvar gövdesine bitişik ve pürüzsüz, yansıtıcı bir yüzey oluşumuna karar verilmiştir. Ayrıca kaplama duvardan bağımsız olarak şantiye sahasında kurulan bir atölyede basılıp takılacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece değişim/bakım onarım vb. için takıp çıkarılabilme imkanı sağlanmıştır.



1: duvar iskelet ve ısı yalıtımının birbirine göre konumu 2: cephe kaplaması görünüşü
3: duvar planı 4: cephe kaplamasının duvar gövdesine takılması

Şekil 6.2: Eskiz ile duvar elemanının ana kararlarının verilmesi.

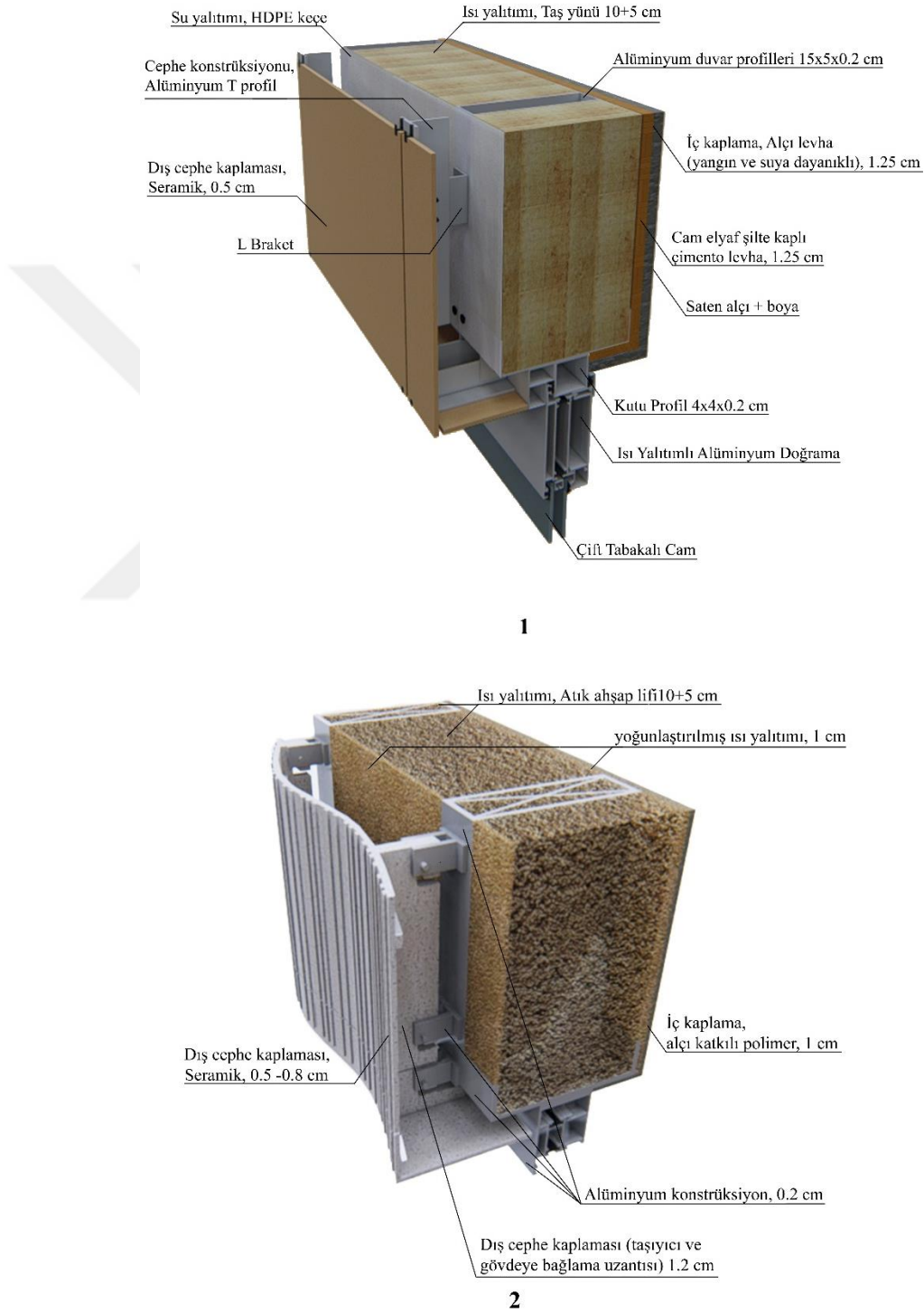
Adım 3: Dijital model ile duvar elemanının ayrıntılandırılması ve doğrama elemanının eklenmesi

Adım 2'deki kararlar dijital model ile ayrıntılandırılmıştır.

Doğramanın kasası 2 parça olacak şekilde tasarlanmıştır. 1. Parça T16 doğrultusunda kör kasa ortadan kaldırılarak doğrama kasası alüminyum konstrüksiyona direk yükünü aktaracak ve konstrüksiyonla beraber üretilecek şekilde tasarlanmıştır. 2. Alüminyum

parça ise doğramanın saydam elemanı ve polimer tutucularıyla beraber basılacak ve 1. Parçaya geçme ile takılacak şekilde düzenlenmiştir.

Örnek detay modeli ve 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli karşılaştırmalı şekilde Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Yeniden tasarlanmış detay modeli ise daha ayrıntılı olarak Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.3: 1: Örnek detay modeli ve 2: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli



1: kesit görünüş 2: plan görünüş 3 ve 4: farklı açılardan perspektifler

Şekil 6.4: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli görüşleri.



x: yerinde basılmış; alüminyum konstrüksiyon, atık ahşap lifi ısı yalıtımı, yoğunlaştırılmış ısı yalıtımı
y: atölye basılıp, sonra takılan seramik cephe kaplaması

Şekil 6.5: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay modeli- yerinde/atölyede basılan parçalar.

Adım 4: Tasarımın 1/2 ölçekli maket baskısının alınması (T9B)

Tasarımları denemek ve istenen düzeye gelip gelmediğini anlayabilmek için 3B yazıcı ile maket yapılmıştır (Şekil 6.6).

Adım 5: (gerekliyse) revizyonların ve yapılması

Makette ortaya çıkan bazı hatalar revizyonla düzeltilmiştir.Örneğin; tolerans payının arttırılmaı, katman dokularının birbirinden ayrışması, vb.

Adım 6: Tasarımın üretime hazır hale getirilmesi (T2, T20) (6.2.1. bölüm).

Dijital model “Cura programı”na aktarılarak hem yazıcı dilinde uygun tanımlamalarla malzeme tanıtılmış, katman yoğunlukları ve dokusu tanımlanmış, hem de parçalara ayrılarak tasarım sırası belirlenmiştir.

Adım 7: Yapım (baskı süreci)

Hazırlanan modeller 3B yazıcıyla parça parça basılmış ve tasarlanan geçme birleşimlerle birleştirilmiştir. Bu süreç 6.2. bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 6.6: 3B baskı için yeniden tasarlanmış detay - 1/2 ölçekli maket fotoğrafları.

6.2 Detay Prototipinin 3B Baskı Teknolojisi ile Basılması

6.1. bölümde; Delfi çalışmasının sonuçları doğrultusunda, daha önce seçilmiş mevcut birleşim detayı, tasarım yoluyla araştırma yöntemi kullanılarak 3B baskı teknolojisi için yeniden tasarlanmıştır. Bu bölümde ise, yeniden tasarlanan detayın prototipinin 3B yazıcı ile üretilmesi ele alınmıştır. Böylece, “prototip” yöntemi ile hem tasarımın üretilebilirliği hem de teknolojinin genel prensipleri denenmiş ve gözlemlenmiş olacaktır.

Prototip baskı için 3B yazıcı seçimi ve filament temini

Kullanılacak 3 boyutlu yazıcı araştırması yapılırken; İstanbul Teknik Üniversitesi laboratuvarlarında bulunması, araştırma çalışmaları kullanımına uygun olması, baskı haznesi mümkün olduğunca büyük ve uzun süreli baskılarda sorun yaşanmaması kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Böylece, Mimarlık Fakültesi’nde bulunan, “102b Bilişim Laboratuvarı’ndaki Ultimaker3 Extended” 3B yazıcısı seçilmiş ve kullanımı için gerekli izinler alınmıştır. Ultimaker 3 Extended 3B yazıcının teknik özellikleri:

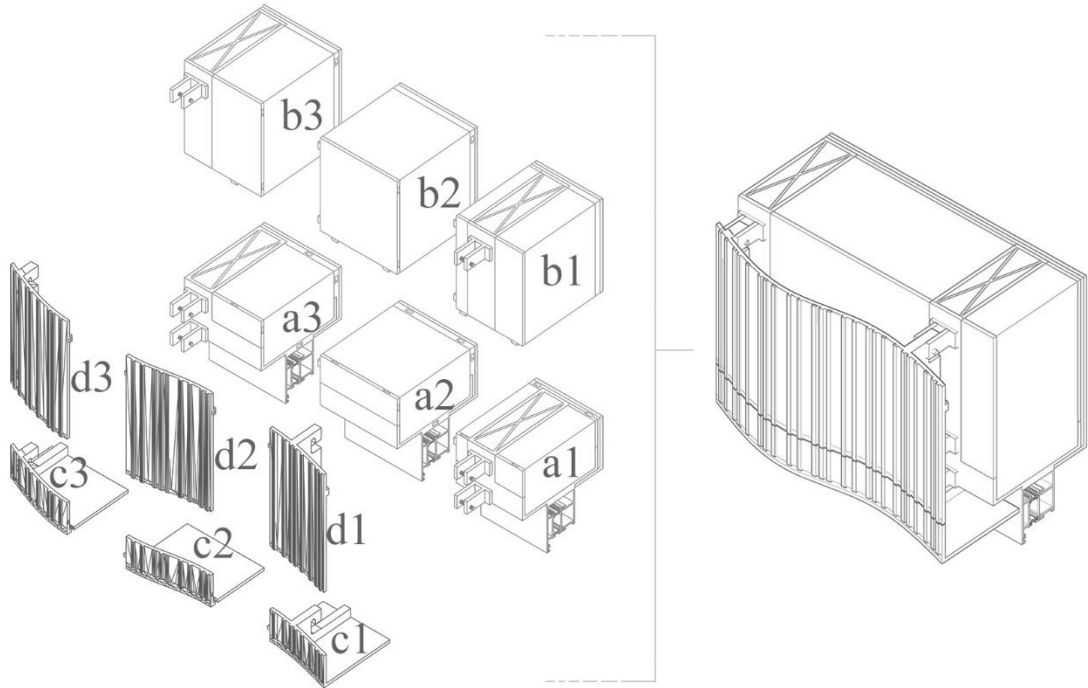
- Baskı alanı: 215 x 215 x 300 mm (Tek Nozzle), 197 x 215 x 300 mm (Çift Nozzle)
- Katman kalınlığı: 20 – 300 mikron
- Ham madde: PLA / ABS / CPE / PC / NAYLON / TPU / FLEX
- Nozzle (Baskı kafa) Sayısı: 2
- Hammadde Çapı: 2.85 mm
- Nozzle (Baskı kafası) Çapı: 0.4 / 0.8 mm
- Yazıcı ebatları: 34 x 38 x 49 cm
- Ağırlık: 11.3 kg
- Platform: Isıtmalı
- Veri girişi: Wifi / Ethernet / USB-drive
- Yazdırma yazılımı: Cura

Baskı sarf malzemesi (filament) ihtiyacını karşılamak için ise, gerekli malzeme miktarı hesaplanmış ve “İTÜ BAP birimi - Yüksek Lisans Tez projesi desteği” ile karşılanmıştır.

6.2.1 Tasarımın prototip baskıya hazır hale getirilmesi

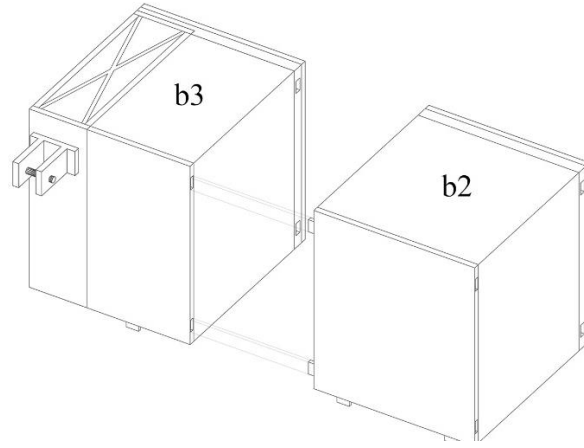
3B yazıcı kullanarak üretim yapılabilmesi için öncelikle bir dijital modele ihtiyaç vardır. Burada, aynı zamanda tasarım aracı olarak kullanılan model temel alınmıştır. Detay tasarımının baskıya hazır hale getirilmesi için, Micallef (2015)'teki hazırlık aşamaları da göz önünde bulundurularak sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Aynı katmandaki bileşenlerin gruplanması veya birleştirilmesi: Aynı malzeme özelliklerine sahip olan katmanlar bütünlenerek aynı özellikte basılması sağlanmıştır.
- Boyut kararı: Öncelikle üretilecek olan detayın boyutuna karar verilmiştir. Daha sonra yazıcının baskı haznesine göre model parçalara bölünmüştür. Kullanılan yazıcının baskı haznesi 179 x 188 x 297 olduğu göz önünde bulundurularak model, Şekil 6.7'deki gibi 12 parçaya bölünmüştür. Bu parçalardan 6'sı dış kaplama, 6'sı duvarın gövdesini oluşturmaktadır. Parça boyutları Çizelge 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.7: Prototip üretimi için detay modelinin parçalara bölünmesi.

- Parça birleşimlerinin tasarlanması: Ayrı ayrı üretilen parçaların birleşim detayı oluşturabilmesi için Şekil 6.8'deki gibi geçme birleşimler tasarlanmıştır.



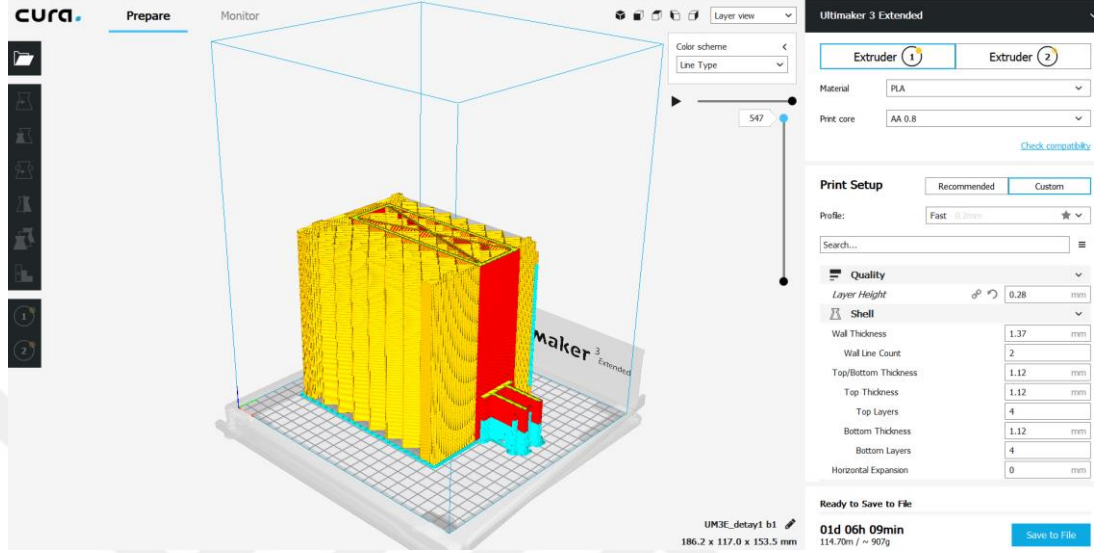
Şekil 6.8: Prototip parça birleşimleri için geçmelerin tasarlanması.

- STL formatına dönüştürülmesi: Basılacak parça modeller, sırayla “.stl” formatına çevrilerek son düzenlemeler için, tek tek “Cura” programına aktarılmıştır. Cura programı, Ultimaker yazıcılar için baskı öncesi hazırlıkların yapıldığı ve yazıcıya dosyanın aktarıldığı bir arayüzdür.
- Modelde boşluk kontrolünün yapılması: Çizilen geometrilerde, baskı anında sorun oluşturabilecek bir deformasyon olup olmadığının kontrolü hem tasarımcı hem program uyarıları yardımıyla yapılmıştır.
- Katman ayarlarının yapılması: Baskı anında tek malzemenin kullanılabildiği bu üretim sürecinde; dış kaplama, ısı yalıtımı, yoğunlaştırılmış ısı yalıtımı, alüminyum ve iç kaplama katmanlarının malzeme özellikleri, katman dolguların doku ve yoğunluk ayarları ile aktarılmıştır. Çizelge 6.2’de katman-doku-yoğunluk ayarları verilmiştir.

Çizelge 6.2: Katmanların yoğunluk ve doku ayarları.

bileşen ve katman ismi - malzemesi	dolgu dokusu	dolgu yoğunluğu
iskelet duvar gövdesi - alüminyum	ızgara (grid)	%100 (2 kat 1.6 mm kalınlığında duvar kalınlığı ile)
ısı yalıtımı - atık ahşap lifi	ızgara (grid)	%10
yoğunlaştırılmış ısı yalıtımı	ızgara (grid)	%70
iç kaplama – seramik	çizgi (lines)	%100
dış kaplama - seramik	ızgara (grid)	%100 (2 kat 1.6 mm kalınlığında duvar kalınlığı ile)

- Destek gerekliliğinin belirlenmesi: Basılacak geometriye göre, Şekil 6.9'daki arayüz görüntüsünde mavi olarak gösterilen bileşenler gibi, baskı anındaki taşıyıcılığı sağlaması için destek eleman gerekliliği program tarafından belirlenmektedir.



Şekil 6.9: Destek elemanlarının belirlenmesi.

- Gerekli filament miktarının ve sürenin hesaplanması: Daha kısa sürede üretim yapılabilmesi adına, 0.4 mm yerine 0.8 mm baskı ucu seçilmiş ve yazıcıya takılmıştır. Baskı hızı 45 mm/dk olarak ayarlandıktan sonra, modelin basılması için gereken süre ve malzeme program tarafından hesaplanmıştır. Hesaplanan yaklaşık malzeme miktarı da yazıcıya takılarak; malzemenin tipi (PLA), kalınlığı (2.85 mm) yazıcının ekranındaki seçimlerle tanıtılmıştır. Parçaların üretim süresi ve malzeme miktarları Çizelge 6.3'te verilmiştir.

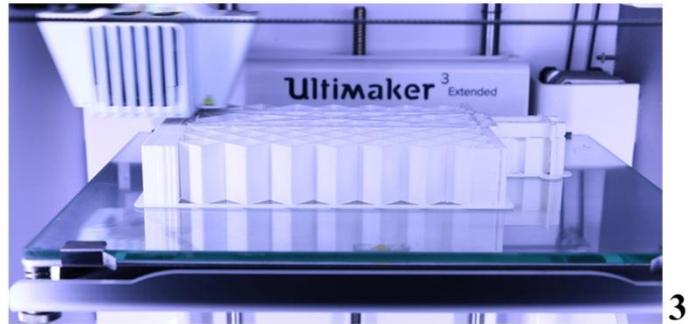
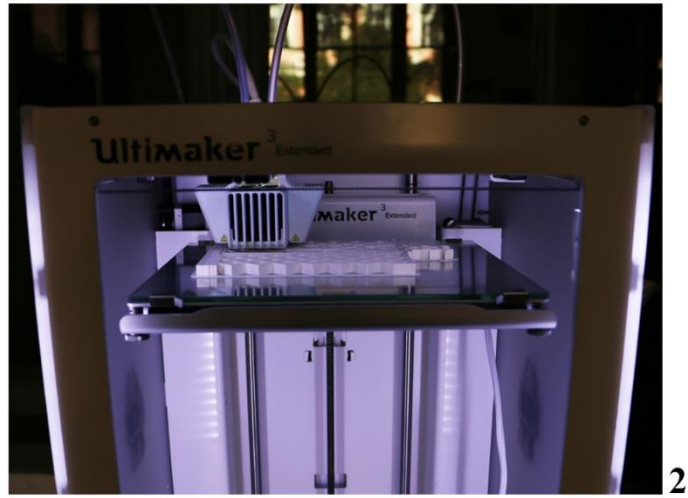
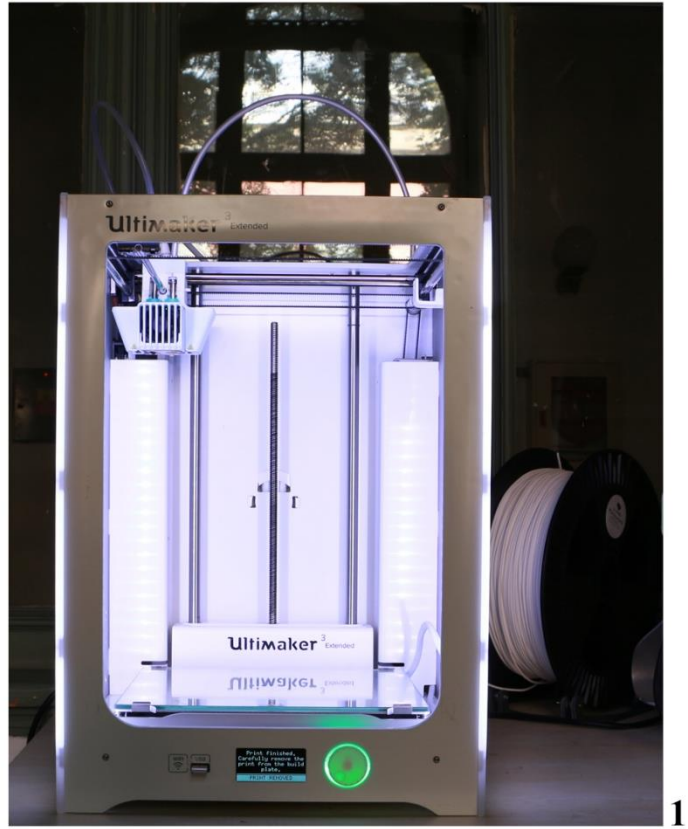
Çizelge 6.3: Prototip detay parçalarının boyutu, baskı süresi ve malzeme miktarı.

detay parça numarası	boyutu (mm)	baskı süresi	sarf ettiği filament miktarı (gram)
a1	186 x 117 x 158	22 saat 8 dakika	630 gr
a2	148 x 135 x 158	18 saat 37 dakika	552 gr
a3	186 x 130 x 158	24 saat 56 dakika	716 gr
b1	186 x 117 x 153	30 saat 9 dakika	907 gr
b2	148 x 135 x 153	19 saat 35 dakika	661 gr
b3	186 x 130 x 153	33 saat 31 dakika	1004 gr
c1	122 x 113 x 51	2 saat 55 dakika	85 gr
c2	130 x 113 x 51	2 saat 48 dakika	81 gr
c3	129 x 113 x 51	3 saat 11 dakika	88 gr
d1	68 x 113 x 188	7 saat 4 dakika	182 gr
d2	25 x 113 x 188	6 saat 5 dakika	153 gr
d3	60 x 113 x 188	7 saat 41 dakika	183 gr
toplam	250 x 400 x 330	178 saat 40 dakika	5242 gr

6.2.2 3B prototip baskı süreci

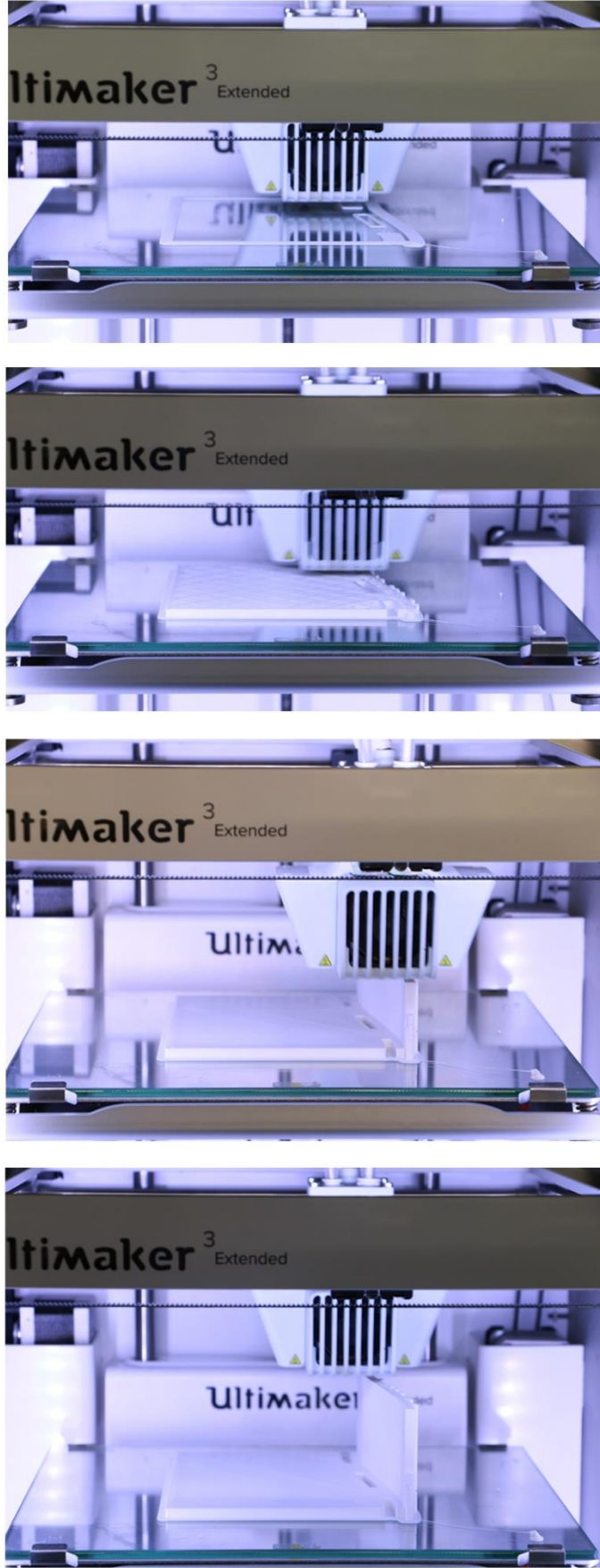
Tüm bilgilerin girildiği dijital model dosyaları, yazıcının taşınabilir belleğine yüklendikten sonra tekrar yazıcıya takılarak dosya aktarımı sağlanmıştır. Daha sonra yazıcı ekranındaki yönergeler izlenerek baskı başlatılmıştır. Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de farklı parçaların baskı süreç fotoğrafları verilmiştir.

Baskı sırası, 2.200 gramlık filament ruloları göz önünde bulundurularak, toplamaları yaklaşık bir filament rulosu olacak şekilde 3 gruba ayrılarak düzenlenmiştir.



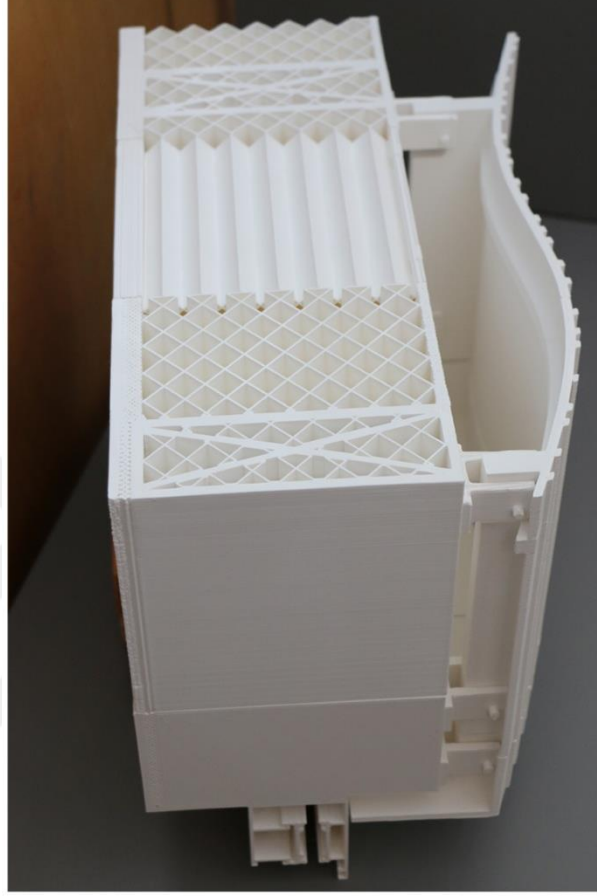
1: 3B yazıcı ve filamentin konumu 2 ve 3: b1 parçası baskı anı fotoğrafları

Şekil 6.10: 3B prototip baskı süreci fotoğrafları.

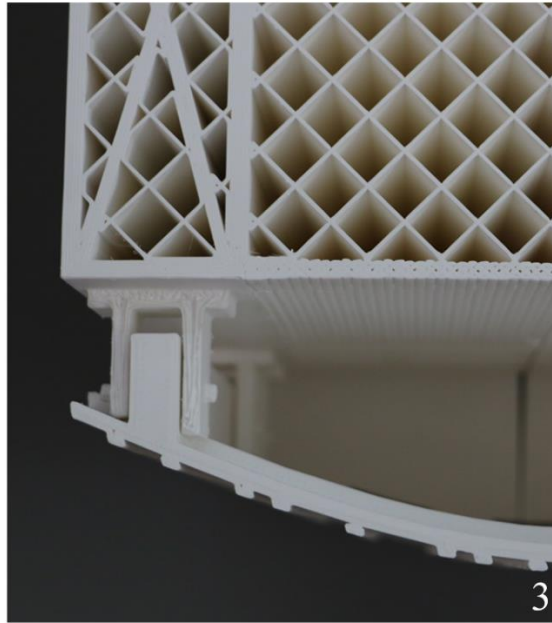
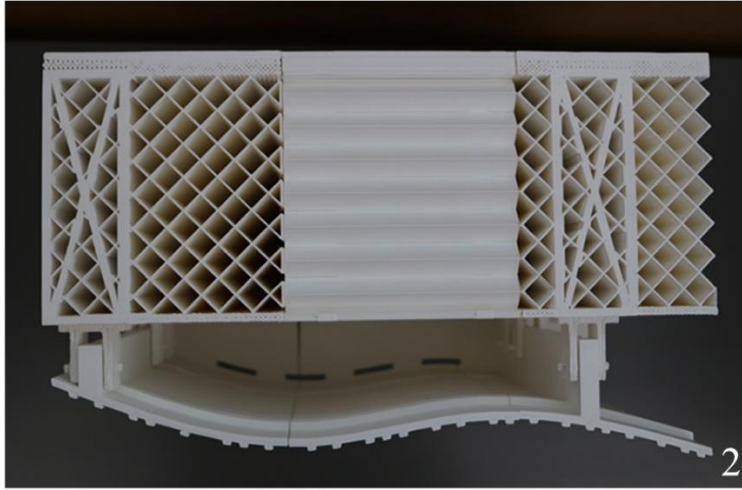


Şekil 6.11: c2 parçası 3B prototip baskı süreci fotoğrafları.

Baskılar bittikten sonra, parçalar yazıcının baskı tablasından alınarak destek elemanları, küçük el araçları (maket bıçağı, yan keski vb.) ile temizlenmiştir. Detay baskısının parça ve birleştirildikten sonraki fotoğrafları Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’de verilmiştir.

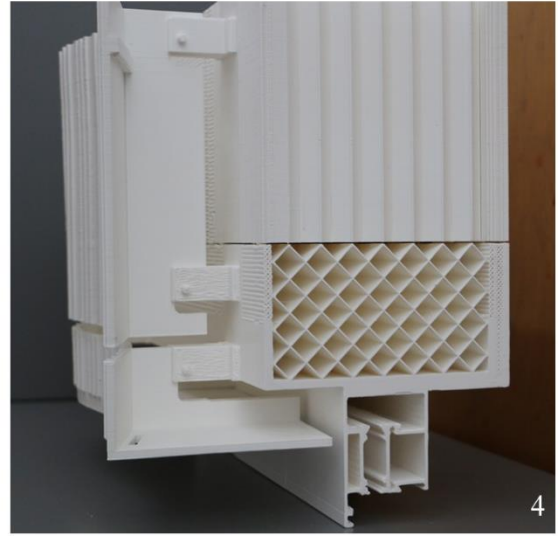
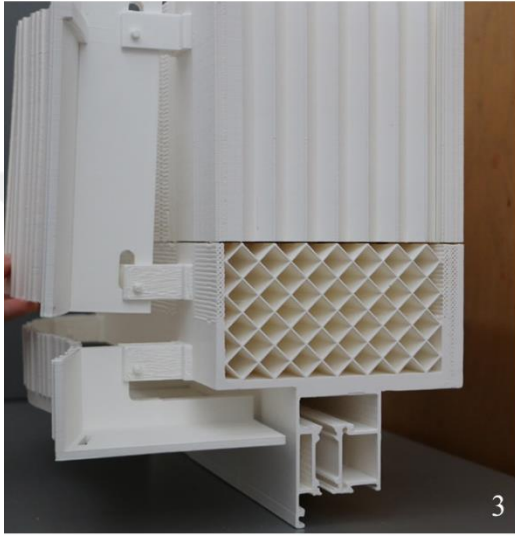
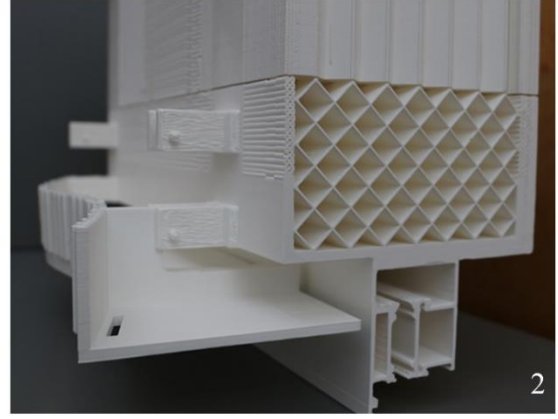
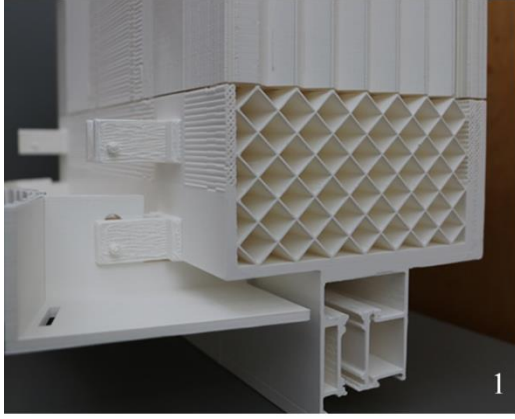


Şekil 6.12: Detay 3B baskı prototipi perspektif fotoğrafları.



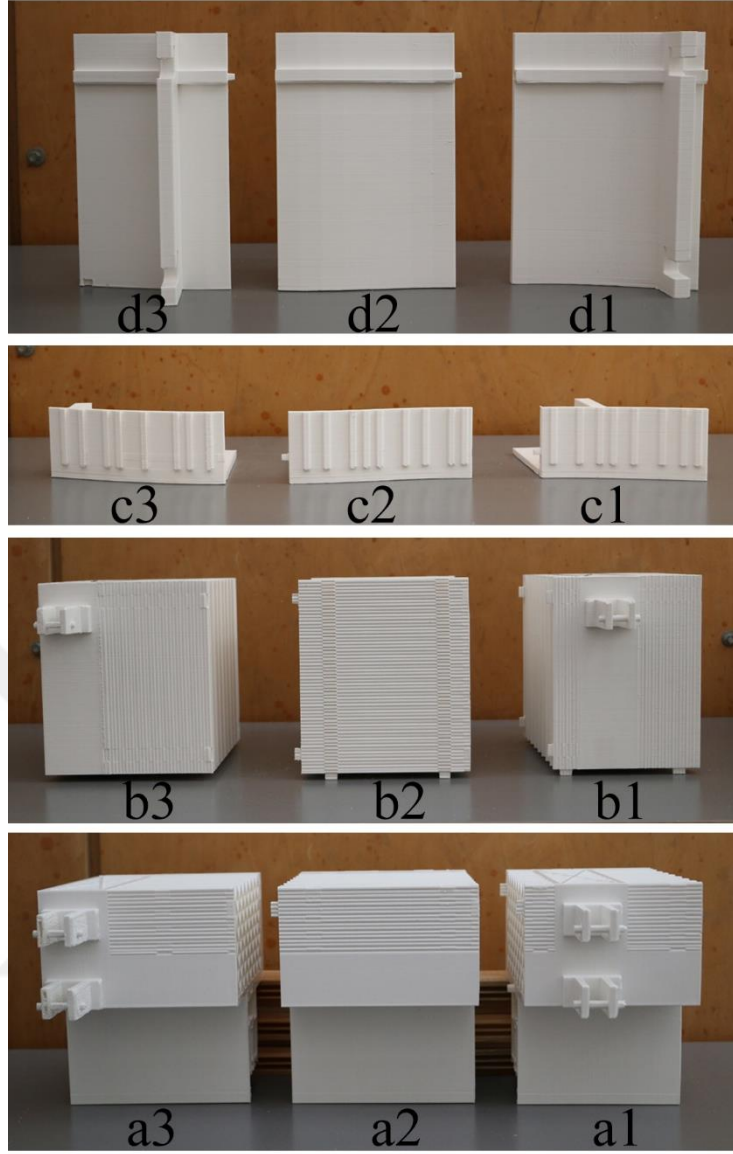
1: cephe kaplaması görünüşü 2: plan görünüşü 3: plan görünüş (yakın)

Şekil 6.13: Detay 3B baskı prototipi fotoğrafları.



1 ve 2: cephe kaplamasının (c1+c2+c3 parçaları) gövdeye takılması
3 ve 4: cephe kaplamasının (d1+d2+d3 parçaları) gövdeye takılması

Şekil 6.14: Detay 3B baskı prototipi fotoğrafları - dış kaplamanın gövdeye takılması.



a ve b: duvar gövdesi ve doğramanın sabit parçası
c ve d: cephe kaplaması

Şekil 6.15: Detay 3B baskı prototipi fotoğrafları – parçalar.

6.2.3 3B baskı için tasarımın ve üretimin değerlendirilmesi

Burada; 6.1. bölümde aşamalarıyla aktarılan, 3B baskı teknolojisiyle üretim için tasarım süreci ve devamında 6.2. bölümde gerçekleştirilen baskı süreci ve sonucunda çıkan prototip ürün değerlendirilmiştir.

Öncelikle, detay tasarım sürecini, “yapım teknolojileri - tasarım süreci” etkileşimi bağlamında ele aldığımızda, aşağıdaki değerlendirmelerde bulunulmuştur;

- 3B baskı için tasarıma başlamadan önce mevcut malzeme ve baskı teknolojileri ile ilgili bilgi birikimi ve deneyimin yüksek olması gerekmektedir. Farklı

malzemelerin bir arada kullanımı, baskı hacmi, (varsa) biçimsel sınırlamalar vb. sınırlandırmaları önceden belirleyip bu şartlara uygun tasarım geliştirilmelidir. Bu çalışmadaki tasarım sürecinde, geleceğe yönelik bir detay tasarlandığı için öncelikle varsayımsal bir teknolojik “çevre tasarımı” yapılmış olması, tasarımcıyı bu anlamda yönlendirmiştir.

- 3B baskının üretim prensibi doğrultusunda, dış cephe kaplaması ve doğramanın hareketli elemanı haricindeki tüm bileşenler yekpare tasarlanmıştır. Böylelikle birleşim işlevi olan elemanların ortadan kalkmasıyla detay sadeleşmiştir.
- Üretim sürecinde bir dezavantaj oluşturmayacağı için özellikle dış cephe kaplamasında biçimsel anlamda standartlaşma gerekli görülmemiştir
- Günümüzde de çoğu tasarım sürecinde araç olarak kullanılan dijital modelin bir çıktı olarak doğrudan üretim sürecine gönderilebilmesi, tasarımın tanımlanması sürecini neredeyse ortadan kaldırmıştır.
- Parça sayısını daha fazla arttırmamak için detay parçaları, yazıcının baskı tablasına farklı yönlenmelerde yerleştirilmiştir. Fakat bunun sonucu olarak dolgu dokularında parçalar arası yön farklılıkları oluşmuştur.

3B baskı süreci ve prototip ürününü “yapım teknolojileri - tasarım süreci” etkileşimi bağlamında ele aldığımızda, aşağıdaki değerlendirmelerde bulunulmuştur;

- Parçaların birleşimini sağlamak için tasarlanan geçme birleşimlerde tolerans payı 0.5 mm olarak ayarlanmıştı fakat bunun yeterli olmadığı görüldü. Bu sebeple henüz basılmamış parçalar tekrar düzenlenerek, 1-2 mm tolerans bırakılmıştır.
- Eğrisel ve ortogonal biçimler arasında baskı hızı ve kalitesi açısından bir farklılığa rastlanılmamıştır.
- Tasarımcı ve yapımcının aynı kişi olması hızlı müdahale ve karar almayı kolaylaştırmıştır.

3B baskı süreci ve prototip ürünü ile ilgili değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır;

- Üretimin gerçekleştirildiği yazıcı bir masaüstü yazıcısı olduğu için, kullanımı oldukça kolay olmuştur. Yazıcı ekranındaki yönlendirmeler takip edilerek, herhangi bir uzmanlık gerektirmeden herkes tarafından baskı alınabilir.

- Üretimi gerçekleştirmek için bilfiil bir insana ihtiyaç duyulmasa da, malzeme yükleme, baskıyı başlatma, filament tıkanması (tüm baskı sürecinde iki kez bu sorunla karşılaşıldı) vb. konularda müdahale etmesi için bir kişinin bulunması gerekmektedir.
- Baskı anında üretilen parçanın taşıyıcılığını sağlamak için kullanılan destek elemanlarının baskı sonrası el ile temizlenmesi, ürünün dolgu yüzdesi az veya girinti-çıkıntılı bölgelerinde deformasyona sebep olabilmektedir.



7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tasarlanan binanın üretim aşamasını göz önünde bulundurma gerekliliği mimari tasarım sürecinin en başından itibaren önemini koruduğu gibi, mimari yapım teknolojileri de tasarımcının hayal ettiklerini gerçekleştirmek için değişimini sürdürür. Bu çalışma, “yapım – tasarım” etkileşimi bağlamında, mimari yapım teknolojisindeki değişimin tasarım sürecine etkisinin saptanmasını amaçlamıştır. Odaklanılan nokta ise gelecekte mimari yapım teknolojisi olarak kullanılma potansiyeli olan 3B baskı teknolojisinin mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım sürecine olan etkisi ile ilgili öngörü geliştirmektir.

Çalışmanın ana bölümündeki alan çalışmasının alt yapısını oluşturan, literatür analizi ve derlemesi yöntemiyle kurulan kuramsal çerçevenin kapsamı; mimari yapım teknolojileri, mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri ve mimari yapım-tasarım etkileşimi olarak ele alınmıştır. Çalışmanın ana bölümünde ise mimari yapım teknolojisi olarak 3B baskı kullanımının mimari üretime yönelik ayrıntıda tasarım sürecine etkilerinin belirlenmesi için, farklı deneyim düzeylerine sahip olan akademisyen ve sektörde detay tasarımı üzerine çalışan mimarlar ile görüşmeler yapılmıştır. Bu alan çalışması ile ilgili kapsam sınırlamaları; İstanbul’daki dördü devlet ve ikisi özel olmak üzere toplam 6 farklı üniversitede yapı bilgisi ana bilim dalında görev yapan, +30 ile +2 yıl aralığında deneyime sahip akademisyenler ve İstanbul’da gerçekleşen projelerde aktif olarak detay tasarlayan/tasarlamış, +50 ile +2 yıl aralığında deneyime sahip sektörde çalışan mimarlar olarak belirlenmiştir. Görüşmeler Aralık 2019 – Mart 2020 arasında, “Delfi öngörü yöntemi” kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde sırasıyla; uzman olarak görüşüne başvurulacak kişiler seçilerek ilk tur - yüz yüze görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu turda ana problem olan “Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” sorusu ve 21 alt soru uzmanlara yöneltilmiştir. Daha sonra analiz edilerek rapor haline getirilen ilk tur sonuçları uzmanlara iletilerek bu sefer verilen cevapları oylamaları istenmiştir. Delfi görüşmelerinin ikinci tur oylamaları analiz edilerek cevaplar değerlendirilmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır.

Delfi çalışmasının sonuçları tasarım girdilerine dönüştürülerek günümüz teknolojileri için tasarlanıp üretilmiş bir dış kabuk birleşim bölge detayı, 3B baskıda üretilmek üzere yeniden tasarlanmıştır. Yeniden tasarlanan detayların prototip üretimi 3B yazıcı ile gerçekleştirilmiştir.

Böylece, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar 3 ana başlık altında toplanabilir:

Literatür derlemeleri sonuçları

- Mimari yapım teknolojileri, 21.yy'ın ilk çeyreğine kadar ve dijital üretim teknolojileri olmak üzere iki ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Dijital üretim teknolojileri içinden 3B baskı teknolojisinin mevcut durumda mimari ölçekte kullanım olanakları, 3B yazıcılar, malzemeler ve örnek mimari üretimler derlenerek karşılaştırmalı şekilde sunulmuştur. Yaklaşık 30 yıldır farklı seviyelerde kullanılan dijital üretim teknolojilerinin kullanım alanlarını ve sınırlarını içeren bu derlemeler, mimari yapım teknolojisi olarak kullanımıyla ilgili geniş bir çerçeve sunmuştur.
- Mimari üretime yönelik ayrıntıda tasarım süreçleri derlenerek, ilgili oldukları detay bölgelerine göre tipik ya da birleşim bölge detayına yönelik olarak sınıflandırılmıştır. Toplamda altı detay tasarım yönteminin uygulama adımlarıyla beraber ele alınmasıyla farklı tasarım yaklaşımları ortaya konmuştur.
- Mimari yapım ve tasarım süreçlerinin birbirlerine olan etkileri ve beklentileri, meslek kuruluşlarının bu iki süreç arasındaki bağlantıyı sağlamak için oluşturdukları standartlar ele alınarak ilişkiler irdelenmiştir. Böylelikle verimli bir ürün oluşturulabilmesi için tasarım ve yapım süreçlerinin birbirleriyle bağlantılı yürütülmesinin önemli olduğu belirlenmiştir.
- Bina yapım teknolojilerini değerlendirmek ya da karşılaştırmak ve tasarım süreçlerini analiz etmek için kullanılabilecek bir ölçüt takımı oluşturulmuştur. 3B yapım teknolojisi ele alınırken, bu ölçütler doğrultusunda sorgulama yapılması teknolojinin etkilerini belirlemekte yardımcı olmuştur.
- Çatı, dış duvar, döşeme ve dış duvar boşluğu yapı elemanları yapım yeri, gövde yapısı, biçimi, binadaki konumuna göre sınıflandırılmış ve bu yapı elemanlarının tüm olası bir araya gelme ihtimalleri için kombinasyon listesi oluşturulmuştur. Böylelikle tüm seçenekler göz önünde bulundurularak,

çalışmanın uygulama bölümünde kullanılacak örnek detay seçimi yapılabilmektedir.

Delfi öngörü çalışması sonuçları

- 3B baskı teknolojisi mimari yapım teknolojisi olarak kullanıldığında tasarım sürecine olan etkileri ile ilgili Delfi çalışmasının başlıca sonuçları aşağıda sıralanmıştır:
 - Yerinde – ön üretimli yapım arasında kalite kontrol kolaylığı açısından günümüzde var olan fark oldukça azalacaktır.
 - Katmanların üst üste eklenmesiyle ürünün oluştuğu baskı üretiminde birleşim ve ek elemanları neredeyse ortadan kalkacaktır. Böylece günümüze kıyasla detaylar “sadeleşecektir”.
 - Tasarım sınırlarını belirleyen en büyük etken 3B yazıcı ve kullanılan malzemelerin özellikleri olacaktır.
 - 3B baskı teknolojisi ile birden fazla işlevi karşılayan karmaşık malzeme arayışı artacak ve malzeme araştırmalarını bu yönde teşvik edecektir.
 - İklim ve çevre verilerine yönelik tasarım, yapım ve tasarım ile ilgili süreç tasarımı gerekliliği, tasarım aracı olarak maket yapımı, kullanılan üretim teknolojilerinden bağımsız olarak her zaman varlığını sürdürecektir.
 - Tasarımcı ve kontrolör olarak “Mimar” rolünün korunması fakat tüm tasarım ve üretim sürecine hakim bir “tek akıl (yapay zeka)” nın olması beklenmektedir.
- Mimarlık teknolojisi ve tasarım süreci ile ilgili bir konuda; deneyim yılları ve meslek pratikleri farklı olan uzmanların, iletilen soruların çoğunda verdikleri cevaplarda dengeli bir dağılım görülmüştür. Büyük oranda farklılık saptanan tek konu; tasarım aracı olarak eskiz çiziminin kullanımıdır. 15 yıl ve üzeri deneyim yılına sahip uzmanlar eskiz çiziminin günümüzdeki gibi kullanımına devam edileceğini savunurken, 15 yıldan az deneyime sahip olan uzmanlar eskiz çiziminin azalacağını ve zamanla ortadan kalkacağını düşünmektedir.
- Hem akademisyen hem sektörel uzmanların 3B baskı teknolojisinin mimari yapım teknolojisi olarak kullanımına yaklaşımlarının olumlu olduğu görülmüştür.

- 3B baskı teknolojisinin bina teknolojisi olarak gelecek kullanımı yapım-tasarım etkileşimi üzerinden incelenmiş, uzmanlar tarafından teknolojinin olası etkin gelişim yönleri öngörülmüştür. Bu öngörülerin tasarım girdisine dönüştürülmesi ve bir örnek üzerinde uygulanması ile çalışma sonuçlarının uygulanabilirliği ortaya konmuştur.
- Geleceğe yönelik bir durum değerlendirmesi yapabilmek için seçilen Delfi öngörü yönteminin mimari yapım teknolojisi alanında kullanımına bir örnek sunulmuştur.
- İlk tur görüşme öncesi uzmanlara konu ile ilgili yapılan bilgilendirmeler arasında bulunan; araştırmacının var olan örneklerden yola çıkarak geliştirdiği, 3B baskının 2028 – 2035 – 2058 yıllarında olası gelişmişlik ve kullanım senaryosunun fikir üretebilmek üzere sunulmasının, uzmanları konu bağlamında motive ettiği ve örnekler üzerinden farklı gelecek senaryoları kurmalarını teşvik ettiği saptanmıştır.

3B baskı için tasarım ve üretim sonuçları

- Delfi sonuçları ve günümüzde yürütülen çalışmalar referans alınarak günümüz teknolojileri için tasarlanmış bir birleşim bölge detayı, 3B baskı teknolojisine yönelik olarak yeniden tasarlanmış, böylelikle 3B baskı tasarım süreci örneği gerçekleştirilmiştir. Bu deneyim sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;
 - Günümüz tasarım sürecinden farklı olarak, üretimin teknolojisinin her ayrıntısına tasarım sürecinin en başında karar verme gerekliliğinin önemli olduğu belirlenmiştir. Bu bilgi birikimi gerekliliği farklı uzmanlık alanlarının bir aradalığını veya çoklu uzmanlık tanımlarını getirebilir.
 - 3B baskı ile üretimin getirdiği prensip ile sadece birleşim işlevini karşılayan elemanların kullanımına gerek kalmadığı; fakat takılıp çıkarılabilme, genleşme, kontrol edilebilir büyüklükte üretim gibi sebeplerle parçalı üretimin tercih edilebileceği görülmüştür.
 - Günümüz detayına oranla, 3B baskı teknolojisi için tasarlanan detay, bileşen sayısı azaldığı için “sadeleşmiştir”. Bu sadeleşme, sınırlı kaynakların verimli kullanımı, inşa süresinin kısalması, daha az problem çözümü ve bileşenler arası uyum sorununun azalması gibi olumlu gelişmeleri de beraberinde getirecektir.

- Biçimin; ortogonal ya da eğrisel olması veya standart tekrarlarla sahip ya da özgün olmasının üretim aşamasında bir dezavantaj oluşturmayacağı görülmüştür. Bu serbestlik, tasarımcıyı sınırlamamakla birlikte, her “hareket” kararının kendine has bir gerekçeyle verilmesini de beraberinde getirmektedir. Bu sebeple, tasarımcı kendine bir “oto-sınır” tanımlama ihtiyacı duyabilir.
- Günümüzde de çoğu tasarım sürecinde araç olarak kullanılan dijital modelin bir çıktı olarak doğrudan üretim sürecine gönderilebilmesi, tasarımın tanımlanması sürecini neredeyse ortadan kaldırmıştır. Tanımlamanın en aza indirilmesi; üretime yönelik tasarım süresinin, gereken iş gücünün ve aktarım sırasındaki hata payının da azalmasını beraberinde getirecektir.
- 3B yazıcı ile mimari bir yapı elemanının 1/1 ölçekte prototip üretimi gerçekleştirilmiş ve süreç raporlanmıştır. Böylelikle;
 - Dijital bir üretim olan 3B baskı teknolojisinde her ne kadar makine hatası sıfıra yaklaşıp da, üretim anında bir kontrolör bulunması gerekli görülmüştür. Fakat insan müdahalesinin 12 parçada 2 kez gerekmesinden yola çıkılarak, teknolojinin gelişmesiyle bu oranın oldukça düşmesi beklenmektedir.
 - Malzeme özelliğine ve basılan geometriye göre değişmekle birlikte, birleşimlerde 1-2 mm’lik tolerans bırakma gerekliliği saptanmıştır. Bu tolerans miktarının, yazıcı ve malzeme özelliği olarak üretici firmalar tarafından belirlenmesi, tasarımcıyı yönlendirecektir.
 - 3B yazıcı kullanımının uzun süreli bir uzmanlık eğitimi gerektirmediği görülmüştür. Tasarım sürecini de içine alarak uygun bir arayüz tasarlandığında, kullanıcının da üretim sürecine dahil olabileceği hatta bazı özel durumlarda araçları ortadan kaldırarak “tasarımcı-üretici-kullanıcı” rollerinin birleşebileceği düşünülmektedir.
 - Baskı esnasında basılan elemanın taşıyıcılığını destekleyen “destek” eleman kullanımı her ne kadar üretim anında süre ve maliyet açısından gözle görülür bir olumsuzluk oluşturmaya da, üretim sonrası işlem gerektirdiği için baskı teknolojisinin ilkelerine uymamaktadır. Bu elemana ihtiyaç duyulmaması için, teknolojinin düşeyde baskı, çok

eksenli baskı kafası, stabilitesi yüksek malzeme konularında gelişmesi gerekmektedir.

Bu çalışmayla, mimarlık ofisleri için, gelişen teknolojilere adaptasyon sağlarken yürüttükleri tasarım süreçlerine yönelik olarak değişiklik gösterebilecek durumlar ve kriterlerle ilgili veriler ve kolaylaştırıcı bilgiler sunulmuştur. 3B baskı teknolojisinin avantajlarının ve hâlihazırda yürütülen çalışmaların sunulması ile inşaat sektörünün bu konudaki çalışmalara yönelmesi teşvik edilmiştir. Özellikle Türkiye’deki araştırma gruplarının ve sektörel paydaşların, son on yıldır uluslararası düzeyde yürütülen çalışmalara bir takım halinde dahil olması büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte, gelecekteki mimarlık teknolojisi eğitime ve 3B baskının mimarlık alanında kullanımıyla ilgili yapılacak araştırmalara çeşitli veriler oluşturulmuştur. Bu verilerden yola çıkılarak, ileriye yönelik çalışmalarda;

- 3B baskı ile üretilecek detay tasarım örnekleri çoğaltılabilir,
- 3B baskı teknolojisinin performans (ısı, su, ses vb.) özellikleri belirlenebilir.
- Derlenen ölçüt grubundan faydalanılarak mimari yapım teknolojisi olarak günümüz yapım teknolojileri ile 3B baskı teknolojisi deneysel çalışmalardan elde edilen verilerle güçlendirilerek karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Aksu, Ö. & Altun, M. C.** (2009). Architectural Detail Design Methods- Simplified and Analysed, *Proceedings of the Detail Design in Architecture 8-Translating Sustainable Design into Sustainable Construction Conference*. University of Wales Institute, Cardiff, UK, September 4.
- Allen, E. & Rand, P.** (2016). *Architectural detailing: function, constructibility, aesthetics*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Altun, M. C. & Genç, H. N.** (2011). Effectiveness of the “VDI-H.F.O.Müller Method” in Building Element Design. *Architectural Engineering Conference, (AEI)*. Oakland, California, United States; March 30 - April 2.
- Altun, M. C. & Türkay, I.** (2015). “4+9”: Tipik Bölge Detayı Tasarımı için Bir Destek Aracı ve Kullanılabilirliği. 2. *Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Yapı Üretimi, Kullanımı ve Koruma Süreçleri*. Tmmob Mimarlar Odası, Ankara Şubesi, Ankara. 3-5 Haziran.
- Anderson, M., & Anderson, P.** (2007). Prefab prototypes : site-specific design for offsite construction. Princeton Architectural Press.
- Armstrong, J. S.** (2001). *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. US: Springer.
- Artuğ, S & Altun, M. C.** (2019). 3 Boyutlu Baskı Teknolojisinin Bina Üretiminde Kullanım Olanaklarının Güncel Örnekler Üzerinden İncelenmesi. *4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry*. Antalya, Türkiye, 11-14 Nisan.
- Ataev, S.** (1980). Construction Technology. MIR Publishers, Moskova.
- Atasoy, A.** (1980). Yapımda endüstrileşme tasarlama ilişkileri : bir katımlı tasarlama incelemesi. İTÜ.
- Aygün, M., Çetiner, İ. & Göçer, C.** (1999). Yapı Elemanlarında Seçenek Üretimi ve Değerlendirilmesi, İNTAG 108, TÜBİTAK, Ankara, (Basılmış Rapor).
- Benk, A.** (1967). Büyük Larousse. Gelişim Yayınları, İstanbul.
- Bijl, A., Akin, O., Chen, C.-C., Dave, B., Pithavadian, S., Kalay, Y. E.,... Suzuki, S.** (1986). CAD and Robotics in Architecture and Construction. [electronic resource]: Proceedings of the Joint International Conference at Marseilles, 25–27 June 1986. Springer US.
- Binan, M.** (1964). *Yapı elemanları: çizimler-açıklamalar*. İstanbul: İTÜ Yayınları.
- Bralla, J. G.** (1999). *Design for manufacturability handbook*. New York: McGraw-Hill.

- Broadbent, G.** (2000). Architectural education. Educating Architects, Cultural Research Office, pp. 10–23.
- BS EN ISO 8373:1994** *Manipulating industrial robots - Vocabulary*. (1994). BSI Standards Limited.
- Buhring, J. & Koskinen, I.** (2017). Beyond forecasting: a design-inspired foresight approach for preferable futures. *7th International Congress of the International Association of Societies of Design Research (IASDR 2017)*. Cincinnati, USA 31 October – 3 November 2017.
- Buswell, R. A., de Silva, W. L., Jones, S. Z., & Dirrenberger, J.**, (2018). 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research. *Cement and Concrete Research*, 112, 37-49.
- Caneparo, L. & Cerrato, A.** (2014). *Digital Fabrication in Architecture, Engineering And Construction*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Carmo, M.** (n.d.). Digital Indeterminism: The New Digital Commons and the Dissolution of Architectural Authorship. *The Alphabet and the Algorithm*, pp. 71-80.
- Ceccanti, F., Dini, E., De Kestelier, X., Colla, V., & Pambaguian, L.**, (2010). 3D printing technology for a moon outpost exploiting lunar soil. In 61st International Astronautical Congress, Prague, CZ, IAC-10-D3 (Vol. 3, pp. 1-9).
- Chappell, D. & Dunn, M.** (2016). *The architect in practice*. West Sussex, England: Wiley Blackwell.
- Craveiroa, F., Duarte, J. P., Bartolao, H., & Bartolod, P. J.** (2019). Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. *Automation in Construction* 103 (2019) 251–267.
- Cross, N.** (2007). Forty years of design research. *Design Studies*, Vol. 28 No. 1, pp. 1–4.
- Dalkey, N.** (1969). An Experimental Study of Group Opinion: *The Delphi Method, Futures I*, 408-420.
- Davies, R. L. & Petty, D. J.** (1960). *Building elements*. London: The Architectural Press.
- Demirbaş, C.V. & Polat, S.** (2010). Ulusal teknoloji öngörü çalışmalarında uzmanlık seviyesinin sonuçlara etkisinin araştırılması. *İtü dergisi/d mühendislik* Cilt: 9, Sayı:5, 68-74.
- Emmitt, S.** (2007). *Design management for architects*. Chichester, England: Wiley Blackwell.
- Emmitt, S., Olie, J. & Schmid, P.** (2004). *Principles Of Architectural Detailing*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Emmitt, S.** (2012). *Architectural Technology*. England: Wiley Blackwell.
- Emmitt, S. & Gorse, C. A.** (2014). *Barry's advanced construction of buildings* (Third edition) Wiley-Blackwell.

- Eser, L.** (1977). *Geleneksel ve Gelişmiş Geleneksel Yapı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- Eser, L.** (1979). *Geleneksel ve Gelişmiş Geleneksel Yapı 2*. İstanbul: İTÜ.
- Eser, L.** (1981). *Endüstrileşmiş Yapı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- Eser, L.** (1982). *Ön yapım endüstrileşmiş yapı*. İstanbul: İTÜ
- Fellows, R., & Liu, A.** (2015). *Research methods for construction*. England: John Wiley and Sons.
- Friberg, C.** (2010) Moving into the field of the unknown. In Friberg, C. et al (eds.) *At the intersection between art and research*. NSU Press, Malmo.
- Ford, E. R.** (2011). *The Architectural Detail*. New York: Princeton Architectural Press.
- Foster, J. S.** (1996). *Structure And Fabric, Part I*. Harlow: Batsford.
- Galjaard, S., Hofman, S., Perry, N. & Ren, S.** (2015). Optimizing structural building elements in metal by using additive manufacturing. In: Proceedings of the International Association of Shell and Spatial Structures (IASS), Amsterdam.
- Gao, J. & Fischer, M.** (2008). Framework and Case Studies Comparing Implementations and Impacts of 3D/4D Modelling Across Projects, Technical Report (Report no. TR172). Stanford, CA: Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Gaynor, G.** (1996). *Handbook Of Technology Management*, McGrawHill, USA
- Gebhardt, A. & Hötter, J.-S.** (2016). *Additive Manufacturing : 3D Printing for Prototyping and Manufacturing*. Munich: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000ttw&AN=1628225&lang=tr&site=eds-live>
- Gibson, I., Rosen, D. & Stucker, B.** (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. [electronic resource]. New York: Springer New York. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01696a&AN=itu.b2125220&lang=tr&site=eds-live>
- Gordon, T., Helmer, O.** (1964). Long-range Forecasting Study (P-2982). California: The RAND Corporation.
- Gramazio, F., Kohler, M. & Langenberg, S. (eds).** (2014). *Fabricate: negotiating design & making*, gta Verlag, Zurich.
- Hager, I., Golonka, A., & Putanowicz, R.** (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction?. *Procedia Engineering*, 151(Ecology and new building materials and products 2016), 292-299. doi:10.1016/j.proeng.2016.07.357
- Hauschild, M., Karzel, R., Hellstern, C., Kollmann, N. & Schönbrunner, E.** (2011). *Digital processes : planning, design, production*. Basel: Birkhäuser; Munich: Edition Detail: Institut für Internationale. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01696a&AN=itu.b2655133&lang=tr&site=eds-live>

- Herriott, R.** (2019). What Kind of Research is Research Through Design?. *International Association of Societies of Design Research Conference 2019-Design Revolutions*. United Kingdom: Manchester Metropolitan University, September 02-05.
- Houde, S. & Hill, C.** (1997) What do prototypes prototype?, in *Handbook of Human-Computer*.
- Jantsch, E.** (1967). *Technological forecasting in perspective: a framework for Technological forecasting, its technique and organisation; a description of activities and an annotated bibliography*. Paris: OECD
- Jones, J. C.** (1992). *Design methods*. Van Nostrand Reinhold.
- Kang, D., Jang, W., Lee, H., & No, H. J.** (2013). A review on technology forecasting methods and their application area. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. Vol:7, No:4, 2013. pp.591 -595.
- Keating, S. J., Leland, J. C., Cai, L. & Oxman, N.** (2017). Toward site-specific and self-sufficient robotic fabrication on architectural scales. *Science Robotics*, 2 (5), 1-15.
- Keeney, S., Hasson, F. & McKenna, F.** (2011). *The Delphi Technique in Nursing and Health Research*. United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Kızılyaprak, N. & Altun, M. C.** (2011). Analysis of Building Element Design Methods. *Architectural Engineering Conference (AEI)*, (pp 490-498). Oakland, California, United States; March 30-April 2.
- Koca, D.** (2017). Tasarım Yoluyla Araştırma: Üniversite Kurumsal Kimlik Oluşumunda İç Mekan ve Mobilya Tasarımı. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC*. (7-2), 239-254.
- Kocovic, P.** (2017). *3D printing and its impact on the production of fully functional components : emerging research and opportunities*. Hershey, Pennsylvania : IGI Global. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01696a&AN=itu.b2531112&lang=tr&site=eds-live>
- Kolarevic, B.** (2003). *Architecture in the digital age : design and manufacturing*. New York, NY : Spon Press. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01696a&AN=itu.b1129091&lang=tr&site=eds-live>
- Koskinen, I. & Frens, J.** (2017). Research prototypes. *Archives of design research*. (30-3), 5-14.
- Kulaksızoğlu, E.** (1973). Mimarlık alanında çağdaş inşaat sistemleri gelişimi ve ilgili tasarım olanakları. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- Landeta, J., Barrutia, J. & Lertxundi, A.** (2011). Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting & Social Change*, 78(9), 1629–1641. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.009>

- Linstone, H. A. & Turoff, M. (Ed.).** (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/237035943_The_Delphi_Method_Techniques_and_Applications
- Micallef, J.** (2015). *Beginning Design for 3D Printing*. Berkeley, CA: Apress
- Mimari Proje Çizim ve Sunuş Standartları.** (2015). Erişim: Şubat 2020 <http://www.mimarist.org/mimari-proje-cizim-ve-sunus-standartlari/>
- Mimarın El Kitabı – TMMOB**
- Mishra, S., Deshmukh, S. G., & Vrat, P.** (2002). Matching of technological forecasting technique to a technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(1), 1 -27.
- Müller, F.O.** (1990). Methodik des Konstruierens und Wahl der Baustoffe. In: E. Cziesielski, ed. *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen*, Stuttgart: B.G. Teubner, pp.7-25.
- Naboni, R. & Paoletti, I.** (2015). *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*. [electronic resource]. Springer International Publishing. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01696a&AN=itu.b2125427&lang=tr&site=eds-live>
- Newton, P., Hampson, K., & Drogemuller, R. (ed.)** (2009). *Technology, design and process innovation in the built environment*. London; New York: Spon Press.
- Onat, E.** (2006). “Mimari Tasarımla Yüz Yüze Gelmek”, Mimarlığa Yolculuk. İstanbul: Efil Yayınevi Yayınları.
- Özkan, E.** (1976). Yapım sistemlerinin seçimi için bir yöntem. İstanbul: İTÜ.
- Parsaee, M., Motealleh, P., & Parva, M.** (2016). Interactive architectural approach (interactive architecture): An effective and adaptive process for architectural design
- Porter, A. L., Cunningham, S. W., Banks, J., Roper, A. T., Mason, T. W., & Rossini, F. A.** (2011). *Forecasting and management of technology*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Pressman, A.** (2001). *Architectural Design Portable Handbook*. McGraw-Hill Professional Publishing.
- Ramadurai, B. & Becattini, N.** (2013). *Classification of technology forecasting weaknesses and integrability analyses*. Retrieved from http://www.format-project.eu/deliverables/public-reports-and-white-papers/deliverable-2.5/at_download/file
- Redwood B., Schöffner, F. & Garret B.** (2017). *The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications*. 3D Hubs B.V. Basel: Amsterdam, The Netherlands.
- Riba Plan of Work.** (2013). Retrieved: February 2019, from <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work#available-resources>

- Rich, P. & Dean, Y.** (1999). *Principles of Element Design*. Oxford: Architectural Press.
- Rosen, H. J.** (1998). *Construction specifications writing : principles and procedures* (4th ed.). John Wiley.
- Sarakinioti, M. V., Turrin, M., Konstantinou, T., Tenpierik, M., & Knaack, U.** (2018). Developing an integrated 3D-printed façade with complex geometries for active temperature control. *Materials Today Communications*, 15, 275-279. doi:10.1016/j.mtcomm.2018.02.027
- Sharma, P.** (2018). *Towards An Orchestration Of Forecasting Methods To Devise Strategies For Design*. (PhD Thesis). The University of Texas at Dallas.
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T. & Krahm, J.** (2007). The Delphi Method for Graduate Research. *Journal of Information Technology Education*, 6.
- Smith, R. E.** (2010). *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Staib, G., Dörrhöfer, A., & Rosenthal, M.** (2008). *Components and Systems: Modular Construction–Design, Structure, New Technologies*. Basel: Birkhäuser.
- Sunar, Ş.** (1975). Endüstrileşmiş bina açısından mimari tasar ve uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- Şener, H.** (1986). Endüstrileşmiş binada açık ve yarı açık sistemler : endüstrileşmiş binada tasarlama yaklaşımları ders notları.
- Testa, C.** (1972). *Die Industrialisierung des Bauens: The Industrilization of Building*. Zurich: Artemis.
- Tübitak** – 2004- Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi
- Türkmenoğlu, S. B.** (2017). *Contribution of futures studies to industrial design undergraduate education: Implementation of long-range future-oriented design (LFD) methodology*. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Utkutuğ, G.** (1981). *Uygun Teknoloji Kapsamında Alternatif Yapım Yöntemlerinin Elde Edilmesine Yönelik Kavramsal Bir Model Denemesi*. (Doktora) İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi.
- Woensel, R., Oirschot, T., Burgmans, M., Mohammadi, M. & Hermans, K.** (2018). Printing Architecture: An Overview of Existing and Promising Additive Manufacturing Methods and Their Application in the Building Industry. *The International Journal of the Constructed Environment* 9 (1): 57-81. doi:10.18848/2154-8587/CGP/v09i01/57-81.
- Woudenberg, F.** (1991). An Evaluation of Delphi. *Technological Forecasting And Social Change*, 40, 131-150.
- Wu, P., Wang, J. & Wang, X.** (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation In Construction*, Vol. 68, Pages 21 -31. doi:10.1016/j.autcon.2016.04.005
- Yazıcıoğlu, F. & Altun, M. C.** (2009). Design and its Sub Process: “Detailed Design” - Approaches in Turkey. *Proceedings of the Detail Design in*

Architecture 8 - Translating Sustainable Design into Sustainable Construction Conference. University of Wales Institute, Cardiff, UK, September 4.

Yazıcıoğlu, F. (2007). *Mimarlık ofislerinde uygulamaya yönelik ayrıntıda tasarım süreci.* (YL). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods* (2nd ed.). Sage Publications.

Yossef, M. & Chen, A. (2015). Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures. *Civil, Construction and Environmental Engineering Conference Presentations and Proceedings*, 237-246.

Url-1 <<https://www.3dprinting-glossary.com>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-2 <<https://www.3dhubs.com>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-3 <<https://www.3dnatives.com>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-4 <<https://www.lboro.ac.uk>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-5 <<http://www.emergingobjects.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-6 <<https://news.berkeley.edu>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-7 <<https://www.theengineer.co.uk>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-8 <<http://www.officeofthefuture.ae>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-9 <<https://www.architectmagazine.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-10 <<https://www.media.mit.edu>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-11 <<https://mediatedmattergroup.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-12 <<https://3dprint.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-13 <<https://www.tue.nl>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-14 <<https://marcoferreri.files.wordpress.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-15 <<https://www.treehugger.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-16 <<https://www.dezeen.com>>, erişim tarihi Şubat 2019.

Url-17 <<https://www.designboom.com>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-18 <<https://www.3dwaspc.com>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-19 <<https://www.3ders.org>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-20 <<https://www.iconbuild.com>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-21 <<https://architectsarchive.tumblr.com/>>, erişim tarihi 29.05.2020.

Url-22 <<https://www.branch.technology>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-23 <<https://www.engineering.com>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-24 <<http://www.buildingbytes.info>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-25 <<http://projectegg.org>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-26 <<https://3dprintingindustry.com>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-27 <<https://iaac.net>>, erişim tarihi Şubat, 2019.

Url-28 <<https://futureofconstruction.org>>, erişim tarihi Şubat, 2019.



EKLER

EK A: Detay tasarımı yöntemleri ve araçları akış şemaları

EK B: Mimari 3B baskı örnekleri

EK C: “Teorik” detay seçenekler listesi

EK D: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi

EK E: Odak grup görüşme deşifresi

EK F: 3B baskı teknolojisi ön bilgilendirme materyalleri

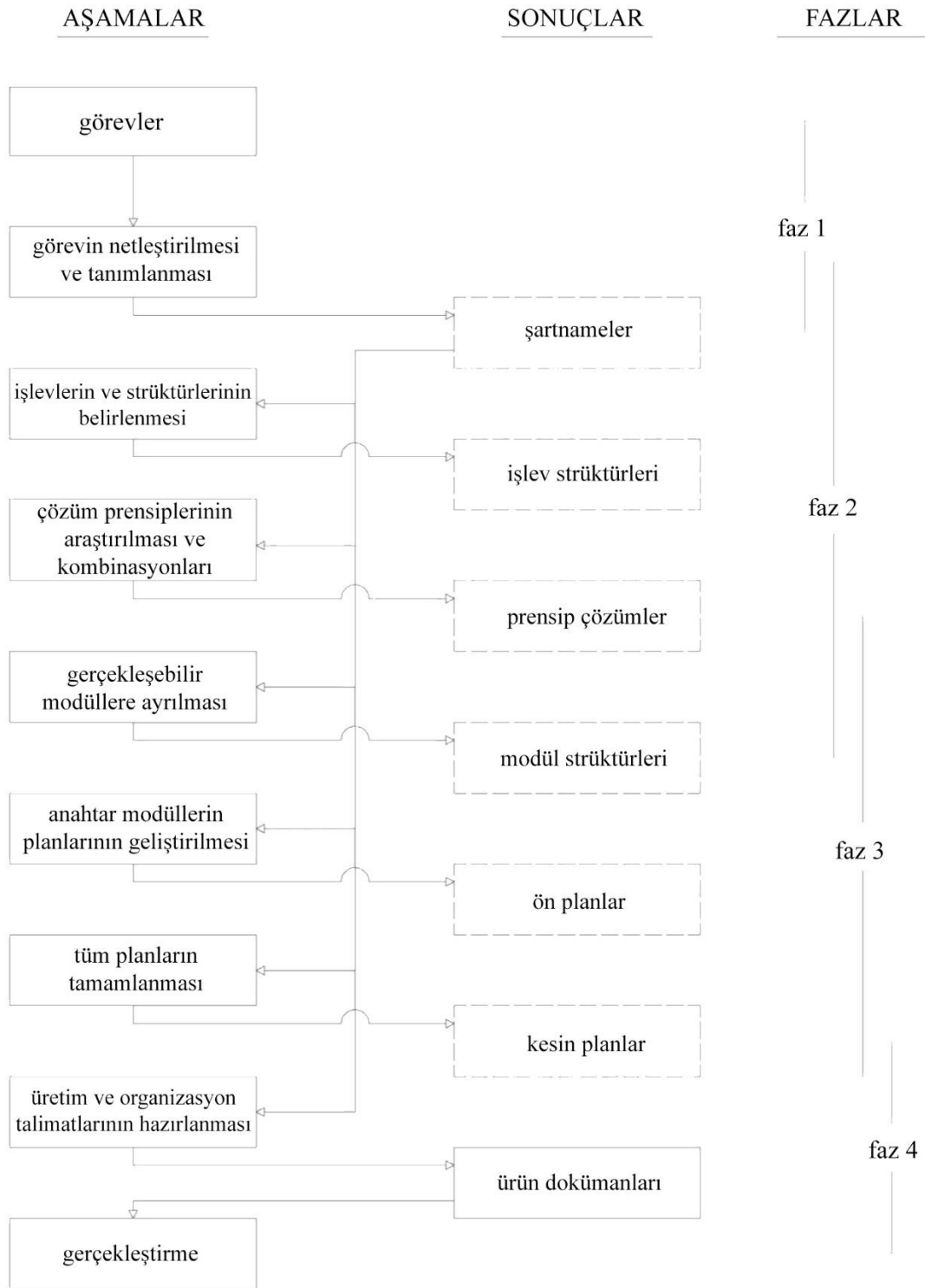
EK G: Örnek 3B baskı senaryoları

EK H: 1. tur görüşme deşifreleri

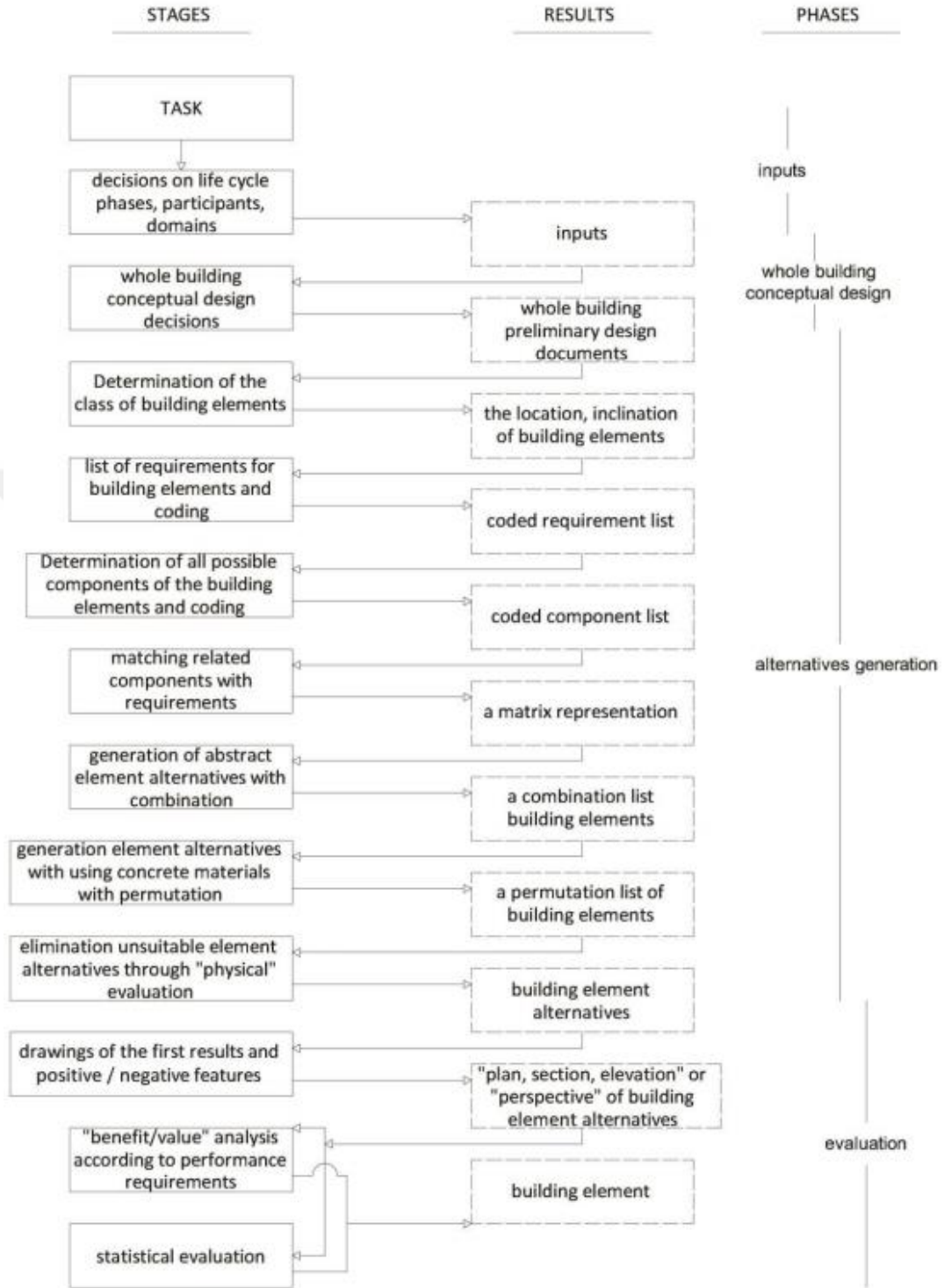
EK I: 2. turda uzmanlara iletilen sorular

EK K: Delfi çalışması sonuçlarına göre yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının mimari yapıma yönelik ayrıntıda tasarım süreçlerine olası etkileri ile ilgili ayrıntılı inceleme

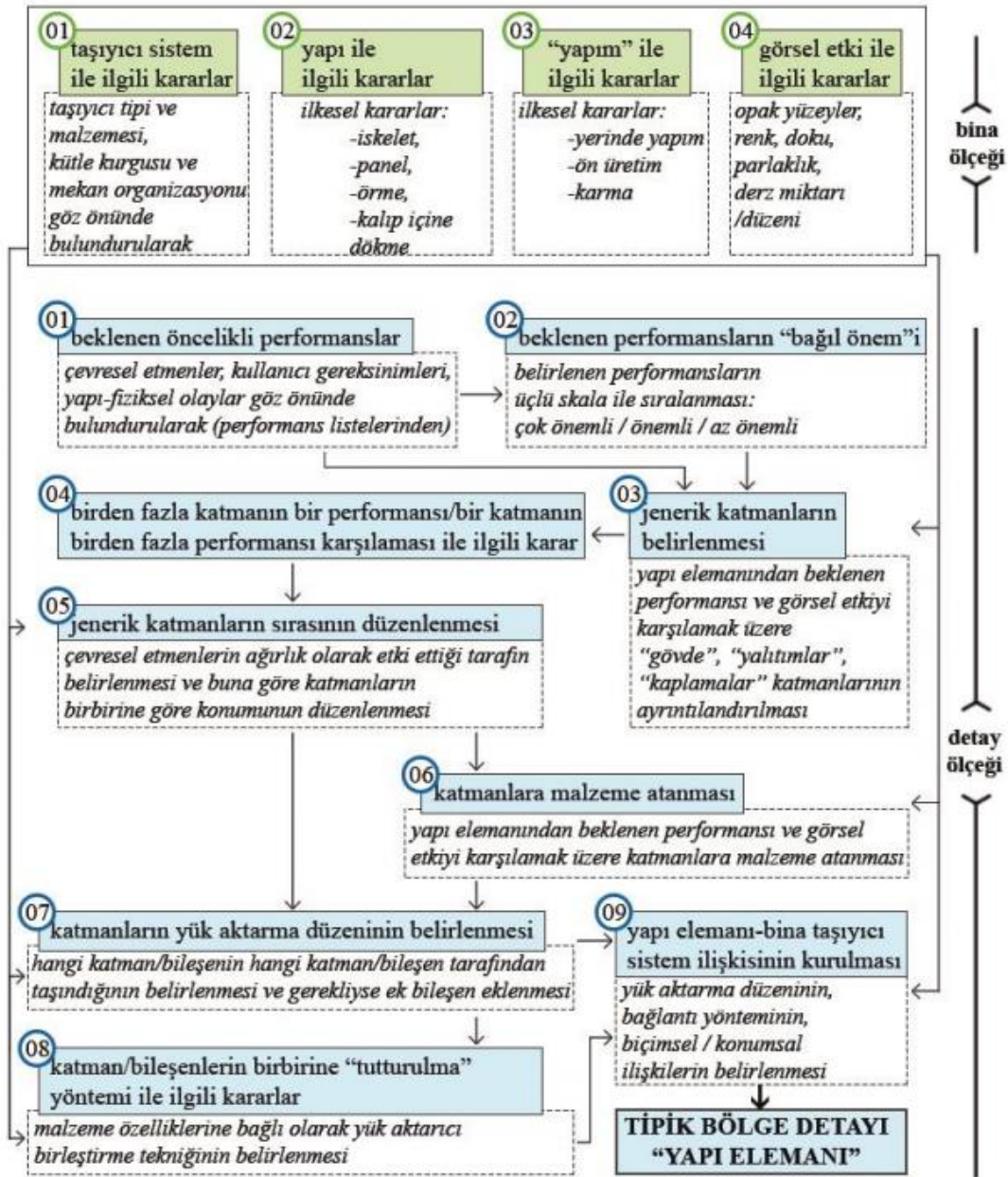
EK A – Detay Tasarımı Yöntemleri ve Araçları Akış Şemaları



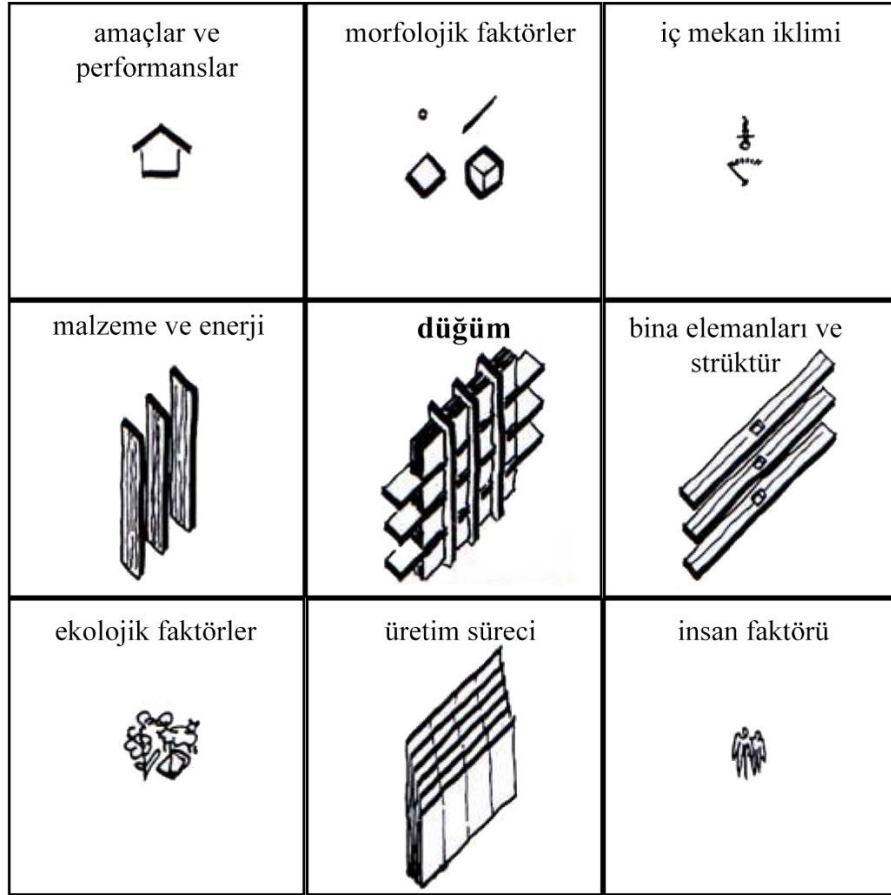
Şekil A.1: H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 – yapı elemanı tasarımı ve malzeme seçimi destek aracı akış şeması (Genç & Altun, 2011).



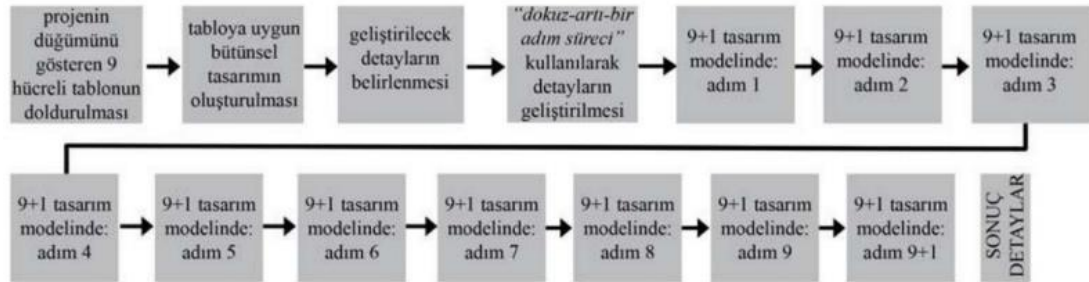
Şekil A.2: M. Aygün, İ.Çetiner, C. Göçer - yapı elemanlarında seçenek üretimi ve değerlendirilmesi aracı akış şeması (Genç & Altun, 2011).



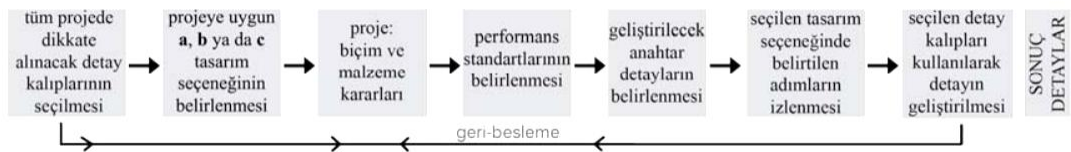
Şekil A.3: M.C. Altun, I.Türkay - 4+9 detay tasarımı destek aracı akış şeması (Altun & Türkay, 2015).



Şekil A.4: Temel model (Emmitt ve diğ., 2004).



Şekil A.5: S. Emmitt, J. Olie, P. Schmid - 9+1 adımlı detay tasarım yöntemi akış şeması (Aksu & Altun, 2009).



Şekil A.6: E. Allen - “detay kalıpları” yöntemi akış şeması (Aksu & Altun, 2009).



Şekil A.7: P. Rich, Y. Dean – yapı elemanı tasarımı ilkeleri akış şeması (Aksu & Altun, 2009).

EK B – Mimari 3B baskı örnekleri

Çizelge B.1: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 1 (Url-5, Url-6, Url-7).

3B Baskı Merak Kabinleri (Cabin of 3D Printed Curiosities)		Firma/Araştırma Grubu Emerging Objects	
		Üretim yılı ve yeri 2018 ABD	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: PLA	
		matris (ana malzeme): ahşap talaş+ seramik+çimento	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: farklı masaüstü yazıcılar		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: 1 sene (tüm yapı)		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	o	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	+	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	-	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.2: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 2 (Url-8, Url-9).

3B Baskı Ofis Binası (3D Printed Office Building)		Firma/Araştırma Grubu WinSun Global	
		Üretim yılı ve yeri 2016 Dubai, B.A.E	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: elyaf takviyeli plastik FRP	
		matris (ana malzeme): cam elyaf takviyeli alçı GRG + takviyeli beton SRC	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: 6 m yükseklik, 36 m uzunluk ve 12 m genişlikte bir 3D yazıcı		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu - contour crafting		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 250 m2		
	üretim süresi: 17 gün (baskı süresi)		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		-
	tasarım esnekliği*		o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.3: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 3 (Url-10, Url-11).

3B Baskı Elips Kubbe (3D Printed Hemi-ellipsoidal Dome)		Firma/Araştırma Grubu Mediated Matter - MIT	
		Üretim yılı ve yeri 2016 ABD	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): PUR (Poliüretan köpük)	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: Digital Construction Platform (DCP)		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 14,6 m çap ve 3,7 m yükseklik		
	üretim süresi: 14 saat		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	o	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	-	
	tasarım esnekliği*	-	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.4: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 4 (Url-12, Url-13).

3DCP Beton Baskı (3DCP Concrete Printing)		Firma/Araştırma Grubu Eindhoven University of Technology
		Üretim yılı ve yeri 2015 Hollanda
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -
		matris (ana malzeme): çimento
		ek katkı: -
	yazıcı özellikleri: ROHACO (11x5x4m baskı alanı)	
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu - concrete printing	
Ekonomik	boyutsal özellikler: -	
	üretim süresi: -	
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye	
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	-
	tasarım esnekliği*	o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.		

Çizelge B.5: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 5 (Url-14).

Tek Parça Ev (Una Casa Tutta di un Pezzo)		Firma/Araştırma Grubu Milano Trienali - Marco Ferreri	
		Üretim yılı ve yeri 2010 İtalya	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): seramik + çimento	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: D-Shape / Enrico Dini (Dinitech)		
	baskı methodu: Binder jetting-D-Shape		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 240x240x400 cm		
	üretim süresi: 1 hafta		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		-
	tasarım esnekliği*		o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.6: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği–örnek 6 (Url-15, Url-16, Url-17).

Massimiliano Locatelli 3B Baskı Ev (Massimiliano Locatelli 3D Printed House)		Firma/Araştırma Grubu CLS Architeti	
		Üretim yılı ve yeri 2018 İtalya	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): cybe çimentosu	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: Cybe mobile 3D concrete printer		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 100 m2		
	üretim süresi: 2 gün		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	0	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	0	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	0	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.7: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 7 (Url-18).

İlk 3B Baskı Toprak Ev Gaia (The first 3D printed House with earth 'Gaia')		Firma/Araştırma Grubu WASP - Rice House	
		Üretim yılı ve yeri 2018 İtalya	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): toprak + saman, pirinç kabuğu, kireç	
		ek katkı: kil sıva+keten tohumu yağı	
	yazıcı özellikleri: Crane WASP		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 30 m2		
	üretim süresi: 10 gün (4200 mm/min)		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	+	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	o	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.8: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 8 (Url-12, Url-19).

İki katlı 3B Baskı Villa (Two-Story 3D Printed Villa)		Firma/Araştırma Grubu HuaShang Tengda	
		Üretim yılı ve yeri 2016 Çin	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): C30 + donatı	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: -		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu – concrete printing		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 400 m2		
	üretim süresi: 45 gün		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.9: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 9 (Url-16, Url-17).

3B Baskı Mikro Ev (Kanal Ev) (3d-Printed Micro Home (Canal House))		Firma/Araştırma Grubu DUS Architects	
		Üretim yılı ve yeri 2016 Hollanda	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: bioplastik	
		matris (ana malzeme): -	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: -		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu - FDM		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 8 m² / 25 m³		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	+	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	+	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.10: Mimari 3B baskı örneği – Bina ölçeği – örnek 10 (Url-20, Url-21).

3B Baskı Topluluğu – Düşük Maliyetli Konut (3d-Printed Community)		Firma/Araştırma Grubu ICON firması ve New Story derneği	
 		Üretim yılı ve yeri 2019 Meksika	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı 	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): çimento esaslı, “ICON lavacrete”	
		ek katkı: gerekli yerlerde çelik donatı eklenebilir	
	yazıcı özellikleri: Vulcan II		
	baskı methodu: malzeme ekstrüzyonu - FDM		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 50 m²		
	üretim süresi: yaklaşık 3 gün		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	o	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	o	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

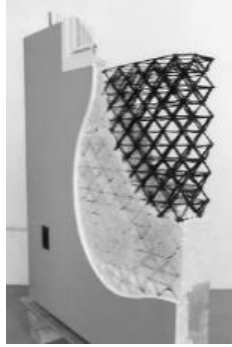
Çizelge B.11: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 11 (Url-5).

Girift Duvar (Involute Wall)		Firma/Araştırma Grubu Emerging Objects	
		Üretim yılı ve yeri 201x ABD	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): seramik	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: -		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 40 x 80 x 182 cm		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.12: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 12 (Url-22, Url-23).

Şehir Pavilyonu (One City Pavilion)		Firma/Araştırma Grubu Branch Technology	
		Üretim yılı ve yeri 2018 ABD	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: abs	
		matris (ana malzeme): karbon fiber	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: C-FAB endüstriyel robotik kol		
	baskı methodu: cellular fabrication		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 6 m yükseklik, 12 m genişlik		
	üretim süresi: 10 hafta		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): yerinde		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		-
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.13: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 13 (Url-9).

Branch Duvar (Branch Wall)		Firma/Araştırma Grubu Branch Technology	
		Üretim yılı ve yeri 2018 ABD	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): elyaf takviyeli ABS + çimento	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: C-FAB		
	baskı methodu: cellular fabrication		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 200 x 100 x 20 cm		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*	+	
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*	+	
	tasarım esnekliği*	+	
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*	o	
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.14: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 14 (Url-5).

Harika Tuğla (Cool Brick)		Firma/Araştırma Grubu Emerging Objects	
		Üretim yılı ve yeri 2015 ABD	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): seramik	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: -		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

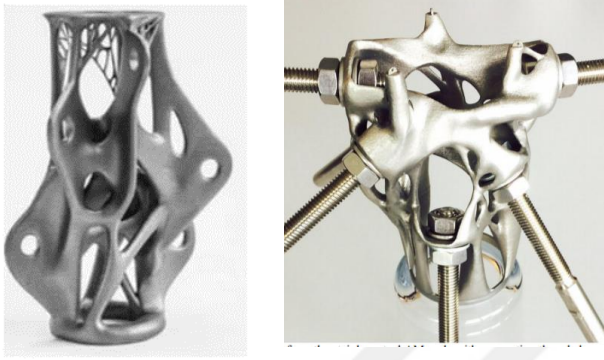
Çizelge B.15: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 15 (Url-5).

Ahşap Blok (Wool Block)		Firma/Araştırma Grubu Emerging Objects	
		Üretim yılı ve yeri 201x ABD	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): ahşap atık	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: -		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.16: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 16 (Url-24).

3B Baskı Seramik Tuğla (3D printed Ceramic Bricks)		Firma/Araştırma Grubu Building Bytes	
		Üretim yılı ve yeri 2018 Hollanda	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): sıvı kil	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: Beton püskürtme başlığı entegreli FDM yazıcısı		
	baskı methodu: FDM		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: bir tuğla için, 20 dk. baskı, 1 gün kuruma		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.17: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 17 (Galjaard, 2015).

Çelik Düğüm Noktası (Steel Node)		Firma/Araştırma Grubu Arup	
		Üretim yılı ve yeri 2015 İngiltere	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) prototip	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: x	
		matris (ana malzeme): paslanmaz çelik	
		ek katkı: x	
	yazıcı özellikleri:		
	baskı methodu: SLS		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		birleşim yok
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.18: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 18 (Url-25).

Yumurta Projesi (Egg Project)		Firma/Araştırma Grubu Michiel van der Kley	
		Üretim yılı ve yeri 2015 İtalya	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: x	
		matris (ana malzeme): PLA	
		ek katkı: x	
	yazıcı özellikleri: masaüstü yazıcılar		
	baskı methodu: -		
Ekonomik	boyutsal özellikler: 5 x 4 x 3 m		
	üretim süresi: -		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		+
	tasarım esnekliği*		+
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		-
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.19: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 19 (Url-26, Url-27).

Şekillendirilen Toprak (Terra Performa)		Firma/Araştırma Grubu Institute for advanced architecture of catalonia	
		Üretim yılı ve yeri 2016 İspanya	
		3B baskı kullanım oranı yalnızca 3B baskı	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: -	
		matris (ana malzeme): toprak	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: Cogiro cable robot		
	baskı methodu: Malzeme Ekstrüzyonu		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: 4 gün		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		+
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		-
	tasarım esnekliği*		o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

Çizelge B.20: Mimari 3B baskı örneği – Bina bileşen ölçeği – örnek 20 (Url-12, Url-19, Url-28).

Prefabrik 3B Baskı Duvar (Prefabricated 3DP wall)		Firma/Araştırma Grubu WinSun	
		Üretim yılı ve yeri 2014 Çin	
		3B baskı kullanım oranı 3B baskı + geleneksel teknoloji	
		Uygulanmışlık durumu (kullanım amaçlı/prototip) uygulanmış/kullanım amaçlı	
Teknolojik	kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik: x	
		matris (ana malzeme): kum, çimento	
		ek katkı: -	
	yazıcı özellikleri: 150 metre yüksekliğinde dünyanın en büyük yazıcısı		
	baskı methodu: contour crafting		
Ekonomik	boyutsal özellikler: -		
	üretim süresi: günde 350 m2		
Organizasyonel	yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde): fabrika/atölye		
Çevre	geri dönüştürülebilirlik/atık malzeme kullanımı*		o
Tasarım ve kalite	bileşenlerin birleşim noktalarının çözülme gerekliliği*		-
	tasarım esnekliği*		o
İş gücü	uzmanlaşmış iş gücü gereksinimi*		o
*Kaynaklardaki bilgilerin yorumlanmasıyla; kötü (-), orta (o), iyi (+) olarak değerlendirilmiştir.			

EK C - “Teorik” detay seçenekler listesi

Çizelge C.1: Çatı yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi.

yapı elemanı	eğimine göre		yapım yerine göre	gövde yapısına g.	yapı fiziğine göre	
çatı	düz	gezilebilen	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
					hava tabakasız	hava tabakalı
			dökme		hava tabakasız	hava tabakalı
			prefabrik	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
		dökme		hava tabakasız	hava tabakalı	
		gezilmeyen	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
				dökme	hava tabakasız	hava tabakalı
			prefabrik	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
	dökme			hava tabakasız	hava tabakalı	
	eğimli	düzlemsel eğimli	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
				dökme	hava tabakasız	hava tabakalı
				örme	hava tabakasız	hava tabakalı
			prefabrik	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
				dökme	hava tabakasız	hava tabakalı
				örme	hava tabakasız	hava tabakalı
		düzlemsel eğimli	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı	
				panel	hava tabakasız	hava tabakalı
				dökme	hava tabakasız	hava tabakalı
örme				hava tabakasız	hava tabakalı	
prefabrik	iskelet	hava tabakalı				
	panel	hava tabakasız	hava tabakalı			
	dökme	hava tabakasız	hava tabakalı			
	örme	hava tabakasız	hava tabakalı			

Çizelge C.2: Dış duvar yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi.

yapı elemanı	dış ortamlarla ilişkisine göre	yapım yerine göre	taşıyıcılığına göre	gövde yapısına g.	yapı fiziğine göre
dış duvar	toprak üstü (atmosferle ilişkili)	yerinde yapım	bina + sistem taşıyıcısı	iskelet	hava tabakalı
					hava tabakasız
				panel	hava tabakalı
					hava tabakasız
			dökme		hava tabakalı
					hava tabakasız
				örme	hava tabakalı
					hava tabakasız
		prefabrik	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakalı
					hava tabakasız
				panel	hava tabakalı
					hava tabakasız
			dökme		hava tabakalı
					hava tabakasız
				örme	hava tabakalı
					hava tabakasız
	toprak altı	yerinde yapım	bina + sistem taşıyıcısı	iskelet	hava tabakalı
					hava tabakasız
				panel	hava tabakalı
					hava tabakasız
			dökme		hava tabakalı
					hava tabakasız
				örme	hava tabakalı
					hava tabakasız
		prefabrik	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakalı
					hava tabakasız
				panel	hava tabakalı
					hava tabakasız
			dökme		hava tabakalı
					hava tabakasız
				örme	hava tabakalı
					hava tabakasız

Çizelge C.3: Döşeme yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi.

yapı elemanı	binadaki yerine göre		yapım yerine göre	gövde yapısına g.
döşeme	ara kat		prefabrik	iskelet
				panel
				dökme
			yerinde yapım	iskelet
				panel
				dökme
	altı açık		prefabrik	iskelet
				panel
				dökme
			yerinde yapım	iskelet
				panel
				dökme
	zemine oturan	radye temel	prefabrik	iskelet
				panel
				dökme
			yerinde yapım	iskelet
				panel
				dökme
		tekil / sürekli sömel	prefabrik	iskelet
				panel
				dökme
			yerinde yapım	iskelet
				panel
				dökme
altı ve üstü açık (balkon)		prefabrik	iskelet	
			panel	
			dökme	
		yerinde yapım	iskelet	
			panel	
			dökme	

Çizelge C.4: Duvar boşluğu yapı elemanının “teorik” detay seçenekler listesi.

yapı elemanı	işlevine göre	boşluğun oluşturulmasına göre	cam katmanına göre
duvar boşluğu	pencere	başlık ve dikme ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		kemer ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		lento ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		rezervasyon kalıbı ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
	kapı	başlık ve dikme ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		kemer ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		lento ile	tek katmanlı
			çok katmanlı
		rezervasyon kalıbı ile	tek katmanlı
			çok katmanlı

EK D - “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi

Çizelge D.1 -“Yapım yerine göre: yerinde yapım, gövde yapısına göre: iskelet” için:

- Çatı1 - Dış Duvar1
- Dış Duvar1 - Döşeme1
- Dış Duvar1 - Dış Duvar Boşluğu1
- Döşeme1 - Dış Duvar Boşluğu1

Çizelge D.1: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 1.

Çatı – Ç1				
düz	gezilebilen	yerinde yapım	iskelet	hava tabakasız
düz	gezilemeyen	yerinde yapım	iskelet	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	iskelet	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	iskelet	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	iskelet	hava tabakalı
Dış Duvar – DU1				
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakalı
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	iskelet	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	iskelet	hava tabakalı
Döşeme – D1				
ara kat		yerinde yapım	iskelet	
altı açık		yerinde yapım	iskelet	
altı ve üstü açık (balkon)		yerinde yapım	iskelet	
Dış Duvar Boşluğu – DB1				
pencere		başlık ve dikme ile	tek katmanlı	
pencere		başlık ve dikme ile	çok katmanlı	
kapı		başlık ve dikme ile	tek katmanlı	
kapı		başlık ve dikme ile	çok katmanlı	

Çizelge D.2 -“Yapım yerine göre: yerinde yapım, gövde yapısına göre: panel” için:

- Çatı2 - Dış Duvar2
- Dış Duvar2 - Döşeme2
- Dış Duvar2 - Dış Duvar Boşluğu1
- Dış Duvar2 - Dış Duvar Boşluğu2
- Döşeme2 - Dış Duvar Boşluğu1
- Döşeme2 - Dış Duvar Boşluğu2

Çizelge D.2: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 2.

Çatı – Ç2				
düz	gezilebilen	yerinde yapım	panel	hava tabakasız
düz	gezilemeyen	yerinde yapım	panel	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	panel	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	panel	hava tabakalı
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	panel	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	panel	hava tabakalı
Dış Duvar – DU2				
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	panel	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	panel	hava tabakalı
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	panel	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	panel	hava tabakalı
toprak altı	yerinde yapım	taşıyıcı	panel	hava tabakasız
Döşeme – D2				
ara kat		yerinde yapım	panel	
altı açık		yerinde yapım	panel	
altı ve üstü açık (balkon)		yerinde yapım	panel	
zemine oturan		yerinde yapım	panel	
Dış Duvar Boşluğu – DB1 veya DB2				

Çizelge D.3 -“Yapım yerine göre: yerinde yapım, gövde yapısına göre: dökme” için:

- Çatı3 - Dış Duvar3
- Dış Duvar3 - Döşeme3
- Dış Duvar3 - Dış Duvar Boşluğu2
- Döşeme3 - Dış Duvar Boşluğu2

Çizelge D.3: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 3.

Çatı – Ç3				
düz	gezilebilen	yerinde yapım	dökme	hava tabakasız
düz	gezilemeyen	yerinde yapım	dökme	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	dökme	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	yerinde yapım	dökme	hava tabakalı
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	dökme	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	dökme	hava tabakalı
Dış Duvar – DU3				
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	dökme	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	dökme	hava tabakalı
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	dökme	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	dökme	hava tabakalı
toprak altı	yerinde yapım	taşıyıcı	dökme	hava tabakasız
Döşeme – D3				
ara kat		yerinde yapım	dökme	
altı açık		yerinde yapım	dökme	
altı ve üstü açık (balkon)		yerinde yapım	dökme	
zemine oturan		yerinde yapım	dökme	
Dış Duvar Boşluğu – DB2				
pencere		rezervasyon kalıbı ile	tek katmanlı	
pencere		rezervasyon kalıbı ile	çok katmanlı	
kapı		rezervasyon kalıbı ile	tek katmanlı	
kapı		rezervasyon kalıbı ile	çok katmanlı	

Çizelge D.4 - “Yapım yerine göre: prefabrik, gövde yapısına göre: iskelet” için:

- Çatı4 - Dış Duvar4
- Dış Duvar4 - Döşeme4
- Dış Duvar4 - Dış Duvar Boşluğu4
- Döşeme4 - Dış Duvar Boşluğu1

Çizelge D.4: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 4.

Çatı – Ç4				
düz	gezilebilen	prefabrik	iskelet	hava tabakasız
düz	gezilemeyen	prefabrik	iskelet	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	prefabrik	iskelet	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	prefabrik	iskelet	hava tabakalı
eğimli	eğrisel e.	prefabrik	iskelet	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	prefabrik	iskelet	hava tabakalı
Dış Duvar – DU4				
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakasız
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı olmayan	iskelet	hava tabakalı
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı	iskelet	hava tabakasız
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı	iskelet	hava tabakalı
Döşeme – D4				
ara kat		prefabrik	iskelet	
altı açık		prefabrik	iskelet	
altı ve üstü açık (balkon)		prefabrik	iskelet	
Dış Duvar Boşluğu – DB1				

Çizelge D.5 - “Yapım yerine göre: prefabrik, gövde yapısına göre: panel” için:

- Çatı5 - Dış Duvar 5
- Dış Duvar5 - Döşeme5
- Dış Duvar5 - Dış Duvar Boşluğu1
- Dış Duvar5 - Dış Duvar Boşluğu2
- Döşeme5 - Dış Duvar Boşluğu1
- Döşeme5 - Dış Duvar Boşluğu2

Çizelge D.5: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 5.

Çatı – Ç5				
düz	gezilebilen	prefabrik	panel	hava tabakasız
düz	gezilemeyen	prefabrik	panel	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	prefabrik	panel	hava tabakasız
eğimli	düzlemsel e.	prefabrik	panel	hava tabakalı
eğimli	eğrisel e.	prefabrik	panel	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	prefabrik	panel	hava tabakalı
Dış Duvar – DU5				
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı olmayan	panel	hava tabakasız
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı olmayan	panel	hava tabakalı
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı	panel	hava tabakasız
toprak üstü	prefabrik	taşıyıcı	panel	hava tabakalı
Döşeme – D5				
ara kat		prefabrik	panel	
altı açık		prefabrik	panel	
altı ve üstü açık (balkon)		prefabrik	panel	
Dış Duvar Boşluğu – DB1 veya DB2				

Çizelge D.6 - “Yapım yerine göre: yerinde yapım, gövde yapısına göre: örme” için:

- Çatı6 - Dış Duvar6
- Dış Duvar6 - Döşeme1
- Dış Duvar6 - Döşeme3
- Dış Duvar6 - Dış Duvar Boşluğu3
- Döşeme1 - Dış Duvar Boşluğu3
- Döşeme3 - Dış Duvar Boşluğu3

Çizelge D.6: “Pratik” detay kombinasyonları seçenekler listesi 6.

Çatı – Ç6				
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	örme	hava tabakasız
eğimli	eğrisel e.	yerinde yapım	örme	hava tabakalı
Dış Duvar – DU6				
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	örme	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı olmayan	örme	hava tabakalı
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	örme	hava tabakasız
toprak üstü	yerinde yapım	taşıyıcı	örme	hava tabakalı
Döşeme – D1 veya D3				
Dış Duvar Boşluğu – DB3				
pencere	kemer ile		tek katmanlı	
pencere	kemer ile		çok katmanlı	
pencere	lento ile		tek katmanlı	
pencere	lento ile		çok katmanlı	
kapı	kemer ile		tek katmanlı	
kapı	kemer ile		çok katmanlı	
kapı	lento ile		tek katmanlı	
kapı	lento ile		çok katmanlı	

EK E - Odak grup görüşme deşifresi

Uzmanlar:

M. Cem Altun: MCA | 02 kodlu uzman | 03 kodlu uzman

Moderatör:

Sühan Artuğ: SA

**Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında
detay tasarım sürecine etkileri neler olur?**

02: Değişecek ama belki ana temalar aynı kalacak ama bu sefer yapılabiliirliğin sahada yapılabiliirliği değil de aletin yapılabiliirliği. Belki ağırlıklar değişiyor ama aslında temelde çok da bir şey değişmiyor belki de.

MCA: Üretimi iki yönden ele alabiliriz; sahada üretim, yani robotun bizatihi sahada yer alması, diğeri ise (bunu biraz bugünkü denemeler üzerinden tarif etmiş olalım) bizim bildiğimiz ön üretim parçaların üretilmesi ama bunları fabrikada robotlar yapıyor. Daha ilginç bunun belki sahada robotların yaptığı ve burada değişecek olan asıl şey ölçülerin ayrıntılı yazıldığı, tüm bilgilerin aktarıldığı detaylı proje çıktısı. Robotun “gördüğü” 3B bir imaj, onu algılaması gerekiyor. İletişim kominikasyon değişecek.

02: Kominikasyon değişecek, evet, ama zaten şu an BIM kullanılırken de değişiyor. Zaten 3B bir modele gidiyoruz, her şeyiyle ve o rota öyle giderse kağıdı gören olmayacak. Şimdi kağıdı gören var, o zaman kağıdı gören olmayacak.

MCA: Şimdi de yakın zamanda yapılan gözlemlerde de görüldüğü gibi şantiyelerde ustalar çizime cep telefonlarından bakıyorlar, eskiden bu çizimler asılırdı, artık ortada olan pafta da yok. Ama hala o geleneksel ölçüye bakıyor, robot başka türlü algılayacak sonuç olarak.

02: Bu bizim detay sürecimizi değiştiriyor mu? İleri aşamasını değiştiriyor, bizim detaylandırmamızı/ayrıntılılandırmamızı BIM’e geçildiğinde belki değiştirmiyor ama öğrenmemiz gereken başka şeyler de çıkıyor. Mesela robotun neyi yapabileceğini öğrenmemiz gerekiyor.

03: Youtube’da bir video izledim, robot deneysel ama 1/1 gerçek bir tuğla duvar örüyor ve hiçbir şey farklı değil. Hatta bazı işçiler bundan daha hızlı örebilir, arkasındaki katman da aynı, hava boşluğu da aynı dolayısıyla böyle bir üretimden bahsediyorsak detay tasarımı açısından çok fazla bir şey değiştireceğini zannetmiyorum. Ürün boyutuyla ilgili olarak da başka bir videoda Pakistan’da araba motoru tamir eden bir insan ile Audi’nin elektrikli motor tamir eden fabrikasının izlediği yöntem, doku aynı sadece birinde robot birinde insan ‘araç’ı kullanılıyor. Dolayısıyla günümüzdeki robotik teknolojilerinin endüstrinin herhangi bir yerindeki detayı değiştirebileceğini düşünmüyorum.

MCA: Robot ve insanın yapması arasında hassasiyet ve eşit şekilde yapması açısından fark oluşabilir. Robot hep aynı şeyi yapıyor. Ayrıca bu çalışmada ileriye yönelik, malzemelerin de gelişmesi yönünde bir varsayımda da bulunuluyor. Birleşim ve detayların ortadan kalkabilmesi...

02: Mimarlık diye de bir şey kalmıyor o zaman

MCA: Mimarlık kütle, mekan organizasyonu, vb. indirgeniyor.

02: Her şeyi yapabilen bir malzeme olmuş olsa bile neyden neyin sağlanacağını ya da katmanların düzenlenmesini kontrol eden birinin olması gerekecek. Taşıyıcı kısmın kalınlığı, ısı yalıtımı olacak kısmın gözenek sıklığı...

03: Çözünürlüğü yani

MCA: Evet, çözünürlük güzel bir kelime

02: Onlara karar veriyor olmak hala gerekli olabilir.

MCA: Evet bu ilginç bir şey, her tarafta belki kalın taşıyıcı gerekmiyor, yüzeysel taşıyıcı bile olsa, bazı tarafta biraz çözülüyor, azalıyor bazı tarafta artıyor.

03: Maliyet

02: Rüzgar etkisi...

03: Belki psikolojik etki de bir performans gereksinimi olarak göz önünde bulundurulamaz mı? Ahşap iç denizlik, metal parlak kaplama gibi

02 ve MCA: Evet, evet kesinlikle.

03: Bu istenen etkiyi verebilecek mi? Belki boya ile renklendirilebilir ama...

02: Belki aynı dokuyu gösterebilir

MCA: Farklı nozzle ları olan, aynı anda farklı malzemeleri basan bu sorunu çözebilir

03: Tek ideal malzeme ile değil mi ?

MCA: Görsel etki dışındakiler hep aynı malzeme. Günümüzde metal, ahşap, kerpiç de basılabiliyor, gereksinimleri bu şekilde karşılayabilir.

03: Bir kalem var galiba, çocuklar bile 3B maket yapabiliyor

MCA: Benim var

03: Bir süre sonra SketchUp'ı masanın üzerinde yapabileceğiz yani

MCA: İSTON'a da ziyarette bulunuldu, orda beton basılabiliyor. O kadar da ütöpik bir şey değil aslında, bugün bile ticari olmasa da deneysel olarak bir sürü baskı malzemesi var.

Çizim ve ölçü konusuna geri dönüldü.

MCA: İnsana bir şey anlatmaya gerek olmayacak, doğrudan dijitaldeki ürünü anlayan bir makinaya onu anlatıyor.

03: Zaten çizim düşüncenin dışı vurum şekli değil mi? O zaman belki mimarlar çizimle değil kod ile ifade edecek.

02: Var olan disiplinlerin devam edip etmeyeceğiyle de alakalı. Biz hala inşaat mühendisleriyle, makine mühendisleriyle neyin üzerinden haberleşeceğiz?

MCA: Belki geriye dönerek tekrar bir mesleki bütünleşme olabilir, Mimar Sinan gibi akustik, taşıyıcı her konuya hakim birisi binayı tasarlıyor. Ya da başka bir senaryo olarak olağanüstü bir ekip çalışması... Statik proje, mekanik proje diye bir şey yok, ekip hep beraber bir proje yapıyor.

02: Ekip nasıl çalışacak, kağıt üzerinde mi anlaşıyor, model üzerinde mi?

MCA: Benim daha öncelediğim senaryo tek kişinin tüm projeyi tasarlaması

02: Bilmemiz gereken şeylerin kapsamı azalıyor mu acaba? Eğer azalıyorsa o zaman tekrar Mimar Sinan'ın tarzına dönebilir. Çünkü bu kadar uzmanlaşmaya gitmemizin sebebi tek kişinin baş edemeyeceği kadar çok bilgi sahibi olmamızın gerekliliği.

03: Tek kişinin halledebileceği boyuta gelir mi? Çünkü baştan her şeye daha hakim olma gerekliliği doğuyor. Duvar tasarlarken boruyu da tasarlıyor, sıcak su geçerken genişip genişmeyeceğini bilmesi gerekecek, o zaman mimar termodinamik de mi bilecek? O kadar her şeyi bilen insan olur mu?

MCA: Burada yapay zekaların devreye girmesini bekleyebiliriz

02: Herkesin yapay zekadan destek alarak kolay yorum yapabileceği bir hale gelirse, eğitim de o yönde ilerlerse tek kişi halledebilir. Akademisyenlerin ve araştırmacıların bunu doğru şekilde çalışacak hale getirmesi gerekiyor.

03: Peki böyle bir şeye ihtiyaç var mı? Dünyanın nüfusu artarken, inşaat sektörü de büyük bir sektörken, insanlar buradan para kazanırken bu o kadar gerekli mi? Buna hazır mı?

02: Belki ilerde çalışmıyor olacağız

MCA: Diğer sektörlerde çok öncelerden zaten bu teknolojilere geçilmiş ve inşaat sektörünün içine girememesinin sebebi de bunlar. İleriki senaryoda 02'nin söylediği gibi insanların çalışmadığı bir ütopya, makinaların çalıştığı zamanlar için geçerli olabilir.

03: Bu arada bunlar ütopya ama Mars'ta/Antartika'da yaşam söz konusu olduğunda, extrem dış hava şartlarında tercih edilebilir.

MCA: Bir diğer durum birleşimler...

03: Evet mesela üst üste gelen malzemeler ne kadar kuvvet uygulanarak birbirinden ayrılabilir

02: Belki onların arasına, onları bağlayan yeni bir birleşim gerekecek. Aslında yeni bir bilgi mutlaka olacak, tasarımcının bilmesi gereken.

03: Mesela tamirat nasıl olacak?

02: İşçi nasıl yapıyorsa öyle

03: Ama katman katman gidiyor ya

MCA: Beton için kendi kendini tamir eden betonlar var, ütopyanın sonu yok. Tüm bu konuştuklarımız yeni malzeme üretimlerinin gerekliliği açısından ilginç. O malzemeler olamıyorsa bugünkü sorunlara benzer sorunlar ve tasarım bileşenleri kalıyor olacak.

02: Düşünülmesi gereken başlıklar aynı, altında odaklanılan şey değişiyor.

03: Mesela müşteriyle ilişkide birisi bir konsepti anlatmak için bir eskiz çizecek heralde. Sonra diyelim kabul edildi, bu eskiz bir mimara verilecek, o da detaylandırarak bilgisayar ortamına aktaracak. İki farklı kişi aynı tasarımı (modeli) mi çıkarır acaba? Ana probleme dönersek detay tasarımı bir şekilde değişir ama yok olmaz bence. Her yiğidin yoğurt yiyişi farklıdır dolayısıyla farklı farklı aktaracak bilgisayara ve o aktarım sırasında bir tasarım yapması gerekecek.

MCA'nın hayali: bir hologramın içinde sesli olarak tasarım yapıyorum, o benim söylediklerime göre mekanı şekillendiriyor. Temsil olarak da bunu sunuyorum. O program/bilgisayar her neyse bunu robota yolluyor ve robot üretiyor.

02: Sen arada kontrol yapıyor musun?

MCA: Çok ilginç bir şeyse yapıyorum, ortaya çıkan tasarımda fiziksel olarak beğenmediğim şeyler ya da mesela taşıyıcının mekânsal anlamda getirdiği bir şey varsa onları kontrol ediyorum.

EK F - 3B baskı teknolojisi ön bilgilendirme materyalleri

3B baskı tanımı ve kullanım alanları

çıkarmalı
şekillendirmeli
birleştirmeli
eklemeli

→ Uzun vadede, dijital üretim teknolojilerinde
en büyük potansiyel, **eklemeli teknolojilerdedir**

dijital olarak tasarlanan geometrileri
çeşitli malzemeler ile katman katman üreterek
fiziksel objeye çeviren katmanlı üretim sistemi

↓
[“3 boyutlu baskı”]
[“katmanlı imalat”]

"3d printing"

"additive manufacturing"

tıp



otomotiv



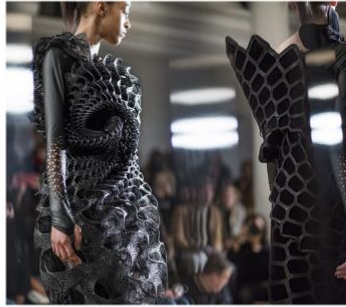
endüstri ürünleri



eğitim



tekstil



sanat



inşaat

↓
3 boyutlu baskı teknolojisinin
bina üretiminde kullanılması

3B baskının mimarlıkta kullanılan malzeme kataloğu

çimento (çeşitli katkılarla)		elyaf takviyeli plastik + alçı	
		polimer	
		pla	
		karbon fiber takviyeli abs	
toprak + saman, pirinç kabuğu, kireç + kil sıva+keten tohumu yağı		ahşap atık	
kil (çeşitli katkılarla)		tuz	
		metal	
		bioplastik	

3B baskı ile yapılmış “bina” ve “bina bileşen ölçeği” örnekleri

Bina ölçeği

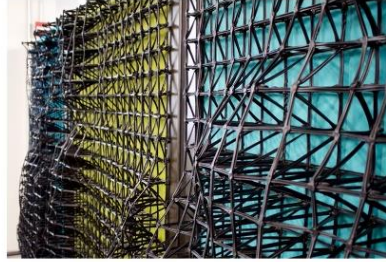
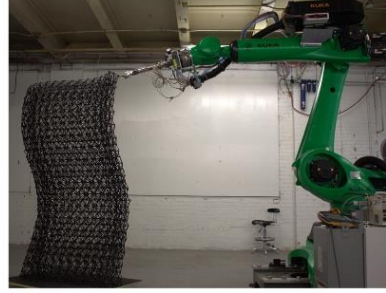
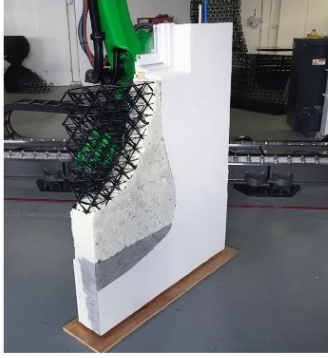


proje ismi		Massimiliano Locatelli 3D Printed House
firma/araştırma grubu		CLS Architeti
yıl		2018
yapım yeri		Milano, İtalya
uygulanmışlık derecesi		uygulanmış/kullanım amaçlı
3B Baskı kullanımı		3B + geleneksel
ölçü		100 m²
üretim süresi		2 gün
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)		yerinde
kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik	-
	matris (ana malzeme)	cybe çimentosu
	ek katkı	-
makine/ ekipman		Cybe mobile 3D concrete printer

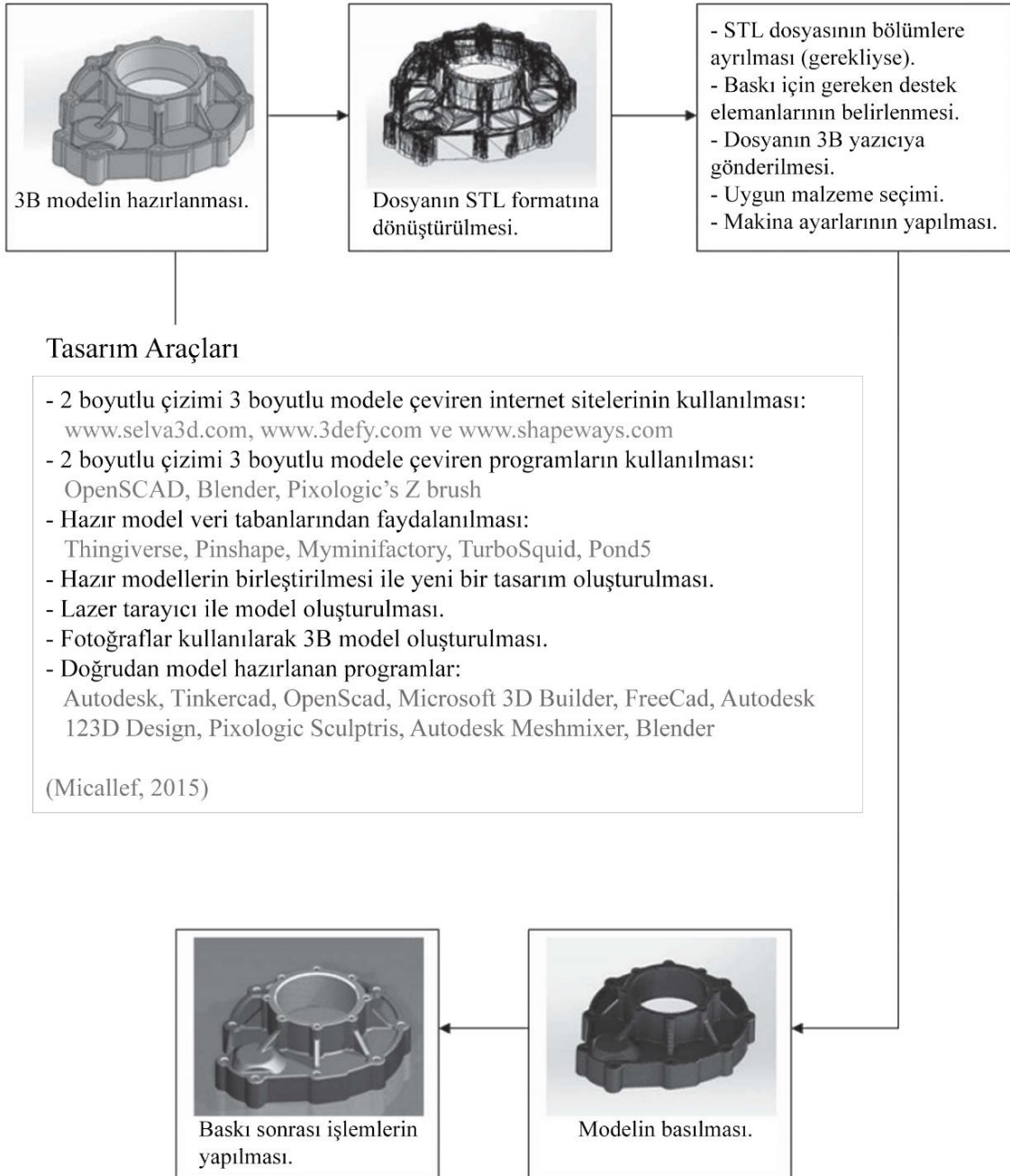


Bina Bileşen Ölçeği

proje ismi	Branch Wall	
firma/araştırma grubu	Branch Technology	
yıl	2018	
yapım yeri	Chattanooga, ABD	
uygulanmışlık derecesi	prototip	
3B Baskı kullanımı	3B + geleneksel	
ölçü	200x100x20 cm	
üretim süresi	-	
yapım yeri (fabrika/atölye, yerinde)	fabrika/atölye	
kullanılan malzemeler	bağlayıcı plastik	elyaf takviyeli plastik
	matris (ana malzeme)	
	ek katkı	-
makine/ ekipman	-	

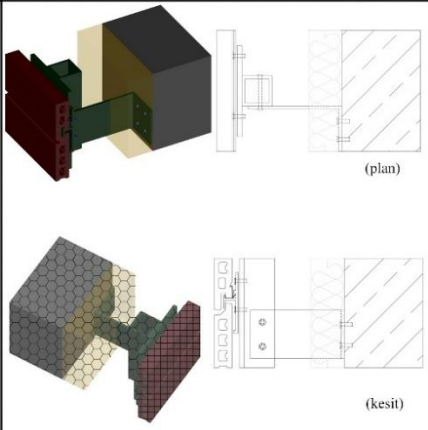
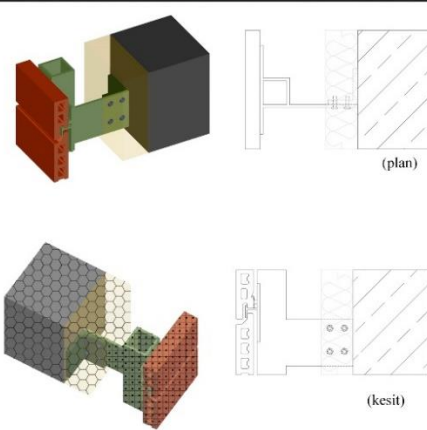
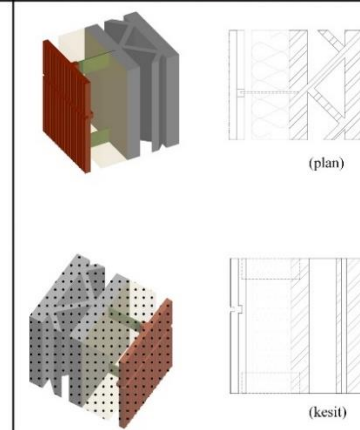
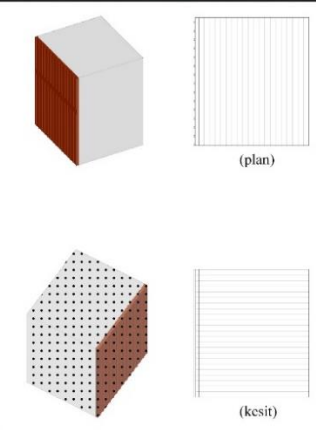


3B baskı tasarım ve basım süreci

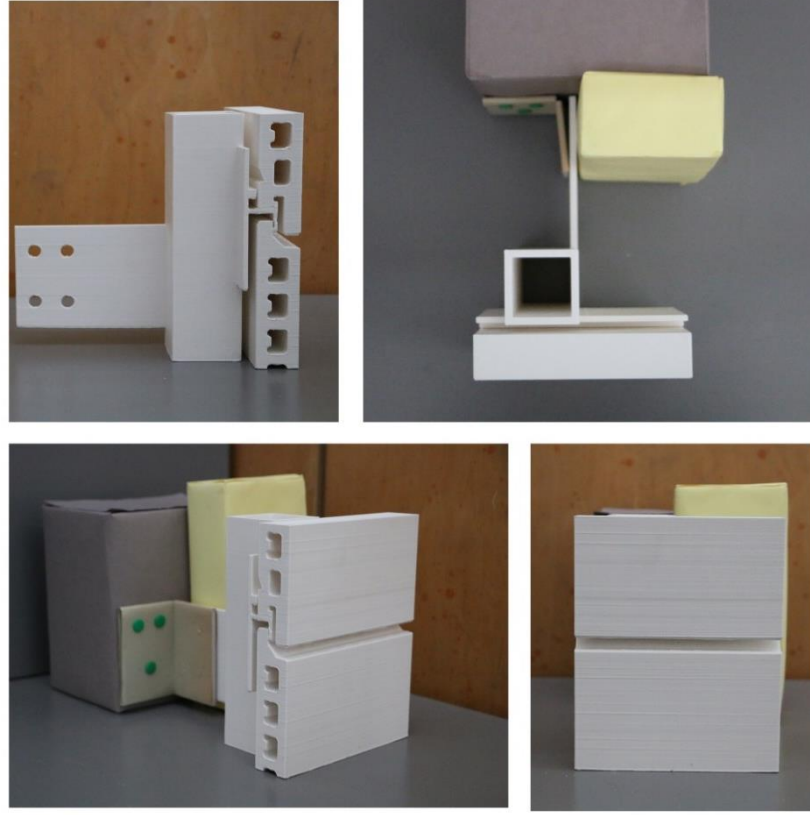


(Noorani, 2018)

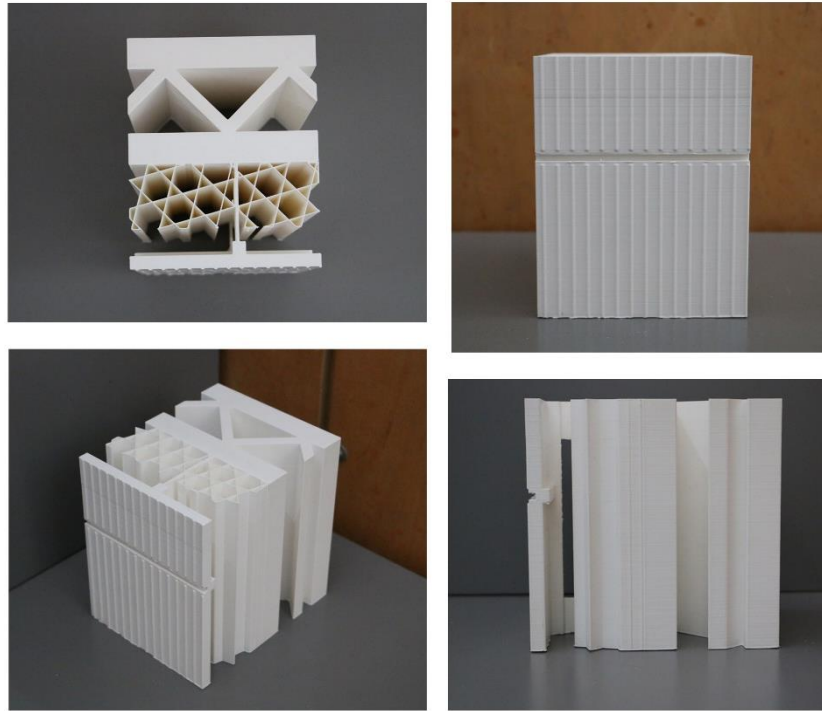
EK G – Örnek 3B baskı senaryoları

2019	2028	2035	2058
 (plan) (kesit)	 (plan) (kesit)	 (plan) (kesit)	 (plan) (kesit)
● Betonarme gövde: yerinde yapım - kalıp içine dökme ● Alüminyum kutu profil: L mesafe tutucu kullanılarak, betonarme gövdeye vida+çelik dübel ile birleştiriliyor. ● Isı yalıtımı: geniş başlıklı dübel kullanılarak, taş yünü, betonarme gövdeye birleştiriliyor. ● Alüminyum levha ve T profil: alüminyum kutu profile vida+çelik dübel ile birleştiriliyor. ● Kaplama: pişmiş toprak levha, prefabrik olarak üretilip alüminyum konstrüksiyona asılıyor.	● Betonarme gövde: yerinde yapım - kalıp içine dökme ● Çelik L profil: çelik dübel ile betonarme gövdeye bağlanır. (cephe panelinin yük aktarımını sağlamak için) ● Cephe paneli: ● fabrikada, önce alüminyum profilin sonra toprak kökenli kaplamanın ayrı yazıcılarla basılmasıyla üretilen panel şantiyeye getirilerek çelik L profile civata-somun ile birleştiriliyor. ● Isı yalıtımı: geniş başlıklı dübel kullanılarak, taş yünü, betonarme gövdeye birleştiriliyor.	● Beton gövde: hem katkı maddeleri hem geometrisiyle çekmeye dayanım sağlanmış ● Isı yalıtımı: suya dayanıklı mineral kökenli ● Noktasal taşıyıcı: kesiti inceltilmiş metal kökenli ● Kaplama: kendi malzemesinden oluşan strüktürü ile yük aktarabilen toprak kökenli eş zamanlı olarak, farklı başlıklara sahip 3b yazıcı ile katman katman basılıyor.	Katmanlaşma gerektirmeyecek şekilde tüm performansları karşılayabilen ideal(!) malzeme ile yerinde basılarak yapı üretiliyor.
   	   	   	   





Şekil G.1: 2028 senaryosuna ait 1/1 prototip fotoğrafları.



Şekil G.2: 2035 senaryosuna ait 1/1 prototip fotoğrafları.

EK H - 1. tur görüşme deşifreleri

PROBLEM

Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?

Alt Problemler

Yapım – Yapılabilirlik

1. Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım)

(Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?)

2. Yapım süreci bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması

(İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?)

3. Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma

(Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?)

4. Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması.

(Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?)

5. Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi

Detay geliştirme / Tasarım

6. İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma

(Günümüz teknolojilerine göre uygulama projesi aşamasında tasarım yaparken göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verileri 3B baskı teknolojisi için tasarım girdisi olmaya devam eder mi? Göz önünde bulundurulma biçimi, şartlara karşı (yağmur, güneş, rüzgâr, vb.) alınan önlemler değişir mi?)

7. Süreç tasarımı

(sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımının farklı teknolojilere göre önemi)

8. Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları

(Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?)

9. Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları.

(Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?)

10. Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme

(Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3B teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?)

11. Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme

(Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?)

12. Tasarım sürecindeki yaratıcılık

(3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı?) a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı

13. Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü

(Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?)

Katmanlaşma ve Birleşim

14. Katman sırasını belirleme

(Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.)

15. Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği

(Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.)

16. Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı

(Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.)

Malzeme

17. Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme.

(genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması)

18. Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği.

(teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, yeni malzemelerin etkisi)

Bina Alt Sistemleri

19. Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi

(Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?)

İletişim

20. Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark

(ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar)

21. Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim

(Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim 'tek akıl' binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?)

01 – cevap (pilot çalışması)

1. Yapım yerine karar vermedeki kriterler(lojistik gibi) hala geçerliliğini koruduğu için günümüz teknoloji kullanımıyla 3B baskı kullanımı farklılaşmaz.

2. Aşamalar yine tanımlanır ama süreç daha kompakt olduğu ve aşamalar daha az olduğu için daha az tanımlanır.

Kesintisiz baskı ile üretilen bir birimin kendi içinde aşamalarının tanımlanması gerekmez. Farklı malzeme ve teknolojilerin birleşimi gereken yerlerde bu kılavuzlara ihtiyaç duyulabilir.

(Hareketli bileşenler ile ilgili bir fikir geldi. Mesela doğramanın hareketli parçası için, baskıdan sonra son ürün için bir uygulama daha gerekir mi? Hareketli kanatın dışarda bastırılıp sonra menteşe ile birleştirilmesi gibi)

3. Standartlaşmaya ihtiyaç duyulmaz, araçlar ortadan kalktığı için hem temin etme, hem üretim anındaki karışıklıklar hem de maliyet sorunu ortadan kalkıyor.

4. Katmanlaşma azaldığı için doğru orantılı olarak yön ve sıra tanımlamaları da azalacaktır. Ama ek olarak öngöremediğim sorunlara karşı ek tanımlamalar da gerekebilir.

6. Daha az bağlantı elemanı olduğu için günümüzde göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verilerini daha az düşünebiliriz (su geçişi gibi) ama bunların haricinde ön göremediğimiz farklı bir çevresel veriye karşı olumsuzluklar çıkarabilir.

3B Baskı panel üretimlerde yekpareliğin parçalanacağı ve birimlerin birleşimleri oluşacağı için bu avantaj azalıyor.

8. 3B baskıda serbest formlar daha rahat kullanılabilir, ama bazı verilerin elimizde olması gerekir (dayanıklılık, performans vb.) Bu verileri elde etme süreci günümüz teknolojilerine göre kullanılacak araçlar yardımıyla kısılacağı için yeni tasarımlara yaklaşım da daha esnek olabilir.

9. Yeni teknolojiyi deneyimlemek için model, prototip gibi araçlar kullanılmaya devam edecektir. Birleşimler değişeceği için özellikle malzemeler arasındaki geçiş, birimler arasındaki birleşimlerin yeniden tasarlanıp denenmesi gerekecektir.

10. Tüm teknolojiler için seçenekler oluşturup daha sonra avantajlı olanı seçmeyi tercih ederim. 3B baskı ile üretiliyor oluşu bu durumu etkilemez.

11. 3B baskıda projeye özgü tasarımlar/özel üretim daha fazla tercih edilebilir çünkü daha kompakt bir süreç, daha az girdisi var, özel üretimler daha kolay, hızlı ve az maliyetli yapılabilir. (günümüz üretimde kısıtlamalar ve akıştaki oyuncuları daha fazla olduğu için daha zahmetli)

14. Maddenin davranışı ve çevresel etmenler değişmeyeceği için yine göz önünde bulundurulması gereken bir durum. Fakat 3B baskı tasarımıyla bu olumsuzlukları yenmeye daha fazla imkan sağlayabilir. (kaplamayı tamamen geçirimsiz yaparsan su yalıtımının ısı yalıtımı önünde ya da arkasında olması önemsizleşir hatta su yalıtımına ihtiyaç kalmaz.)

15. Günümüz teknolojisi kullanımıyla çok fazla değişmez. Eğer birleştirilen parçalar varsa bir araya geldiğinde doğru davranabilmeleri için bir şekilde ön biçim verilmesi gerekir.

16. Malzeme değişse de, ihtiyaç azalsa da farklı bir çözüm geliştirmek gerekir. (basılan kaplamanın arkasına aynı malzemeden kayıt atılması gibi)

17. Her türlü malzemede, yeni malzemeler geliştirilse bile malzeme doğasını göz önünde bulundurmak gerekir. Birleşimler azaldığı için azalabilir ama yine de ihtiyaç devam eder.

19. Daha bütünsel bir üretim olduğu için tasarımın ilk aşamalarından itibaren bu sistemlere nasıl entegre edileceğini düşünmek gerekiyor. Günümüz yöntemlerde duvar inşa edildikten sonra tesisatın geçişi düşünülebilse bile 3B baskıda duvarla basılmadan borunun boşluğunu belirlemek gerekiyor. Üzerine kaplama getirip kapatırım diye bir seçenek de olmadığı için, katmanlar bileşik olduğu için kritik bir durum. Günümüz yöntemlerine göre daha zor bir entegrasyon.

02 – cevap (pilot çalışması)

1. Çevresel şartlar değişmeyeceğinden ve şantiyelerin üzeri tamamen kapatılmadıkça iklim göz önünde bulundurularak fabrikada üretim seçeneği düşünülebilir.

2. Malzeme geçişleri ve kalınlıkları, baskı yönü gibi yapı aşamalarını tanımlamak gerekir.

3. (baskı sürecinin aşamalarının tanımlanması istendi-modelden baskı sonuna kadar). Standartlaşmanın sonunda maliyet/süre değişiyorsa ihtiyaç duyulabilir. Tüm değişik geometrileri basılabilecek formda modellemek gerekir, bu karmaşıklştırabilir. Tekrar etme/etmeme baskı sürecinden çok modelleme kısmına etkiliyor gibi gözükmemekte.

4. (birleştiriliyor mu tek seferde mi üretiliyor sorusu?) Birleştirilecek parça varsa veya gelenekselle birlikte kullanılıyorsa tanımlanmalı. Tüm katmanları basılsa da ön üretimli olarak parçalar halinde geldiğinde de tanımlanmalı.

6. Hala malzeme seçimi, katmanlaşma, u değeri hesabı vb. varsa ve malzemeler günümüze yakın hammadde ile üretiliyorsa çevre verileri gözetilir. Ama tüm özelliklerin iyileştirildiği bir senaryoda gerek kalmayabilir.

8. Her teknolojinin bir estetik sınırı vardır ve zamanla gelişir, bu senaryoda da muhtemelen olur.

10. Adaptasyon sürecinde günümüzdekinden daha çok seçenek oluşturmak gerekebilir. (ilk örnek) gerçekten birleştirilmiyorsa bu vida detayı neden basılsın? Buna alışmak ve verimli kullanmak için özellikle buna sonradan alışan ve içine doğmayan nesil için ilk geçişte daha fazla tasarım seçeneği üretilmesi gerekebilir.

11. Her türlü yazıcı her türlü malzemeyi üretebiliyor olsa, muhtemelen üretici en çok kullanılan gövde, yalıtım ve kaplamayı bana tip detay olarak önerecek ve bu benim istediğim özellikte olmayabilir, sonuç olarak benim yine detayda değişiklik yapmam gerekebilir. Örneğin kaplamada derz görme isteği...

14. Hala aynı malzemeleri kullanıyorsak, ideal malzeme üretilmediyse sırasını da belirlemek gerekebilir. İdeal tek bir malzeme ile yapılıyorsa gerekmez.

15. Ön üretimli veya birleştirilen parça varsa onların yan yana gelebilmesi için ön şekillendirme gerekir. Yerinde üretildiğinde enerji korunumu/hız vb. sebeplerle parça parça bir yerleri yapmak tercih ediliyorsa o zaman da gerekebilir.

16. Parçalı üretiyorsak günümüzdeki gibi biçimsel bir düzenleme veya ek malzeme gereklilikleri devam eder. Bütünsel üretimde de (betonarmedeki soğuk derze karşı kullanılan solüsyonlar gibi) katkı maddesi ekleme gibi bir çözüm önerme baskı tipine göre gerekebilir.

17. Hala aynı malzemeler kullanılıyorsa gerekir.

19. Nerede konumlanacağına dair bir tasarım süreci her halükarda gerekir.

03 – cevap (pilot çalışması)

1. Yazıcı birleştirerek ilerlediği için birleşim kolaylığı ve birleşim toleransı kriteri ortadan kalkar. 3B yazıcılarda kalite ortamla ilişkili olacağı için yine ön üretimli yapımda kalite daha kolay kontrol edilir. Taşıma sınırları aynı olacağı için lojistik kriter varlığını sürdürür, bu teknoloji için avantajlı olan yerinde yapım olacaktır.

2. Yazıcıyla ilgili tanımlamalar devam eder.

3. Yazıcının getirdiği boyutsal sınırlar hariç standartlaşma ortadan kalkar. Yazıcıların çözünürlüklerinde değişimler olur.

4. Günümüzden farklı ölçütlerle olsa da yapım aşamalarının planlanması, sırası devam eder.

6. Çevresel etmenler devam ettikçe bu girdiler göz önünde bulundurulmaya devam eder.

8. Günümüzde de gerekli maliyet karşılandığında tasarımcı için bir sınır yoktur. Herkes Frank Gehry gibi binalar tasarlamıyor çünkü herkesin arkasında ona fırsat veren guggenheim yok. 3B baskı için de aynısı geçerli olur.

9. Eskiz çizimi azalır ve maket ortadan kalkar. Tamamen dijital model kullanılır.

10. Günümüz teknolojileriyle beraber kullanılmıyorsa en başından tek seçenek geliştirerek tasarlanır.

11. Bu bir tasarım alışkanlığıdır, günümüzde nasılsa öyle devam eder, teknolojiye göre değişmez.

12. Her iki ölçekte de yaratıcılığı etkilemez, yeni bir mimarlık akımı oluşturmayacaktır.

14. Günümüzde olduğu gibi öncelenen performanslar doğrultusunda katmanlara tasarımcı karar verir. Tek malzemeye doğru gittikçe katmanlar ortadan kalkacağı için katman sırası da önemini yitirir.

15. Önceden biçim verme gerekliliği ortadan kalkar, baskı sonucu nasılsa son şekil o olacaktır.

16. Prezisyon yüksek olduğu için ek parça kullanımına gerek kalmaz.

17. Farklı malzemeler bir arada kullanıldıkça uyumlarını düşünmek gerekir.

19. Sistemlerin entegrasyonu ilk aşamalardan itibaren düşünülmeli.

04 – cevap

1. Kriterleri göz önünde bulundurma şekli ve içeriği değişebilir (taşınan yazıcı ve hammaddeler) ama genel anlamda geçerliliğini sürdürür (özellikle lojistik). Hem birleşim sayısı hem birleşimlerdeki toleranslar azalacağı için bu kriterin önemi azalır. Kalite kontrol kolaylığı açısından günümüz ön üretimli teknolojiler ile 3B baskı arasında bir fark bulunmaz.

2. Bütüncül bir üretim olacağı için karmaşıklık ve parçalar azalıyor, dolayısıyla tanımlamalar da azalır ama tanımlanması gereken bir kısım kalıyor.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmıyor, kısıtlayıcı etken makinanın boyutu olabilir. Malzeme boyutlarının sınırlayıcılığı kalktığında, hayal edilemeyen tasarımların bile ortaya çıkmasına sebep olabilir.

4. Yine yapım aşamalarını düşünmek gerekir. Bazı durumlarda ilk aşamada insan müdahalesine ihtiyaç duyulabilir. Teknoloji geliştikçe bölgesel çözümler için ek printerlar geliştirilebilir, böylece aksine insanın ulaşamayacağı yerlerde üretim yapılabilir.

5. Araç, girdi, malzeme miktarı azaldığı için sahada yapılabilirlikten yazıcı yapılabilirliğine indirgenebilir. Ama yine de printer harici farklı etmenler de göz önünde tutulmaya devam eder.

6. Yerinde üretimde çevre verilerinin yine göz önünde bulundurulması gerekiyor, ama süre kısaldığı için ideal üretim zamanı daha kolay seçilebilir ve daha az etkiler. Binanın yaşamı süresince çevresel faktörler değişmediği için binanın tasarımında tüm çevresel etmenler göz önünde bulundurulmaya devam etmeli.

7. Günümüz teknolojilerinde daha fazla girdi olduğu için (malzemeler önceden alınıp depolanması, iş gruplarının planlanması...) sürecin sistematik ilerlemesi, kararların baştan verilmesi daha önemli, 3B baskıda ham maddeye biçim verilene kadar kararlar değişebilir ve bu daha az etkiler.

8. Özgün tasarımlar, esnek geometriler üretmek beraberinde ek zorluk ve maliyet getirmeyeceği için tasarım sınırlamaları azalır ve yaratıcılığı teşvik eder.

9. Hepsinin anlatımında, düşünmede ve tasarımda farklı etkileri olduğu için tasarım aracı olarak kullanılmaya devam eder. Bunlara ek olarak farklı ihtiyaçlara yönelik yazılımlar geliştirilebilir.

10. Seçenekler farklı sebeplerle üretildiği için yine seçenekler üreterek tasarlama devam eder. İşveren, kriterlerin ağırlık oranları... Hatta sınırlamalar azalacağı için seçenekler artabilir.

11. Kullanılan malzeme sayıları, birleşimler azaldığı için alınan risk sayısı azalmış oluyor böylece özgün detay geliştirme daha çok tercih edilebilir. Model üzerinden çalışmanın getirdiği avantajla bilgisayar ortamında üretimi önceden deneyimlenebilir. Ya da üretim süresi kısılacağı için geliştirilen detayların prototipleri üretilerek deney yapılabilir.

12.

- a. Tasarım sınırları azalacağı için pozitif etki eder
- b. Detay çözümünde yine sınırlar azalacağı için esneklik sağlayabilir ama malzemelerin uygulama yöntemleri hep aynı olduğu için (ekstrüzyon) üretim çeşitliliği açısından tekdüzelik getirebilir. (fırınlama, kalıp içine dökme, örne gibi sistemler yok oluyor)

13. Bileşen sayısı azaldıkça, detay tasarımcısının rolü azalır, sonucun aynışması artar.

14. Yapım teknolojisinden ziyade malzeme teknolojisiyle ilgili bir durum. Katmanlaşma devam ettiği müddetçe performans sağlama amaçlı katmanlaşma sıralaması için bir değişiklik olmaz. Uygulama kolaylığından kaynaklanan katman sıralamasında bazı değişimler olabilir.

15. Estetik amaçlı yapılan biçimlendirmeler devam eder. Performans amaçlı biçimlendirmelerde ise parça parça üretimler var ise gereklilik devam eder.

16. Kesinlikle ek parça kullanımı azalır. Bileşenler farklı gereksinimler için kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak performansı sağlayabilir böylece ek parçaya gerek kalmaz.

17. Malzemelerin farklı özelliklerini her zaman göz önünde bulundurmak gerekir. Gelişen malzemelerle var olan sorunların bazılarına çözümler getirilse de yeni sorunlar ortaya çıkabilir.

18. Teknolojinin gelişimi yeni arayışlara sebep olacak ve yeni malzeme gelişimini teşvik edecek. Ama yeni malzeme ihtiyacı günümüz teknolojileri için de geçerli.

19. Günümüzde de alt sistemlerle bütünleşme önemli ve bütüncül yaklaşılması gerekir. 3B baskı teknolojisi için daha da önemli, sistemler birbirleri içine geçtiği için süreç en başından planlanmalı, bunun için de disiplinler arasındaki iletişim oldukça önemli.

20. Tanımlamalar azalır, tasarım çıktısının kendisi üretim için tanımlamaları içereceği için ek bir iş gerekmez. Ölçüler, isimler ortadan kalkar. İnsan iletişimlerinden kaynaklanan yanlış anlamalar olmaz.

21. İşlevler ve performanslar kompakt hale geleceği ve tasarım için gerekli bilgi artacağı için “tek akıl” gerekli olabilir. Kontrol mekanizması olarak, yapay zekâya veri veren ve çıkan sonucu yorumlayan mimar rolü varlığını korur.

05 – cevap

1. Kriterler geçerliliğini sürdürür.

2. Makinaya tanımlama yapılması gerekecek. Geçiş aşamasında iletişim açısından karmaşıklıklar oluşabilir. İlerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça verilmesi gereken bilgi azalabilir veya yazıcı kendi önerisini geliştirebilir.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç duyulmaz çünkü özgünlük, günümüzde olduğu gibi peşinde bazı olumsuzlukları getirmez.

4. Özellikle başlarda yine yapım aşamalarını düşünmek ve tanımlamak gerekir. Öğrenebilen bir makineyi baz alırsak ilerleyen süreçlerde her seferinde baştan tanımlamak gerekemeyebilir.

5. Yazıcı yapılabirliğine dönebilir ve başta daha sınırlayıcı olabilir ama teknoloji geliştikçe sınırlar da genişler.

6. İlk barınma ihtiyacından itibaren gelen, bizim ya da teknolojinin müdahale edemeyeceği tasarım girdileri olduğu için göz önünde bulundurulması gerekir. Bu etmenlere karşı farklı çözümler geliştirilebilir.

7. Bütüncül tasarım olacağı için bütünsel bir süreç tasarımı daha etkin hale gelebilir.

8. Tasarım kısıtları ortadan kalkar, organik tasarımlar normalleşir. Bugün yapmayı düşünemediğimiz birçok şey bile üretilebilir. Şimdiye kadar yapı sektöründe kullanılmamış malzemeler kullanılabilir. Evet, belki şimdi de bazı uç biçimsel ürünler üretilebiliyor, ama özellikle biçimsel olarak değil de üretim teknolojisi olarak günümüzdekinden oldukça farklılaşan sınırlar olacaktır.

9. Eskiz hep kalır, bir insanın düşüncesini aktarabileceği en hızlı ve temel araç olduğu için. Model, teknolojinin gerekliliği olduğu için zaten devam eder. Maketin teknolojisi, yapılış amacı değişebilir.

10. Seçenek oluşturma ihtiyacı yine devam eder. Teknolojiye verilen girdiler arttıkça yazıcının yönlendirmesi de artacaktır, yazıcı da seçenek oluşturabilir.

11. Standart detaylar yine kolaylaştırıcı olabilir ama özgün detayla arasındaki avantaj farkı azalabilir. Malzeme üreticileri mimardan daha yoğun bir şekilde teknolojiyi irdeleyeceği için hem teknolojinin gelişimine katkıda bulunabilirler hem de farklı

detay çözümleri sunabilirler. Geliştirilmiş olan detaylardan yola çıkıp binaya özgün hale getirmek bu teknolojiye daha kolay olabilir.

12. İkisi için de özgünlüğe yöneltir, kısıtlamaz. Teknolojinin başlangıç gelişim aşamasında belki kısıtlamalar sunar ama ileriki zamanlarda bu sınırlar ortadan kalkar.

13. Tasarımcının rolü azalır ama aynı ürün ortaya çıkmaz. Tasarımcı bir problemi çözerken özgün olmak ister, teknolojinin sınırlarını zorlayarak farklılaşma yolunu bulur.

14. Katmanlaşmanın devam ettiği bir senaryoda katman sırası önemini korur. Hem malzeme özelliği hem uygulama aşamaları açısından.

15. Günümüz malzeme ve teknolojisine yakın üretimlerde ön biçim vermek gerekir.

16. Bunlar üretim için düşünülen ek parçalar, uygulama için gerekmeyeceği için ek parçaya ihtiyaç duyma azalır.

17. Yapılan ürünün aynı şekilde varlığını sürdürebilmesi için her türlü malzemenin zaman içindeki davranışı düşünölmeye devam eder. Ama bu karşılaşılan davranış problemlerine teknolojinin getirisiyle daha kolay çözümler geliştirilebilir.

18. Yeni malzeme gelişimi kesinlikle gerekir. Günümüzde kullanılan malzemeler de dönüşerek farklı şekillerde kullanılabilir. Yeni malzeme geliştikçe de teknoloji gelişecek, teknoloji geliştikçe de yeni malzemeler üretilecek. Bu birbirini besleyen bir süreç. Teknolojinin malzeme açısından dezavantajı malzemenin olduğu gibi kullanılamayacak olması. “Masif bir ahşap kullanımı”

19. Teknolojinin kendi ruhundan kaynaklı olarak “son ürün” üretildiği için alt sistemlerin entegrasyonu daha çok göz önünde bulundurulması gerekecek. Uygulama düzlemleri farklı olduğu için (yatay/düşey) müdahale etmek daha zor.

20. Robota tanımlamak daha kolay olur. “Havuz” oluştukça tanımlamalar daha da azalır.

21. Meslekler varlığını sürdürür ama dönüşür. Bilgi yükü artacağı için mimarın bilgiyi/veriyi nerede bulacağını ve nasıl kullanacağını bilmesi gerekecek. Mimarın sadece teknik bir yönü olmadığı için teknik kısmı herkesin ortak veri aktardığı ‘yapay zekâ’ üstlense bile mimar diğerlerinden daha farklı bir konumda olur.

06 – cevap

1. Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre farklı kriterler işin içine girebilir. Kalite kontrol kolaylığı kriteri ortadan kalkabilir, artık üretim yerine göre değişmez.

2. Üretimde birden fazla aşama varsa (farklı teknolojiler de dahil olabilir) yine tanımlamak gerekir. Tek bir baskı işlemi varsa da önce neresinin basılacağı yine tanımlanmalıdır.

3. Teknolojinin başlangıç evrelerinde, alışma sürecinde bir standartlaşmaya ihtiyaç duyulabilir. Daha sonra keşfedildikçe daha özgün hale gelebilir, standartlaşmaya duyulan ihtiyaç ortadan kalkabilir.

4. Yine düşünülmesi gerekecek ama düşünme evresi daha erken bir aşamaya çekilecek hatta konseptin geliştirilmesinde bir girdi bile olabilir. Ve bu aşamalar insana değil de yazıcıya tanımlanacak.

5. Yerinde yapıldığında diğer “yapılabilirlik” durumları da düşünülecek ama en önemli yapılabilirlik durumu yazıcı yapılabilirliği olacak.

6. Çevresel etmenler her zaman bir girdi olacak. Yapım aşamasındaki etkileri azalabilir çünkü süre ve üretimdeki insan faktörü azalıyor ama yaşam süresindeki etkileri aynı kalacak.

7. Teknolojinin başlangıcında, daha jenerik ve standart katmanların kullanıldığı bir evrede kapsamlı bir süreç tasarımına ihtiyaç ortadan kalkabilir ama özgün tasarımların geliştirilebildiği aşamada başından süreci tasarlamak gerekir.

8. Manipülasyona açık bir teknoloji de olsa belirli bir tasarım sınırlamaları var. Malzeme havuzu genişlediğinde, farklı üretim yöntemleri geliştirildiğinde sınırlar azalabilir ama yine de yeni belirli kısıtlamalar olur.

9. Eskiz hiçbir zaman kaybolmaz. O bir mimarın konuşma dili, düşünürken ya da anlatırken tablete de çiziyor olsa eskiz kavramı devam eder. Modelin kullanım amacı değişebilir (tasarım aşaması/üretime yönelik model). Maketin yerini prototip alabilir. Tasarımı soyutlanan bir temsil olan maket yerine ürünün kendisinin bölgesel parçaları ya da küçük ölçekli hali üzerinden anlatmak tercih edilebilir.

10. Teknolojinin farklılaşması tasarımcının bu yöndeki alışkanlığını değiştirmez. Seçenekler oluştururken zaman açısından hız kazandırıp kolaylık sağlayabilir.

11. Teknolojinin kabul edilip sektörde kullanımı yaygınlaşana kadar özgün detay geliştirmeyi tercih edebilirler. İlerleyen zamanlarda Üreticilerin deneyimleriyle çeşitlendirdiği ve optimize ettiği standart detayların kullanımı daha avantajlı olabilir.

12.

- a. Yaratıcılığı teşvik eder
- b. Detay tasarımını sınırlandırır, standardize eder çünkü tasarlanabilir hale gelmesi daha uzun bir süreç gerektirir.

13. Makine aklı devreye girdiğinde, teknoloji optimum çözümü sunduğu için tasarımcı müdahalede bulunmaz, aynı ürün ortaya çıkar.ileşen sayısı azaldıkça, detay tasarımcısının rolü azalır, sonucun aynışması artar.

14. Katmanlaşmanın devam ettiği müddetçe katman sırasını düşünmek de gerekir. İlerleyen süreçte performans gereksiniminden kaynaklanan katmanlaşma ortadan kalkıyorsa orda sıra da kalmaz. O aşamada katmanlaşmanın varlığı estetik gereksinimlerle belki devam edebilir.

15. Birleşen herhangi bir eleman varsa ön biçim verilmesi de gerekir.
16. Birleşim gerekecekse o birleşimin beraberinde getirdiği ek bileşenleri kullanmak gerekebilir.
17. Bütün bir sistem tek malzemeye dönüşmediği müddetçe, birden fazla malzeme kullanıldığında bu malzemelerin özelliklerinin uyumunu yine düşünmek gerekir.
18. Tek bir üretim şekli olduğu için (baskı), her ne kadar bir kısım yeni malzeme gelişimleri devam etse de günümüzdeki malzeme çeşitliliğinin kaybolmasına sebep olabilir. Akıllı malzemeler, biyolojik malzemeler, hareketli parçalar çerçevesinden bakıldığında bunların baskı yönteminde kullanımları sınırlı olacaktır.
19. Konsept proje sürecinden itibaren tüm tasarım oyuncularını ortak bir dil oluşturmalı, “BIM” gibi. Yapı elemanları ve taşıyıcı sistemleri birleştirebilir, orda bir avantaj sağlayabilir.
20. Yazılı tanımlamalara ihtiyaç kalmayacak. Ama tasarım aracı olarak kullanılan programlara başta bir kütüphane tanımlamak gerekecek. Bu kütüphanedeki tanımlama sözel tanımlamalardan ziyade objeyi tanıtmak olabilir.
21. Zaman içinde tüm bilgilerin yüklendiği bir “tek akıl” tüm parametreleri düşünüp problem çözücü rolünü üstlenebilir. Ama bu “tek akıl” bir insandan ziyade yapay zekâ olabilir. Mimarın rolü diğer meslek dallarından tasarımcı özelliği açısından ayrışabilir ve devamlılığını yapay zekâyla beraber sürdürebilir.

07 – cevap

1. Var olan kriterler geçerliliğini korur, robotun çalışma koşullarından kaynaklanan yeni kriterler de eklenebilir.
2. Gerekli veriler girilerek robot kendi detayını kendi bile çözebilir. Dolayısıyla detayın tasarlanmasına gerek kalmadığı gibi aşamalarının tanımlanmasına da gerek kalmaz.
3. Standartlaşmanın getirdiği hız, ekonomiklik, kalite kontrol gibi avantajlar her zaman geçerlidir. Kavram günümüzdeki tanımıyla kullanılmayabilir ama kendi içinde bir standartlaşmaya ihtiyaç duyar. Boyutsal sadeleşmeye pek fazla gerek kalmaz.
4. Herhangi bir aşama tariflemek gerekmez, makine optimum üretim sırasını kendi belirleyebilir. Strüktürel elemanların önce yapılmasıyla ilgili bir komut verilebilir, hatta bunu da program kendi analiz edip kendi karar verebilir.
5. Tüm üretim süreci göz önünde bulundurulduğunda yapılabirlik kavramı yazıcıya indirgenemez. Yazıcıyı sahaya getirmek, çalışmanın aksamamasını sağlamak, kontrol etmek, sorunlara müdahale etmek, tüm diğer sistemlerle entegrasyonu sağlamak da yapılabirliğe dâhil olan diğer konular olmaya devam eder.
6. Evet, kesinlikle göz önünde bulundurulmaya devam eder.

7. Her teknolojide süreç tanımlanmalı, böyle bir üretimde yazıcı seçimi süreçte daha önemli bir adım haline gelebilir.
8. Tasarımda ciddi esneklik sağlar. İstenen tasarımlar, eğrisel formlar kolay bir şekilde üretilebilir hale gelecektir.
9. Model devam eder, teknolojinin de zorunlu hale getirdiği bir araç olarak. Eskiz özellikle ilk tasarım sürecinde geçerliliğini sürdürür. Maket, temsil aracı olarak devam edebilir ama tasarım aracı olarak yerini bilgisayar ortamındaki modellere bırakır.
10. Tasarımcı tarafından veriler girildikten sonra seçeneklerin insanlar tarafından oluşturulmasına gerek kalmaz, program oluşturur ve daha sonra seçim yapılır.
11. Makinenin tasarımına bırakıldığında özgün detay kullanımı tercih edilmez, ama tasarımcı kendi özgün bir detay tasarlamak isteyebilir.
12. Her iki ölçekte de yaratıcılığın gelişimine katkıda bulunur.
13. Günümüz teknolojilerinde bile aynı detay tasarımı ortaya çıkabilir çünkü sistem ya da malzeme üreticilerinin detay çözümlerine başvuruluyor. Makinenin daha fazla devreye gireceği bir senaryoda detay tasarımcısının rolü daha da azalır.
14. Katmanlaşma devam ettikçe bir sıra belirlenir ama bu kararı yazıcı girilen veriler ve yönetmelikler doğrultusunda bize önerebilir.
15. Gerekli biçim verilmiş şekilde üretim gerçekleşir.
16. Montajlar ve üretimden kaynaklanan hatalar azalacağı için ek bileşenler de azalır.
17. Farklı malzemeler kullanıldığı müddetçe malzemelerin birbirleriyle uyumunu göz etmek gerekir.
18. Farklı kimyasal/mekanik özellikteki malzemelerin geliştirilmesi teknolojinin gelişiminin devam etmesi açısından gerekli olacaktır.
19. Veriler girildikten sonra entegrasyon çözümünü program/makine kendi üretecektir, hatta alternatifli şekilde, son kararı tasarımcı verebilir.
20. Eğer yazıcı tasarlanan ürünü algılayabiliyorsa üretim için gerek kalmayabilir ama sürecin farklı evrelerinde (kontrol, ruhsat...) başka kişiler için tanımlar, ölçüler gerekebilir.
21. Farklı disiplinlerin varlığı devam eder çünkü hakim olunması gereken çok fazla konu var, bu ekibi entegre eden bir program/yönetici olabilir.

08 – cevap

1. Kullanılan malzeme ve yazıcıya bağlı olarak farklı kriterler devreye girebilir. Kalite kontrol kolaylığı açısından günümüzdeki kadar büyük farklılıklar kalmaz. Seri üretim ürünlerin fabrikada, özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilebilir.

2. İlk aşamalarda özellikle malzeme değişimlerinde ve strüktürün inşasında mimar tanımlamaya devam eder ama teknoloji geliştikçe ilerleyen aşamalarda gerek kalmayabilir.
3. Standartlaşmaya günümüz anlamında ihtiyaç kalmayabilir, farklı üretici robotların aynı anda üretiminde bir standartlaşma kavramı gerekebilir.
4. Bu aşamaları robot kendi belirleyebilir, ama robot sayısı ve malzeme girdisi arttıkça bir aşama tanımlanması gerekebilir.
5. Fabrikada üretimde yazıcı yapılabiliirliğine dönüşür ama yerinde yapımda günümüzde de var olan diğer yapılabiliirlikler de devreye girer.
6. Yapım aşaması için kullanılan malzemeye ve araçlara bağlı olarak çevre verilerinin etkileri değişir. Günümüze yakın bir teknolojiye yapım etkilenecektir, dolayısıyla göz önünde bulundurmak gerekebilir. Bina yaşamı süresince bina performansı açısından günümüzdeki etkiler aynen devam eder, çünkü beklenen performanslar aynı kalacaktır.
7. Malzeme seçimi ve temini, nakliye gibi kararların tasarlanan bir süreçte planlanması önemini korur, fakat girdiler azalacağı için bir süreç tasarımına duyulan ihtiyaç azalacaktır.
8. Tasarım/estetik sınırlamalar genişler. Organik bir tasarımın beraberinde getirdiği maliyet yükü ortadan kalkar.
9. Dijital üretime tamamen adapte olmuş bir tasarım jenerasyonuna ulaşıldığında eskiz ve maket artık kullanılmaz. Maket yerini aynı teknolojiyle küçük ölçekte üretilen prototiplere bırakabilir. Model zaten gelen teknolojinin doğası gereği önemini arttırarak kullanılmaya devam eder.
10. Farklı malzeme kullanım seçenekleri oluşturma olarak şekillenebilir.
11. Teknoloji, özgün detay tasarlamayı ve kullanımını teşvik edebilir.
12. Her iki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder.
13. Tasarımcının rolü azalır fakat kullanılan yazılım programı farklı seçenekler üretme ve farklılaştırma üzerine programlanabilir ya da tasarımcı kullanılan tasarım programının son ürünü üzerinde değişiklik yaparak müdahale edebilir.
14. Teknolojinin başlarında mimar katmanlaşma sırasını belirler fakat geliştikçe yazıcı kendi belirleyebilir.
15. Parça parça üretilip birleştiriliyorsa ön biçim verilmesi de gerekir.
16. Farklı malzeme geçişlerinde gerekli olduğu için kullanılmaya devam edecektir.

17. Her malzemenin farklı özelliği olacağı için birbiriyle uyumunu gözetmek gerekir. Eğer birbirine adapte olabilen malzemeler geliştirildiyse gerek kalmayabilir.

18. Teknoloji ve malzeme gelişimi birbirine paralel gelişirse daha anlamlı olur ve karmaşık işlevler üstlenebilirler. Birbirini teşvik etmeli ve yönlendirmeli.

19. Sistemlerin entegrasyonu tasarımın en başından düşünülmeli ve tasarım ona göre geliştirilmeli.

20. Üretim aşaması için gerekmebilir ama ilk başlarda yapımın diğer süreçlerinde gerekebilir. Tüm yapım oyuncuları bu sisteme adapte olduğunda tamamen ortadan kalkabilir.

21. Teknolojinin ilk aşamalarında programlara tanımlama yapmak, tanımlamaları iyileştirmek ve kontrolünü sağlamak için farklı disiplinlerin varlığını sürdürmesi gerekir. Daha sonrasında, eğitim sisteminin de yönlendirmesiyle disiplinler arası birleşimler oluşabilir.

09 – cevap

1. Günümüzde genel eğilim yerinde üretimin ön yapıma doğru evrilmesi yönünde. Bunun yanında her binanın kendine özgülüğü yerinde yapımdan da tamamen vazgeçilmemesini sağlıyor. Bu teknoloji yerinde yapımın dezavantajlarını azaltan bir teknoloji olduğu için genel eğilimin yönünü bir anlamda değiştirebilir veya ikisini de gerektiği yerde kullanmayı tercih edebilir.

2. Tanımlama istenen üretim için detay tasarımında gerekli ve teknolojiden bağımsız olarak, araçlar değişse de metodolojiler devamlılığını sürdürür. Erişilebilir kütüphaneler biriktikçe herkesin ayrı ayrı bileşenleri kendi içinde tanımlaması değil de entegrasyonun tamamlanması söz konusu olabilir. Böylece tasarımcının işi kolaylaşabilir.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç devam eder, çünkü inşaat endüstrisinin karmaşık bir ürünü var. Farklı üreticiler bu ürünün farklı üretim zamanlarında devreye giriyor, onların uyum içinde birbirleriyle ‘konuşabilmesi’ için bir standartlaşma devam eder.

4. Makinaya tarıflendiyse, veri olarak tanımlandıysa her seferinde yeniden tanımlamak gerekmez. Ama ona böyle bir özellik atanmadıysa tarif edilmeli.

5. Günümüzde daha zor inşa edilebileceğini düşündüğümüz, ‘yapılabilir’ bulmadığımız haller daha yapılabilir olacaktır. Özellikle işinin uygulama yapabileceği alanlar, sınırları gibi kriterler ortadan kalkmış olacak.

6. Hem yapım aşamalarında hem de binanın yaşam süresince iklim ve çevre verilerini göz etmek gerekir. Bugüne kadar nasıl belirleyici ise yine performans açısından en önemli belirleyici etken olacaktır. Tasarım sayısallaştıkça hesaplama araçları daha kolay ve hızlı olacaktır.

7. Proje ölçeği ve üretim stratejilerine göre değişir. Ama yine de farklı boyutlarda da olsa tasarım süreci tasarlanmalı

8. Biçimsel tasarım/estetik sınırlar oldukça genişler. Sadece biçimsel kapsamda da kalmaz, diğer estetik tamamlayıcı ürünlerin bir arada kullanımını, bütünleşmeyi de teşvik edebilir. Kullanıcının estetik anlayışını aracısız bir şekilde uygulayabilmesini de sağlayabilir.

9. Eskiz zihinsel bir egzersiz olduğu için üretimde birebir kullanılsa dahi varlığını sürdürür. Düşünme biçimi olarak maket de devamlılığını sürdürür. Model teknolojinin kendiliğinden getirdiği bir araç olduğu için yaygınlaşır. Ayrıca sayısal kütüphanelerin gelişmesi (BIM kütüphaneleri gibi) bir tasarım aracı olarak kullanılacaktır.

10. Seçenek oluşturma pratiği teknolojiden bağımsız bir problem çözme alışkanlığıdır. Seçenek oluşturmak isteyen tasarımcılar için kolaylaştırıcı bir etken olabilir ama bu pratikte olmayan biri için seçenek oluşturmaya yöneltmez.

11. Teknolojiden bağımsız olarak, eski test ettiğimiz ya da başkalarının test ettiği çözümlere projeye özgü yenilikler eklemek hem günümüz hem gelecek teknolojiler için geçerli olacaktır.

12. Verilerin daha kolay erişilebilir hali yaratı fikirlerin gelişimini tetikleyebilir ama tasarımcının buna açık olup olmamasına göre değişir.

13. Farklı ürün ortaya çıkar. Tasarım sadece teknik değil sosyal de bir etkileşim olduğu için herkesin sentezi farklı olacaktır.

14. Evet, yine katman sırasına mimar tarafından karar verilir. Genel tasarım prensipleri teknolojiye bağlı olarak değişmez.

15. Evet, bir araya getirilen farklı sistemlerin uyumu için önceden biçim vermek gerekir.

16. Farklı sistemleri bir araya getirebilmek için yine bir ara yüz elemanı gerekecektir. Ama bir arada, bütün halinde basılabilecek halde üretim yapılıyorsa ek parça kullanımı gerekmez. ‘Yalınlaşma’ doğrultusunda bütünleşik bir ürün daha çok tercih edilecektir.

17. Bir bütün halinde üretim yapılıyorsa zaten o bütünü üreten üretici bu aradaki uyumu çözmek zorunda. Eğer bütün değil, farklı üreticilerin ürettiklerini bir araya getirmek planlanıyorsa bu ‘uyum’ rekabette firmaları öne çıkaran önemli bir nokta olacaktır.

18. Günümüzde var olan malzemelerle yetinmeyecek ve karmaşık yeni malzeme gelişimi gerektirecektir. Teknoloji - malzeme endüstrisi birbirinin beklentilerini karşılamak üzerine çalışmalar geliştirecektir.

19. Şu anda BIM’in kullanım amacı da tasarımın başlangıcında tüm entegrasyonun düşünülebilir olması. Farklı aktörler tarafından üretildiği müddetçe, karmaşık bir ürün olan binanın tüm sistemlerinin entegrasyonu önemini koruyacaktır. 3B baskı bu gerçekliği çok fazla değiştirmez.

20. Dijital ortamda yapılan bir tasarımın ‘bitmişlik düzeyi’nin yüksek olması, modelin tümüyle tamamlanması 3B yazıcının anlayabilmesi ve doğru üretebilmesi açısından gelenekselden daha önemli hale geliyor. Daha sonra çıkması olası problemlerin önceden önlem alınması açısından da önemli.

21. Günümüzdeki ‘Tasarım-Yapım’ oluşumları, yani hem tasarımın hem üretimin aynı aktör tarafından yapılması ya da BIM gibi ortak bir dil kurulması benzer bir ihtiyacı karşılamak üzerine kuruldu. İşveren menfaati projenin başından itibaren tüm grupların entegre şekilde çalışması yönünde olduğu için böyle bir iletişim dili gelişerek devam edecektir.

10 – cevap

1. Yerinde yapım bu teknoloji için daha avantajlı hale gelecektir. Belirtilen kriterler geçerliliğini sürdürecektir. Yapım yeri seçimi kalite kontrol kolaylığı açısından günümüzdeki kadar farklı sonuçlar doğurmayacaktır, hem yerinde hem ön üretimde daha kolay kontrol edilebilir. Hızlı üretim kriteri de yapım yerine karar verme açısından daha önemli hale gelebilir, çünkü bu teknoloji için hız önemli.

2. Katman sıralamasının yine tanımlanması gerekir. Katmanların malzeme bilgileri, kalınlık, ölçü gibi tanımlamaları ve hangi katmandan üretime başlanacağı tanımlanmalı.

3. Başlangıçta malzeme, süre ve maliyetin öngörülebilir ve makul olması açısından standartlaşma faydalı olacaktır. Teknoloji geliştikçe standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz.

4. Yine tanımlamak gerekir.

5. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında tüm diğer yapılabirlik kriterleri hala geçerliliğini korur. Sadece 3B baskı kullanıldığında da üretim şekline bağlı olarak değişir. Yerinde yapımda hava ve arsa koşulları gibi ‘sahada yapılabirlik’ kavramı devamlılığını korur, ön üretimde yazıcı yapılabirliğine dönüşebilir.

6. Özellikle malzeme dayanımı açısından çevresel veriler göz önünde bulundurulmalı.

7. Sürecin önden tasarlanması önemini korur, süreç tasarımı gereklidir ama süreçte düşünülen şeyler değişir.

8. Teknoloji geliştikçe kullanılabilen malzeme ve biçimsel çeşitlilik arttıkça estetik açıdan sınırlamalar kalkabilir. Ama ‘maliyet’ tasarımı kısıtlayıcı bir etken olarak varlığını korur.

9. Eskiz, tasarım sürecini yürüten, şekillendiren bir düşünme aracı olduğu için kullanılmaya devam edilmeli, eder. Model hem üç boyutlu düşünmeyi sağladığı hem de üretimde gerekli olduğu için kullanılmaya devam eder. Maket artık kullanılmayabilir.

10. Yine farklı teknolojilerin kullanımı, farklı sıralamalar, farklı malzemeler düşünülerek seçeneklerin oluşturulması gerekir, onların arasından performans, maliyet gibi ölçütler belirlenerek seçim yapmak gerekir.

11. Mutlaka farklılık arayanlar, projeye özgü detay geliştirenler olacaktır. Bina kimliğini estetik açıdan etkileyebilecek ölçekte ve önemde detay tasarımı günümüzde de oldukça az, ilerleyen zamanlar için de hızlı olmak önemsendiği için tamamen ortadan kalkacaktır. Tip detaylar baz alınarak projeye özgü hale getirilebilir.

12. Her iki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder.

13. Biçimsellik açısından sağlanan esnekliğin de verdiği avantajla yine tasarımcının rolü ve özgünlüğü devam eder.

14. Evet, yine katman sırası belirlenir ve tanımlanır.

15. Birleştirilen parçalar varsa ön biçim verilmesi gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturabilecek bir üretim yöntemi değil, bitmişlik düzeyi yüksek.

16. Bütüncül bir üretim olduğu için ek parça kullanımına gerek kalmaz.

17. Farklı malzemelerden oluşuyorsa malzeme uyumunu göz etmek gerekir.

18. Karmaşık, özellikleri geliştirilmiş, birden fazla işlevi karşılayabilen malzemeler bu teknolojiyle beraber kullanılabilir.

19. Bütüncül bir üretim olduğu için uyumun göz önünde bulundurulması daha da önemli hale gelir, tasarımın başında bu entegrasyon düşünülmelidir.

20. Üretim aşamasında yazıcı için gerekli olmayabilir, ama üretimde kontrolör olarak insan bulunacaksa, kontrol için gerekli ölçüler, tanımlamalar yapılabilir.

21. Disiplinlerin varlığı devam eder ama aralarında iyi bir iletişim kurmalarını sağlayan ortak bir dil kurulur (BIM gibi). Tüm bilgilere hakim olan ve tek başına tasarım yapabilecek bir insan ya da yapay zekanın olması çok zor.

11 – cevap

1. Yerinde yapım ve ön üretim arasındaki fark bu kriterler bazında azalsa da yine de belirli bir fark kalacaktır, kriterler göz önünde bulundurulmaya devam eder.

2. Tanımlamaların şekli değişir ve azalır, sadece model üzerinde tanımlamak yeterli olur ayrıca şartnameler ve sözlü olarak aktarım, vb. ortadan kalkar.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz, malzemenin izin verdiği boyutlar içinde istenilen şekilde hammadde şekillendirilebilir.

4. Binanın nereden basılmaya başlanacağı, ön hazırlıklar vb. tanımlamak gerekir.

5. Malzeme, diğer girdiler gibi yapılabilirlik kriterleri de yine düşünülmeli, tamamen yazıcı yapılabilirliğine indirgenemez.

6. Hem kullanım hem de yapım aşaması için iklim ve çevre verileri kesinlikle göz önünde bulundurulmaya devam eder
7. Yazıcının etkin kullanımı için süreç tasarımı daha önemli hale gelir. Üretimdeki aksaklık hem maliyet hem doğru üretim açısından daha olumsuz bir hal alır.
8. Her teknolojinin ve malzemenin bir sınırı vardır, o sınırlar içinde tasarımcıya serbestlik sağlar.
9. Eskiz ve maket yapımı tasarımcıya bağlı olarak, tercih edenlerle beraber varlığını sürdürür. Model teknolojiyle beraber daha çok gelişir.
10. İki yöntem de tercih edilmeye devam edebilir.
11. Prototip oluşturmak ve onu denemek daha hızlı olduğu için projeye özgü detay geliştirme tercih edilebilir.
12. Her iki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder en azından modülasyondan çıkılıyor. Ama yaratıcılık için tek etken değildir, teknoloji kullanıldığında muhakkak daha yaratıcı tasarımlar oluşmaz.
13. Aynı ürünler ortaya çıkmaz, tasarımcının müdahalesi devam eder.
14. Katmanlaşma varsa bu katmanların sırasını tasarımcı belirler.
15. Bitmişlik düzeyi yüksek olduğu için ön biçim verme daha da önemli hale gelir.
16. Ek parça kullanımı azalır, gerektiği yerlerde de bileşenin kendi içinde çözülür.
17. Malzemenin doğası gereği farklı malzemelerin birbiriyle uyumu göz önünde bulundurulmalı.
18. Teknolojinin gelişimi malzeme çeşitliliğini de arttırır, karmaşık malzemelerin kullanımı artar.
19. Entegrasyonun tasarımın başında yapılması günümüzde de oldukça önemli, 3B baskı ile daha da önemli hale gelecektir.
20. Hata payının daha az olduğu bir iletişim gerekir. Malzeme veya boyut tanımlamaları daha net, düz ve doğru olmalı.
21. Çok fazla girdi olduğu için “tek akıl” tüm süreci yürütemez. Disiplinler varlığını sürdürür ama daha koordineli bir iletişim kurulması gerekir. Farklı ofisler altında değil, “yapı şirketi” bünyesinde tüm oyuncuların bir arada olduğu kurumlar artıp gelişebilir.

12 – cevap

1. Birleşim ve kalite kontrol kolaylığı açısından yerinde ve ön üretim arasındaki fark 3B baskı ile beraber azalır. Kriterlerin göz önünde bulundurulma oranı da bu oranda azalır.

2. Tanım şekli değişir ama yine tanımlamalar devam eder.
3. Bu teknolojiye standartlaşmaya gerek kalmaz çünkü ürünlerin farklı ya da aynı olması üretim aşamasında bir farklılık oluşturmaz.
4. Evet, yine tanımlamak gerekir.
5. Diğer yapılabirlik kriterleri azalacaktır ama tamamen yok olmayacaktır, yazıcı yapılabirliği büyük oranda düşünülmesi gereken bir kriter olacaktır.
6. Kullanım aşamasında beklenen konfor koşulları aynı olduğu için tüm çevre verileri göz önünde bulundurulmalı. Yapım aşamasında da yazıcı ve kullanılan malzemenin performansı açısından yine göz önünde bulundurulmalı.
7. Girdilerin türü değişse de yine süreç tasarımı önemini korur.
8. Teknolojinin kapasitesi açısından tasarım sınırları ortadan kalkar ama maliyet yine tasarımı kısıtlayan bir etken olabilir.
9. Eskiz, insanın yaratıcılığını dökkebildiği bir tasarım aracı olduğu için kullanılmaya devam eder. Model teknolojinin gerekliliği olduğu için kullanılmaya devam eder. Maket yine deneme amaçlı 3B baskı tekniğiyle üretilen prototiplere dönüşebilir.
10. Teknoloji, tasarımcıyı en başından ideal olanı yapmaya yönlendirir.
11. Teknolojinin başlarında güvenli tarafta kalmak tercih edilebilir, halihazır detaylar kullanılır. Daha sonra teknoloji geliştikçe ve alışıldıkça projeye özgü detaylar geliştirilebilir.
12. Her iki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder. Detay tasarımında birleşim noktaları ortadan kalktığı için tasarımcı kendini daha esnek bırakabilir.
13. Farklı ürünler ortaya çıkar çünkü detay tasarımında, katmanlaşmada hala mimarın bilgisine ihtiyaç duyulduğu için mimarın etkisi ortadan kalkmaz.
14. Evet, yine katman sırası belirlenir ve tanımlanır.
15. Önceden biçim verilmesi gerekir.
16. Kullanılan ek parçalar azalır, belki ortadan kalkar ama bu birleşimlerin tasarım sürecinde yine düşünülüp gerekli olup olmadığı sorgulanması gerekir.
17. Farklı malzemeler kullanıldığı için malzeme özellikleri yine göz önünde bulundurulmalı.
18. Başta günümüzdeki hammaddeler kullanılır, gelişmiş malzemelere pek fazla ihtiyaç duyulmaz ama teknoloji geliştikçe karmaşık malzeme kullanımına yönelim olur.

19. Alt sistemlerle entegrasyon daha önemli hale gelir.

20. Tanımlanmış ve ölçülendirilmiş modele göre üretim yapılır, ayrı bir süreç olarak değil de tasarım ürünü oluştuğunda zaten tanımlamalar kendiliğinden gelişmiş olur.

21. Tüm bu süreci “tek akıl” bir yapay zeka yürütebilir ama bu yapay zekayı geliştirmek, iyileştirmek, yönlendirmek, kontrol etmek için disiplinler devamlılığını sürdürür.

13 – cevap

1. Değiştiremediğimiz etkiler devam ettiği için (çevresel veriler) ölçütler geçerliliğini korur, ama birleşimler azaldığı için ağırlıkları azalır.

2. Dili ve içeriği değişebilir ama kendi içinde yapım aşamalarının tanımlanması gerekir.

3. Standartlaşmaya her zaman ihtiyaç duyulur çünkü başarılı bir üretim gerçekleştirilebilmesi için sınırların çizilmiş olması gerekir.

4. Evet, özellikle geleneksel yöntemlerle beraber kullanıldığında yine tanımlamak gerekir.

5. Gelişmişlik durumuna göre ‘malzeme’ ya da ‘yazıcı’ yapılabilirliği önem kazanır.

6. Evet, tasarım girdisi olmaya devam eder

7. ‘Süreç’ kavramının içeriği değişebilir ama süreç tasarımı önemini korur.

8. 3B teknolojisinin de bir kısıtı olacaktır, tasarımcı o kısıt içerisinde serbest olabilir.

9. Eskiz, tamamıyla dijital tasarıma adapte olmuş jenerasyona kadar varlığını sürdürür. Maket, 3B yazıcıya erişim kolaylığına bağlı olarak yine baskı teknolojisiyle üretilerek gösterim amaçlı kullanılabilir.

10. Tasarım seçenekleri her zaman için oluşturulmalı, 3B baskı bir teknoloji olarak bu süreci etkilemez.

11. Teknoloji kabul görüp, kullanımı yaygınlaştığında özgün tasarımlar geliştirilebilir. İlk aşamalarda projeye özgü tasarım yapıldığında, detayın çalışmaması ve yıkılıp yeniden yapılabilmesi riskini de göze alabilmeli.

12. Detay tasarımında yaratıcılığı artırır çünkü ölçeği teknolojinin sınırları altında. Bütüncül tasarımda ise kısıtlayabilir çünkü ölçeği teknolojinin sınırlarını aşıyor.

13. Tasarımcı müdahalesi/özgünlüğü tasarımcıyla ilgilidir, teknoloji burada etkili değildir.

14. Evet, yine katman sırasını tasarımcı belirler.

15. Baskı sonucu son kullanılan hali olmalıdır.
16. Eğer performansları sağlarsa gerek kalmaz.
17. Evet farklı malzemeler kullanıldığı için göz önünde bulundurulmalı.
18. Tek malzemeden çok performans beklemek sakıncalıdır. O katman zarar gördüğünde birden fazla performans zarar görmüş oluyor. Bu açıdan malzemelerin karmaşıklığı günümüzdekinden çok fazla farklılaşmaz.
19. Tasarımın ilk aşamasında entegrasyon yapılmalı.
20. Teknolojinin gerekliliklerine ve veri aktarımına bağlı olarak değişir.
21. Teknolojilerin geçmişten günümüze gelişimine baktığımızda farklı disiplinlerin devamlılığını koruyacağını hatta ara disiplinlerin oluşacağını söyleyebiliriz. Ancak bunları yöneten bir yönetici, ‘ana beyin’ olacaktır.

14 – cevap

1. Projeyi kime yaptığımıza bağlı olarak maliyet önemli bir kriter haline gelir. Makinanın taşınıp yerinde üretilmesi mi yoksa fabrikada üretimi mi birim fiyat açısından daha avantajlı hale gelir ona bakılabilir. Kalite kontrol açısından çizilen ürünün aynısı üretileceği için yapım yerine göre değişmez, bu kriter önemini kaybeder.
2. Tanımlamaların şekli ve tanımlanacak kişi değişse de tanımlamalar yapılmaya devam eder. Malzeme sırası, baskı hızı gibi yönlendirmeler yapılabilir.
3. Yine bir standartlaşma zaman ve maliyet optimizasyonu açısından gerekir. Günümüzde de standartlaşma bu sebeplerle tercih ediliyor.
4. Bizim tanımlamamız gerekmez, sistem kendisi önceliklerini belirler ve ona göre yapım aşamaları tanımlar.
5. “Yazıcı yapılabilirliği” pek fazla düşünülmez çünkü bunun bir standardı vardır, bu bilgi girdi olarak kullanılır. Ama yazıcı kurulumu, sahada yazıcıyı sabitleme gibi durumlar için yeni yapılabilirlik ölçütleri devreye girer.
6. Tasarım ögesi olarak bu çevresel veriler varlığını korur. Bu bilgiler manuel olarak değil, otomasyon sonucu daha kolay ve hızlıca hesaplanır, verilerinin sonuçları hazır halde tasarımda kullanılır.
7. Üretim sırasının planlanması ve süreç tasarımı önemini korur.
8. Yönetmelik gibi bazı dış kısıtlar devamlılığını sürdürür. Teknoloji kaynaklı sınırlamaların çoğunluğunu aşar ama tamamen ortadan kaldırmaz.
9. Günümüzde de çok farklı dijital araçlar olmasına rağmen eskiz hala tercih ediliyor, 3B baskı teknolojisinde de varlığını sürdürür. Maket yapımı daha kolay hale gelir ama devamlılığını sürdürür. 3B dijital modelin teknolojinin de gelişimiyle kullanımı artar.

10. Seçenek oluşturup oluşturmamak tasarım alışkanlığıdır, teknolojiden bağımsızdır, dolayısıyla 3B baskı bu kararı etkilemez.

11. Bu da teknolojiden bağımsızdır. Zaman ve bütçe kısıtlıysa alışıldık detaylar tercih edebilir, bir kısıtlama yoksa tasarımcı özgün detay tasarlamak isteyebilir.

12. Çizilen her şeyin üretilebileceği bir senaryoda iki ölçekte de kaçınılmaz bir şekilde yaratıcılığı teşvik eder. Özellikle yeni bir şey üretmeyi amaçlayan mimarlar için.

13. Tüm yapı düşünüldüğünde (duvar, döşeme tüm elemanlar) farklı projeler ortaya çıkar. Yalnızca tek bir yapı elemanı düşünüldüğünde her mimar ideal katmanlaşmayı hedeflediği için çok fazla farklılıklar oluşmaz.

14. Evet, yine mimar belirler ama sistem geri bildirim ile farklı seçenekler önerirse onların içinden de seçim yapılabilir.

15. Tek parça halinde üretilmiyorsa ön biçim verme daha önemli hale gelir.

16. İlk etapta günümüz detaylarına yakın “melez” tasarımlar tercih edileceği için kullanılacaktır. Sonrasında ürünün performansı el verdiği sürece ek bileşenler ortadan kalkacaktır.

17. Eğer sistem tasarımcıyı yönlendirmeyecekse hala malzeme özelliklerini göz etmek gerekir.

18. Teknolojinin gelişimi kaçınılmaz olarak yeni ve karmaşık malzeme kullanımına yönlendirir.

19. Günümüzde BIM gibi programlarda olduğu gibi alt sistemlerle entegrasyonun tasarımın başında düşünülmesi daha önemli hale gelir.

20. Farklı bir dil veya format kullanılsa da yine tanımlama yapmak gerekir.

21. Disiplinler varlığını korur ama tanımları değişir. “Mimar” artık bir sistem planlamacısı olabilir. Başka bir senaryo olarak hazır, geliştirilmiş, denenmiş tasarım kataloğundan seçim yapılarak küçük bir kişiselleştirmeye üretim gerçekleştirildiğinde o zaman hiç bir aracıya gerek kalmaz, kullanıcı seçer. Bir süre bu kullanılsa bile, özel olarak yapılan üretimleri tercih eden ve bunları tasarlayan insanlar varlığını sürdürecektir.

15 – cevap

1. Yapım teknolojisine göre farklı kriterler ortaya çıkabilir. Birleşim kolaylığı birleşimler azalacağı için önemini kaybeder. Kalite günümüz teknolojilerine göre yerinde daha kolay kontrol edilse de yine de ön üretimle aralarında fark olacaktır. Her iki üretim de devam etse de yerinde yapım bu teknoloji için daha avantajlı olacaktır.

2. Tanımlamalar öncesinde, bilgisayar programları oluşturulurken yapılır. Ayrıca yapım aşamalarının tanımlanmasına gerek kalmaz.

3. Boyutsal anlamda standartlaşma ortadan kalkar.
4. Eğer tek seferde basılmayacaksa baskı sırasını, bağlantıları tanımlamak gerekir.
5. Yazıcı kapasitesi ve boyutu önemli hale geleceği için bir nebze “Yazıcı yapılabirirliği ”ne dönüşür. Projenin boyutuna göre değışebilir.
6. Performanslar devamlılığını sürdüreceğı için çevresel faktörler göz önünde bulundurulmaya devam eder.
7. Tasarım aşaması, teknoloji seçimi, yazıcıların seçimi vb. hepsi bir süreci oluşturuyor. Yine süreç tasarımı önemini korur.
8. Taşıyıcılık sınırı (sonsuz açıklık geçemeyeceğı için) gibi sınırlar devam eder.
9. Ağırlıklı olarak bilgisayar modellemeleri ve maket kullanılır çünkü teknoloji 3B tasarıma daha yatkın. Özellikle tasarım sürecinin başında, eskiz tasarım aracı olarak kullanılır.
10. Farklı alternatifler her zaman geliştirilmeli, tek bir ürün için tek bir çözüm olmaz.
11. Teknolojiye uygun hazır detaylar yine geliştirilecektir. Bu teknolojiyle projeye özgü detay geliştirmek daha kolay olabilir, böylece daha fazla tercih edilebilir.
12. Yaratıcılık teknolojiden bağımsızdır, önemli olan tasarımcı karakteri ve proje.
13. Birbirine yakın bile olsa birebir aynı olmaz. Aynı performansı karşılayan farklı katmanlaşmalar ortaya çıkacaktır.
14. Eğer tamamen geçirimsiz malzemeler kullanılmıyorsa malzeme özelliklerine bağılı olarak katman sırasını belirlemek gerekir.
15. Tek parça halinde tek seferde üretilmiyorsa birleşimlerin beklenen performansları karşılaması için ön biçim vermek yine gerekli olur.
16. Farklı malzemeler bir arada kullanılacaksa ya da günümüz teknolojileriyle beraber baskı teknolojisi kullanılacaksa ek parça kullanımı devam eder ama azalır.
17. Farklı malzemeler bir arada kullanılacaksa malzeme özellikleri ve birbirleriyle etkileşimleri göz önünde bulundurulmalı.
18. Malzeme günümüzde de gelişen bir sektör, bu teknoloji gelişimini daha da teşvik eder.
19. Entegrasyonun tasarımın başında düşünülmesi daha da önemli hale gelir.
20. Ölçü, isimlendirme gibi tanımlar gerekmez. Tasarım çıktısı yazıcı tarafından algılanabilir halde olacaktır.

21. Tüm bilgileri toplayan ve koordine eden bir tek akıl olabilir, belki bu mimar olabilir ya da farklı bir meslek dalı ortaya çıkabilir. Tek seferde tüm bina üretilmeyecekse farklı disiplinler koordineli bir şekilde devamlılığını sürdürebilir.

16 – cevap

1. İnsan faktörü ortadan kalktığı ve yerinde de makine ile üretildiği için yerinde ve ön üretim arasında kalite kontrol açısından fark azalır. Kalifiye elemana ulaşılabilirlik, ek bir kriter olarak göz önünde bulundurulması gerekebilir.

2. Yine tanımlamaların yapılması gerekecek.

3. Plan düzleminde ve boyutsal açıdan cihazları etkin çalıştırabilmek için yine standartlaşma gerekecektir. Kullanılan tasarım aracının esnekliği de standartlaşmaya duyulacak ihtiyacı belirler.

4. Tanımlamak gerekir, yazılıma tanımlanabiliyorsa uygulanabilir.

5. Bu durum deneysel olarak tespit edilmeli. Prototipleri yapılabilen tasarımların üretilabiliyor olması gerekir ama ön göremediğimiz ek durumlar da oluşabilir.

6. Kesinlikle göz önünde bulundurulmalı. Bu önlemler, çevresel etkilerden korunmak, bir yapının yerine getirmesi gereken görevlerin başında gelir.

7. Otomatize bir süreç olduğu için böyle bir süreç tasarımına ihtiyaç azalır, çünkü süre kısalmır.

8. Tasarım ve estetik teknolojinin kısıtlarıyla kısıtlı olur. Günümüze oranla daha esnek tasarım söz konusu olabilir.

9. Maket ve özellikle eskiz çizimi, tasarımcının düşüncelerini en esnek ve hızlı şekilde somut hale dönüştürme yöntemleridir. Bu sebeple günümüzdeki gibi varlığını sürdürürler.

10. Tasarımcı pratiğini etkilemez, teknolojiden bağımsızdır.

11. Yeni detayların geliştirilmesine olanak sağlar.

12. Yaratıcılığa teşvik eder.

13. Aynı ürün çıkmaz ama farklılıklar azalır.

14. Doğadaki fizik kurallarıyla ilişkili bir durum olduğu için tasarlanması gerekir.

15. Fikrim yok.

16. Bitmişlik düzeyi arttığı için ek parçaya duyulan ihtiyaç azalır. Teknoloji geliştikçe giderek ortadan kalkacaktır.

17. Evet, göz önünde bulundurulmalı.

18. Çok amaçlı, karmaşık malzemelerin kullanımı artar çünkü aynı anda kullanılan malzeme çeşitliliği azaltılmak istenecektir.

19. Entegrasyonun tasarımın başında çözülmesi önemlidir.

20. Tanımlamalar insan ve robot için farklı sebeplerle gerekir. İnsanın kendi yorumunu katmaması için, robotun da üretim için tüm bilgileri bizim vermemiz gerektiği için.

21. Teknolojiye uygun olarak ek disiplinler gelişecektir. Bu disiplinlerin, güçlü bir iletişim için bütünlük tasarım dilini kullanmaları gerekir.

17 – cevap

1. Lojistik kriterler projenin yapılacağı yer ile ilişkili olarak kaynaklara ulaşmanın kolay olup olmamasına göre önemini korur. Günümüzde de yerinde yapımla ön üretim arasında kalite kontrol kolaylığı açısından fazla fark bulunmamaktadır, baskı teknolojisiyle beraber bu fark daha da azalacaktır.

2. Tasarım ve estetik kararları kısmen tanımlanması gerekebilir. Katmanların kalınlıklarını, malzemelerini değil, çünkü onlar standartlar halinde hazır tanımlanmış olacak.

3. Boyut standardı ortadan kalkar ama performansları sağlaması için özellikle dış kabuk malzemeleri için belirli standartlar gerekecek.

4. Bütüncül bir üretim olduğu için tanımlamak gerekmez.

5. Sadece “yazıcı yapılabilirliği”ne indirgenmez, resmi kurumlar, çevresel etki, ulaşım gibi dış etkenler devam ediyor.

6. Evet, her zaman için göz önünde bulundurulmalı. Kapalı ortamda üretilmiyorsa eğer malzemenin tam performans gösterebilmesi için yapım aşamasında uygun olması gereken bir çevre şartları vardır.

7. Mutlaka bir süreç tasarımına yine ihtiyaç duyulur. Tek robot, tek eleman olmayacağı için üretim sıraları, denetleme, tesisat bir organizasyona ihtiyaç duyar.

8. Tasarım kısıtları az da olsa devam eder.

9. Maket ve eskiz bir tasarımdır, bu yüzden devam eder.

10. Tasarımcı yaklaşımıyla ilgili, teknolojiden bağımsızdır.

11. Projeye özgü detay geliştirmeyi kolaylaştırır.

12. İki ölçek için de yaratıcılığa teşvik eder.

13. İki farklı proje olmaya devam eder, çünkü teknolojinin tasarıma negatif yönde bir etkisi yok.

14. Yine tasarımcı bu kararı vermeli.
15. Basılırken zaten son biçiminde basılıyor, müdahaleye ihtiyaç kalmaz.
16. Malzemeleri kendi içinde birleştirirken kullanılan ek bileşenler azalır ama katmanlar arasındaki kullanımlar büyük oranda aynı kalır.
17. Evet, tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalı.
18. Karmaşık malzeme kullanımını tetikler.
19. Ön tasarımda entegrasyonu göz önünde bulundurmak gerekir.
20. Üretim için ayrıca bir çizim/anlatım gerekmez. Tasarım çıktısının kendisi üretim için yeterli verileri sağlayacaktır. Aksilik çıktığında, kontrol amaçlı çizimler yapılabilir.
21. Bütüncül üretim olacağı için profesyoneller özellikle şantiyede azalacaktır ama bire inmez.

18 – cevap

1. Aynı kriterler göz önünde bulundurulur ama etkileri azalır. Ham madde daha kolay temin edilebileceği için fabrika kurulumu daha kolay hale gelir. Böylece küçük ve çok fabrika kurmak daha avantajlı olabilir. Yerinde üretim ise toleranslı üretim açısından tercih edilebilir.
2. Baskı kullanım oranı arttıkça ve yaygınlaştıkça tanımlama yapma ihtiyacı azalır. Teknoloji kendi kendini organize edebilir.
3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz çünkü eleman tip sayısının artması kalıp kullanılmadığı için maliyeti etkilemez.
4. Yenileme ihtiyacı olduğunda müdahale edilebilmesi ya da genişlemeye olanak sağlaması için birleşim sıraları ve yönü tanımlanmalı.
5. Tamamen “yazıcı yapılabilirliği”ne indirgenmez, üretim teknolojisinin dışında kalan etmenler(rüzgar gibi) de mutlaka düşünülmeli.
6. Evet, hem üretimin gerçekleştirilebilmesi hem de iş güvenliği açısından göz önünde bulundurulmalı.
7. Aktör sayısı azalacağı için süre azalır ve süreç tasarımına duyulan ihtiyaç da azalır. Ayrıca planlanan sürelerle uyum artar çünkü insan faktörü ortadan kalkıyor.
8. Tasarımcının teknolojiye hakim olması önemli, eğer baskı teknolojisini iyi bir şekilde kullanabiliyorsa tasarım kısıtları azalır, aksi halde kısıtlar devam eder.

9. Kullanımı kolay hale gelirse ve yazıcı edinmek ucuz hale gelirse 3B baskı maketlerinin kullanımı artar. Eskiz çizimi yine devam eder çünkü tasarımcının kendi kendine düşünmesi için kolay ve kısa bir yol.

10. Teknoloji seçenek oluşturmaya teşvik eder.

11. Birleşim noktaları azalacağı için karşılaşılabilecek problemler azalır. Böylece projeye özgü detay geliştirmeyi kolaylaştırır.

- 12. a. Yaratıcılığı kısıtlar
- b. Yaratıcılığı artırır

13. Teknolojinin ilk aşamalarında problem çözümleri taklit edilebilir, aynı ürünler ortaya çıkabilir. Teknoloji geliştikçe ve deneyim arttıkça çözümler özgünleşecektir. Çünkü mimarlar farklılaşmak ister.

14. Katman sıralamasında ısı yalıtımının konumu teknolojiden bağımsızdır, yapı fiziğiyle ilgili bir karardır. Su yalıtımı ise geçirimsizliğin sağlanıp sağlanamadığına göre değişir, konumuna ya da hangi katmanda sağlandığına teknoloji karar verir.

15. Zaten son biçim halinde üretileceği için ön biçim/yerinde biçim ayrımı ortadan kalkar.

16. Katmanlaşma sadeleştiği için bu elemanlar da azalır.

17. Evet, malzeme özellikleri göz önünde bulundurulmalı.

18. Geliştirilmiş ve karmaşık malzemelerin kullanımını teşvik eder.

19. Estetik açıdan bünyesinde gizleyebilmesi, kolay montaj ve müdahale edilebilmesi için entegrasyon önemli hale gelir.

20. Çizilen, tasarlanan ürün kendini tanıtır hale gelir, yazılım o şekilde geliştirilir.

21. İhtiyaç sayısı azalsa da diğer disiplinler devam eder ama kendini 3B baskı teknolojisine entegre edebilenler varlığını sürdürür.

19 – cevap

1. Birleşim toleransı karma teknolojilerde önemini koruyor, eğer her şey 3B baskı ile basılıyorsa tolerans kriteri önemini kaybediyor. İnsan faktörü azaldıkça kalite artacaktır böylece daha kolay kontrol edilebilir hale gelir ve kriter önemini kaybeder.

2. Tasarımcı-imalatçı arasındaki aracı ortadan kalktığı ve artık eş kişiler haline geldiği için tanımlamalara gerek kalmaz.

3. Yazıcının kapasitesi veya taradığı alan bir standart oluşturabilir, bu standart ürün bazında değil, hacimsel olarak olabilir.

4. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında tanımlamalar gerekir. Sadece baskı teknolojisi kullanıldığında, makinanın üretim yapabilmesi için bazı temel tanımlamalar ve sıralamalar yapılması gerekir ama katmanların baskı sırasını biz belirlemeyiz.
5. Girdiler azalır ama tamamen “yazıcı yapılabirliği”ne dönüşmez, yazıcıların koordinasyonu, üretim şartları düşünölmeli.
6. Tek malzeme tüm performansları karşılamadığı müddetçe iklim ve çevre verileri hala göz önünde bulundurulmaya devam etmeli.
7. Girdiler azalsa da süreç tasarımı önemini korur, süreçteki kritik nokta yazıcının seçimi olacaktır.
8. Teknolojiden kaynaklı belirli tasarım sınırları devam edecektir. Teknoloji harici şehirlerin üst kararları doğrultusunda (yönetmelikler) tasarım sınırları da gelmelidir.
9. Bilgisayarda kullanılan programlar tasarım sürecini etkiliyor. Günümüzde bazı tasarımcılar bu programlar arasından kendilerine uygun olanları seçiyor, bazıları maketle çalışıyor. Dolayısıyla maket ve eskiz insanların düşünme araçları olduğu için varlığını sürdürür.
10. Teknolojiden bağımsız olarak tasarımcı hangi yöntemi tercih ediyorsa öyle devam eder. Çünkü bu süreç tasarıma aittir, seçim kesinleştikten sonra üretime yönelik olarak teknolojinin de etki ettiği süreç başlar.
11. Türkiye’deki alışılmış davranış biçimi de düşünöldüğünde daha önce denenmiş, hâlihazırda kullanılan detay kullanımları özellikle teknoloji ilk kullanıldığı zamanlarda tercih edilir.
12. Teknoloji özgönlüğe teşvik edebilir ama tasarımcı belirli kısıtlar içinde düşünmeyi tercih edebilir.
13. Aynı yazıcı ve program kullanıldığında aynı olmasa da yakın tasarımlar ortaya çıkar, farklı yazıcı seçilebiliyorsa farklılaşır.
14. Karşılanması gereken performanslar doğrultusunda hazır bileşenler içinden seçim de yapılabilir, katman sırası sıfırdan da belirlenebilir, iki durumda da tasarımcı karar verir.
15. Bitmiş bir ürün olsa da inşa anında yerinde farklı kullanımlara imkân vermesi, kullanıcının müdahalesine açık olması daha avantajlı olabilir (istekler ya da ihtiyaçlar değıştiğinde kaydırabilme, takılıp çıkarılabilme).
16. Ek elemanlara gerek kalmaz, detayın kendi içinde bu gereklilikler çözölür. Doğramanın duvarla birleşim detayı değışir.
17. Evet, malzeme özellikleri birleşimleriyle beraber (sabit-hareketli) göz önünde bulundurulmalı.

18. Daha az malzeme kullanmak isteneceği için bir malzemedan beklenen performans artar. Geliştirilmiş ve karmaşık malzemelerin kullanımını teşvik eder.

19. Entegrasyon ön tasarım aşamasında planlanmalı çünkü sonradan boşluk açılmıyor, ya da kaydırılmıyor.

20. Robot tasarlanan ürünü olduğu gibi anlayıp üretecektir. Ekstrem arıza durumlarında gerekebilir ama günümüzde kullandığımız gibi bir ölçü ve katmanlaşma tanımlarına gerek kalmayacaktır.

21. Tek akıl ki bu muhtemelen bir yapay zekâ, üst kontrolör olarak diğer disiplinleri birleştirir ve aynı dili kurmalarını sağlar.

20 – cevap

1. Geleneksel teknolojilerle beraber karma kullanımlarda tüm kriterler hala irdelenmeli. Bütünüyle 3B baskı olduğunda ise kriterler şekil değiştirse de kısmen varlığını korur.

2. Tasarım kararlarıyla ilgili girdileri yine tanımlamak gerekir ama tanımlamanın ara yüzü değişir.

3. Malzemenin sürekliliğinden bahsedildiği için malzeme boyutlarıyla ilgili standartlaşmaya gerek kalmaz fakat üretim yöntemi açısından, ilk yatırım maliyetini, süreyi düşürmek amacıyla bir standartlaşmaya gidilmesi avantaj sağlayacaktır.

4. Tek malzemedan yapılmıyorsa, katmanlar halinde ise hem performans hem tasarım açısından tanımlamak gerekir. Sonrasında müdahale edilme senaryoları da bu aşamada düşünülmeli.

5. Çevreyle ilgili yapılabirlik kriterleri (coğrafya, fiziksel çevre koşulları, ekonomik koşullar) tamamen izole bir fabrika ortamında üretilse bile yapının yeri ile ilişkisi düşünüldüğünde minimize edilir ama tamamen ortadan kalkmaz.

6. Evet, yapım aşamasında olmasa bile, özellikle yapının ömrü ve çevreyle ilişkisi açısından dikkate alınmalı.

7. Sürprizlerle ve hatalarla karşılaşma ihtimali azalacağı için süreç tasarımının önemi de azalır.

8. Günümüzdeki teknolojiler de birçok tasarımın üretimini sağlayabiliyor, teknoloji geliştikçe tasarım da git gide sınırsızlaşacaktır. Ama günümüzde olduğu gibi maliyet yine bu teknolojilerin kullanımını etkileyecektir.

9. Eskiz ve maket hala kullanılır ama araç değişir. Günümüzde de bu yöntemler daha dijital araçlarla kullanılmaya devam ediyor.

10. Teknoloji bu seçimi etkilemez, seçenek oluşturma şekli değişebilir ama yine seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder.

11. Teknoloji bu davranışı etkilemez, günümüzde nasıl aynı tasarımcı farklı projeler için iki yöntemi de seçebiliyorsa, gelişen teknoloji de iki farklı kullanıma olanak sağlamalıdır.

12. Tasarımcıya göre değişir. Araç ve yöntemi bu yönde kullanmak isteyenlere kolaylık sağladığı gibi bundan hiç etkilenmeyecek tasarımcılar da olacaktır.

13. Yine farklı projeler ortaya çıkar. Eğer bir tipikleştirme istenirse buna olanak sağlar ama tasarımcı iradesi hala varlığını korur.

14. Evet, malzeme seçimine göre tasarımcı katmanlaşma kararı verir.

15. Yapılan imalat sıfır hata ile üretileceği için yerinde ikinci bir biçim oluşturmaya gerek kalmayacak, basılan ürün bitmiş ürün olacaktır.

16. Daha az ihtiyaç olacaktır, basılan elemanlar bu ihtiyacı kendi içinde çözmüş olacaktır.

17. Farklı malzemeler kullanıldığı için evet, gerekir.

18. Muhakkak malzemelerin gelişmesine ve karmaşık malzemelerin kullanımını katkı sağlar.

19. Entegrasyon daha kolay olacaktır ve üretim başlamadan önce mutlaka göz önünde bulundurulmalı.

20. Anlatma ihtiyacı devam eder, ama bu sefer robota göre bir program dili kullanmak gerekir.

21. Üretimde bazı rollerde bulunan insanlar ve disiplinler farklılıklarını koruyup yerini yapay zekaya bırakabilir.

21 – cevap

1. Birleşim kolaylığı 2028 için (karma teknolojiler düşünüldüğünde) günümüz anlamıyla geçerliliğini korur, 2035’de tek parça üretim söz konusu olduğunda önemini kaybeder. Kalite kontrol kolaylığı bağlamında yerinde üretim ve ön üretim arasındaki fark geçerliliğini korur. Yerinde, tek aşamada üretilen yapının kalitesini kontrol etmek, fabrikada parça parça basılıp gelen ürüne göre daha zor olacaktır.

2. Üretim esnasında hata olmaması için her detayın kapsamlı şekilde tanımlanması gerekir. Bu tanımlamaları tasarım aşamasında mimar yapabileceği gibi üretime hazır hale getirirken de yapılabilir. Üretimin nereden başlanacağını tanımlanması da gerekecektir.

3. Baskı teknolojisi üretimin biçimlendirme aşamasını oluşturuyor, dolayısıyla malzemenin içeriği ve dayanımından kaynaklı boyutsal bir standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.

4. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanımda hem üretim hem yerinde birleşim aşaması için, sadece baskı teknolojisinin kullanıldığı evrede üretimin kendi içinde bir tanımlama gerekecektir.

5. Büyük ölçekli binalarda tamamen “yazıcı yapılabirliği”ne indirgenmez, makinanın ya da ürünün taşınmasında kullanılan yol ve araçlar, temelin oluşturulması gibi yapılabirlik kriterleri devamlılığını sürdürür. Küçük boyutlu üretimler için “yazıcı yapılabirliği”ne dönüşebilir.

6. Evet, göz önünde bulundurulmalı. Çünkü bu veriler malzemenin içyapısıyla ilgilidir, üretim aşamasındaki aksilikler malzemenin içyapısını etkileyebilir ve sonrasında istenen performanslar sağlanamaz.

7. Tasarım sürecinin hatasız ilerleyebilmesi, tüm gerekenlerin çizilmesi ve kontrolü daha önemli hale gelir, çünkü kesintisiz ilerleyen bir üretim söz konusudur, dolayısıyla süreç tasarımı önemini korur.

8. Teknoloji harici (jeolojik, maliyet, vb.) kriterler devamlılığını koruduğu için kısıtlar tamamen ortadan kalkmaz. Ama daha hafif malzemeyle daha çok açıklık geçildiği için ve özellikle form açısından kısıtlar minimuma inecektir.

9. Herkesin program kullandığı bir jenerasyona gelindiğinde eskiz çiziminin kullanımı azalacaktır. Ama yine de, kullanılan araçlar farklılaşsa da (tablet) tasarıma yönelik hızlı karar vermeyi sağlayan bir düşünme biçimi olduğu için ön tasarım aşamalarında kullanılmaya devam eder. 3B baskı teknolojisiyle maket yapmak daha kolay hale geleceği için özellikle sunum amacıyla kullanılmaya devam eder.

10. Tek girdi teknoloji olmadığı için (kullanıcı isteği, süre, maliyet) bu tasarım pratiğini değiştirmez.

11. Teknoloji, mimarın kararını etkilemez. Özgün tasarım istiyorsa detay geliştirir, yoksa olanı kullanır.

12. İki ölçek için de daha yaratıcı olmaya teşvik eder, özellikle form açısından.

13. Aynı detay projesi ortaya çıkmaz, tasarımcının müdahalesi varlığını korur.

14. Yine tasarımcı belirler. Eğer malzemenin davranışını tam olarak bilmiyorsak güvenli tarafta kalmak için, ya da davranışından eminsek bir standardı sağlamak için tasarımcının karar vermesi gerekir.

15. Baskı son biçimini vereceği için şantiyede tekrar biçimlendirmeye ihtiyaç kalmayacaktır.

16. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında neredeyse aynı oranda kullanımı devam eder. Tek malzeme olmadığı müddetçe az da olsa kullanılır, ama bu parçalar da baskı yöntemiyle üretilebilir.

17. Evet, günümüzdeki ham maddeler kullanılırsa, malzemeler benzer özellikler gösterecektir, dolayısıyla göz önünde bulundurulmalı.

18. Evet, uygulamayı kolaylaştırması ve malzeme miktarını azaltması için katmanlaşmayı azaltacak malzemelerin üretimini teşvik eder.

19. Parçaların üretildiği her sistemde bu sistemlerin kolay entegrasyonu önemli hale gelir.

20. Şekil olarak değişebilir ama tanımlamalar devam eder.

21. Standardizasyon oluşturmazsa var olan disiplinlerin devamlılığı gerekir. Standardizasyon oluşturulursa, yani programlara çok iyi kodlarla tüm veriler aktarılırsa, koşullara göre (iklim, zemin, kullanıcı isteği, maliyet) bu veriler kullanarak program bize seçenek üretirse tek akıl tasarım sürecini yürütebilir, ama bu zor bir ihtimal.

22 – cevap

1. Var olan kriterler yine geçerliliğini korur ama oranı azalır. Bunların yanı sıra yeni kriterler de eklenir.

2. Tanımlama başta yapılacaktır, programa verileri tanıtmak için. Her üretim için yeni baştan tanımlanmaz, var olan tanımlamalar kullanılır.

3. Bu teknolojinin avantaj sağlayabilmesi ve kullanımı tercih edilmesi için modülasyona ihtiyaç kalmaması gerekir. Ama eğer bu teknolojiyle de modülasyon maliyet ve süre açısından avantaj sağlayacaksa yine kullanılır.

4. Açılan boşluklara göre veya strüktürel açıdan bir başlangıç noktası ve yön tanımlamak gerekir.

5. Büyük oranda “yazıcı yapılabirliği”ne dönüşür ama yerinde üretildiğinde çevresel yapılabirlik kriterleri yine geçerliliğini korur.

6. Evet, kesinlikle. Malzemenin üretim şartları, yazıcının taşınması, yazıcının çalışma şartları düşünüldüğünde çevresel veriler göz önünde bulundurulmalı.

7. Süreç adımlarından bazıları çıkar, yenileri eklenir ama süreç tasarımı önemini kaybetmez. Farklı bir süreç tasarımına evrilir.

8. Tasarım sınırları esner ama tamamen sınırsız olmaz. İnsanların teknolojiye bağlı olarak estetik değerleri de değişeceği için yeni durum için farklı kısıtlar eklenebilir.

9. Eskiz devam eder, çünkü o bir fikir çalışması. Maket yapma şekli değişebilir, 3B baskı ile maket yapılmaya devam edebilir.

10. Teknoloji bu eğilimi etkilemez, tasarımcı davranışı nasılsa öyle devam eder.

11. Yoğunluklu olarak halihazırda geliştirilmiş detaylar kullanılır, bazı projeler için özgün detaylar geliştirilebilir.

12. Günümüze göre daha yaratıcı olmanın önünü açar.
13. İki farklı detay projesi ortaya çıkar.
14. Yapı fiziğine bağlı olarak önceden belirlenmiş standartlara seçim yapılır.
15. Baskıdan çıkan ürün son biçimdir.
16. Eleman ortadan kalkar ama o işlevi gerçekleştirecek olan yardımcı eleman yapı elemanı ile beraber basılacak.
17. Farklı malzemeler bir arada kullanıldığı için ve malzeme seçimini biz yaptığımız için uyumunu göz etmek gerekir.
18. Evet, teşvik eder. Yeni baskı malzemelerinin oluşması gerekir.
19. Evet, ön tasarım aşamasında düşünülmesi gerekir.
20. Aynı tanımlamalar robot için farklı yazılımlar halinde aktarılacaktır. Yönetmeliklerde yeni durum için bir standart oluşturulacaktır.
21. Yakın gelecekte disiplinler varlığını korur ama hepsinin baskı teknolojisine hakim olması gerekir ve ortak kesişim disiplinler oluşabilir. Çok daha ilerisinde tüm tasarım süreci “tek akıl” ile yürütülebilir ki bu da anca yapay zekâ olabilir çünkü çok fazla bilgi var.

23 – cevap

1. Geleneksel teknolojilerle karma bir sistem kullanıldığında var olan kriterler geçerliliğini korur. Geçmişe dönük baktığımızda farklı endüstri dönemlerinde de tüm yapının fabrika ortamında üretilmesi denenmiş ama bu çeşitli sebeplerle mümkün olamamıştır. Bu teknolojiye de özellikle ilk aşamalarda yerinde üretim daha avantajlı olacaktır. Birleşim toleransında ülkelerin inşaat kültürünün belirleyici bir rol alacağını düşündüğüm için ülkemizde tasarım aşamasında yine küçük farklılıklara tolerans sağlanması göz önünde bulundurulmalıdır.
2. Evet, tanımlamalar yine devam eder. Özellikle birden fazla alt üretici/aktör olduğunda bir sonrakine tanımlama ihtiyacı olacaktır.
3. Eğer maliyeti etkilemiyorsa serbestlik ya da tiplerin çoğaltılması adına kolaylık sağlar. Üretici refleksi yine tek tiplendirmeye çalışacaktır. Bu aşamada da proje ölçeği ve prestiji etkili olur.
4. Evet, tek katmana dönüşmediği sürece tanımlamak gerekir. Strüktürel açıdan taşıyıcı ve taşıyanlar olarak, müdahale yönü ve binanın hareketi düşünülmeli.
5. Büyük ölçüde yazıcı yapılabiliirliğine dönüşür.

6. Evet, göz önünde bulundurulmalı çünkü coğrafi iklim, malzeme davranışı, zemin, suyun uzaklaştırılması depremsellik gibi etkenler devam ediyor. Bu etkilere alınan önlemler azalabilir ama tamamen ortadan kalkmaz.

7. Sürecin nasıl tasarlanacağı değişebilir ama bir süreç tasarımı muhakkak gerekir. 3B baskı ile üretim kararı da bu sürecin en başında verilmelidir.

8. Günümüzde aşılabilir olarak gözüken birçok şeyi aşılabılır hale getirecektir. Özgürlük sağlar ama maliyet her zaman etkilidir.

9. Eskiz çizimi devam eder. Günümüzde dijital modellerin hızı maket yapımını geri planda bıraksa da, bence bu bir geçiş dönemi, 3B baskı teknolojisinin de etkisiyle ilerleyen zamanlarda konvansiyonel yöntemlerle maketlere geri dönüş yaşanacaktır.

10. Bu bir iş yapış biçimidir, teknolojiden bağımsızdır. Sadece seçenek oluşturmayı tercih edenler için daha hızlı seçenek oluşturmayı sağlar.

11. Bu bir iş yapış biçimidir, teknolojiden bağımsızdır. Ama üretici firmaların tasarımcı istekleri doğrultusunda daha esnek hareket etmelerini ve üretim standartlarının dışına çıkmalarını sağlayabilir.

12. Evet, iki ölçekte de teşvik eder.

13. Farklı projeler ortaya çıkar. Bu tasarımın doğasında olan bir şey, herkesin kendi kişisel tarihi tasarımı yönlendirir ve önlerine aynı şeyler konulsa dahi farklı şeyler ortaya çıkartırlar.

14. Evet, emin olmamakla birlikte yine tasarımcının karar vereceğini düşünüyorum. Çünkü bu katmanlar karşılaşması gereken performans önceliklerine göre sıralanıyor. Ama çok ileri dönemlerde eğer bu performans karşılama şekilleri değişirse ve ideali oluştursa tasarımcının sıralamasına gerek kalmayabilir.

15. Bitmişlik düzeyi yüksek bir ürün olacaktır, baskı sonucu son ürün olmalıdır.

16. Ek parçalara duyulan ihtiyaç tamamen ortadan kalkmaz ama ihtiyaç azalır. İşçilik hatalarını kapatmak ya da eş değer elemanların kendi aralarındaki tolerans farklılıklarını gidermek amacıyla gerek kullanımına gerek kalmaz. Sonradan kullanıcının müdahalesine olanak sağlamak, sisteme esneklik katmak amacıyla bölümlere ayırmak için kullanılabilir.

17. İstenen malzemelerin sorunsuzca bir arada kullanımı bu teknolojinin sağladığı en büyük avantajlardan biri olabilir.

18. Karmaşık malzemeler kullanılarak her şeyi karşılayan tek malzemeye indirgenmesi tercih edilen bir şey olmayabilir.

19. Evet, ön tasarımda entegrasyon çözülmeli. Çünkü toleransın neredeyse hiç olmadığı bir teknolojiden bahsediyoruz, çözümlerin sahaya bırakılması söz konusu olmayacaktır.

20. BIM teknolojilerinde olduğu gibi bu bileşenler kendini tanıtır ama bileşenler azalsa da onları ‘pozlandırma’ ihtiyacı devam edecektir. İlerleyen zamanlarda bu pozlarla yetinilmeyeceğini ve özelleşme ihtiyacının doğacağını düşünüyorum.

21. 3B olmasa bile genel yaklaşım interdisipliner bir çalışma pratiğine doğru değişmekte. Mimar diğer disiplinlerden çok az miktarda ayrışsa da orkestra şefi konumundan daha yatay bir hiyerarşi pozisyonuna gelmektedir. Bu teknoloji ile de diğer disiplinlerin bilgisine yine ihtiyaç duyulacağı için varlıklarını sürdürür.

24 – cevap

1. Malzeme ve araçların daha sürekli ve etkin denetlenebilmesi için fabrikada üretilmesi sonra şantiyede birleştirilmesi daha uygun olacaktır.

2. Tanımlamalar yine devam eder.

3. Tasarımcının müdahalesine imkân vermeli, boyutsal anlamda standartlaşma olmamalı.

4. Evet, tanımlamak gerekir.

5. Bina ölçeğine göre değişir, büyük ölçekte sahada yapılabilirlik ile ilgili kriterler devam eder, küçük ölçekte yazıcı yapılabilirliğine indirgenebilir.

6. Evet, kaçınılmaz olarak dikkate alınmalı.

7. Süreç tasarımı daha da önemli hale gelir. Günümüz aktörlerinin yanı sıra uygulama alanında tüm bu teknolojiyi okuyacak ek bir ekibe gerek olacaktır.

8. Ruhsuz yapılar olmaması için eskiz çizimi ve maket yapımı devam etmeli.

9. Eskiz ve maket hala kullanılır ama araç değişir. Günümüzde de bu yöntemler daha dijital araçlarla kullanılmaya devam ediyor.

10. Teknoloji tasarımı belirlememeli, tasarım aracı olarak kullanılmalı. Bu sebeple bu pratiği etkilemez.

11. Teknoloji tasarımı belirlememeli, tasarım aracı olarak kullanılmalı. Bu sebeple bu pratiği etkilemez.

12. Projenin ölçeğine göre değişir. Küçük ölçekli, tek yapıda tasarımcı bu teknoloji ile ‘oynayabilir’ yaratıcılığı artırır. Büyük ölçekli, çoklu binada bir standarda doğrultur, mimarın ‘ben’ faktörünü ortadan kaldırır.

13. Tasarımcı yaklaşımıyla ilgilidir. Eğer teknolojinin yönlendirmesine izin verirse aynı projeler ortaya çıkar, izin vermezse farklı projeler çıkar.

14. Evet, tasarımcı karar verir.

15. Baskıdan önce her ayrıntı tasarlanmalı ve baskı sonucu son ürün olmalı.

16. Tasarımcı bu teknolojiye hâkim olduğunda gerekliliğine karar verir. Ama ‘her doğramanın bir kasası olmalı’ gibi belirli bazı kabuller geçerliliğini koruyacaktır.

17. Evet, göz önünde bulundurulmalı. Ama zaman içinde de malzeme özellikleri geliştirilecektir.

18. Muhakkak farklı malzemelerin gelişimine katkı sağlar.

19. Evet, tasarımın başında çözülmeli. İnşaat süresinin etkili kullanılması için de gereklidir.

20. Evet, özellikle ilk zamanlarda denetleme amacıyla gerekir.

21. Sosyal yaşamın fiziksel mekana dönüşmesi açısından disiplinler devam eder.

25 – cevap

1. Yeni kriterler eklenebilir. Kalite kontrol açısından yapım yeri yazıcı ve kullanıcı faktörüne bağlı olarak önemini kaybedebilir.

2. İş akış şemasında sadeleşme olduğu için daha az tanımlamalar gerekecek, o da kaliteyi arttıracaktır. Malzeme seçimi önemli hale gelecektir.

3. Yazıcı boyutları bir standart getirebilir ama yazıcının sınırları içerisinde serbestleşebilir. Yerinde yapılırsa eğer lojistikten kaynaklı sınırlar da ortadan kalkacaktır

4. Taşınma, müdahale, sökölüp takılma için bir birleşim sırası belirlenmeli ve tanımlama yapılmalı. Ama katmanlar azalacağı için birleşimler ve tanımlamalar da azalacaktır.

5. Büyük oranda “yazıcı yapılabirliği”ne dönüşebilir.

6. Evet, gerekir. Bu teknolojiye göre değişen bir şey değildir.

7 Süreç adımlarından bazıları çıkar, sadeleşir ama süreç tasarımı önemini korur.

8. Tasarım sınırları büyük oranda ortadan kalkar.

9. Tercih edenler için eskiz ve maket yapılır ama yerlerini büyük oranda bilgisayar modeline bırakırlar.

10. Kullanıcı her zaman alternatifler ister, bu teknoloji de alternatif oluşturmaya yönelik kolaylık sağlayacağı için önemsenen kriterlere göre farklı alternatifler oluşturulup arasından seçim yapılır.

11. Projeye özgü detay geliştirmeyi teşvik eder

12. Günümüze göre imkansız olanaklı kıldığı için tasarımcıyı yaratıcılığa teşvik eder.

13. Yine farklı detay projeleri ortaya çıkar. Girilen verilere göre tasarım oluşacağı için tasarımcının müdahalesi devam eder.

14. Optimum duruma göre bir standart katmanlaşma oluşabilir, hatta tek katmana doğru gidilebilir.

15. Üretilen biçim son biçim olacaktır.

16. Parça sayısını azalttığı gibi bu ek parçalara da ihtiyaç çok çok azalır.

17. Malzemelerin olumsuz özelliklerini ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar olacaktır veya buna uygun çözüm geliştirilebilir

18. Evet, teşvik eder.

19. Bir bütün halinde üretileceği için tasarımın ön aşamasında düşünülmeli

20. Dil değişir ama yine robotun anlayacağı bir dilde tanımlamak gerekir. İnsan faktöründen kaynaklanan değişkenlik ortadan kalkacaktır, tanımlanan ürünün birebir üretileceğinden emin olunabilir.

21. “Tek akıl” a dönüşebilir.

26 – cevap

1. Yapım yerine karar verme yapının yerine, tipolojisine, fonksiyonuna, kat sayısına, maliyetine bağlıdır. Küçük ölçekli tek bir yapı ise yerinde yapmak, büyük ölçekli ve tekrar eden projeler için elemanları fabrikada üretilip yerinde birleştirmek daha avantajlıdır. Baskı teknolojisi için de bu etkenler geçerlidir.

2. Evet, yapının tüm bileşenleri tek seferde üretilemeyeceği için aşamalarını tanımlamaya ihtiyaç vardır. Binanın hangi kısımları baskı ile kolay ve avantajlı olarsa o kısmı baskı ile yapılır, geri kalan kısmı günümüz teknolojilerle tamamlanır.

3. Standartlaşma maliyet ve süre açısından bir farklılık oluşturmaz çünkü modelde ne yükleniyorsa o basılıyor. Prefabrik parçalar birleştiriliyorsa yine standartlaşma gerekir.

4. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında evet, tanımlamak gerekir. Sadece 3B baskı kullanımında birleşim olmayacağı için gerekmez.

5. Tamamen fabrikada yapılıyorsa “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşür. Yerinde yapılıyorsa saha ile ilgili tüm şartları göz önünde bulundurmamak gerekir.

6. Evet, göz önünde bulundurulmalı, çevre verilerine göre test edilmesi gerekir.

7 Süreç tasarımı yine önemini korur.

8. Geometri açısından daha esnek hareket edilebilir, sınırlar azalır.

9. Evet kullanmaya devam ederiz çünkü bilgisayar insan beyninin gerisindedir ve programların limitleri vardır.

10. Dijital tasarım kısa sürede son ürüne getirmeye çalışıyor bu da tek bir tasarıma yönelttiği için seçenek üretimi azalabilir.

11. Belirli teknolojiler kullanılacağı için standart detaylara yöneltir.

12. a. Biçimsel açıdan yaratıcılığı artırır.
b. Çok şey bir arada çözüldüğü için yaratıcılık azalır.

13. Hem malzeme ve teknoloji çeşitleri azaldığı için hem de standart çözümlerin kullanımı tercih edileceği için projeleri aynılaştırır.

14. Teknolojiye göre değişmez, bunlar standart bilgilerdir.

15. Son biçim halinde basılması bu teknoloji için avantajlı olur.

16. İhtiyaç kalmaz, bu problemler detayın içinde çözülür.

17. Malzeme özellikleri her zaman düşünülmeli. Çeşit azaldığı için problem de azalır.

18. Farklı malzeme kullanımları gerekecektir ama bir malzemeye çok fazla işlev yüklenmez.

19. Ön tasarım aşamasında entegrasyon düşünülmeli. Eğer sonradan delik açmak başta boşluk bırakmaktan daha kolay olaksa küçük kanallar sonradan açılabilir.

20. Tanımlamalar devam eder ama robot programlandığı için insan değişkenliğinden muafır.

21. Var olan disiplinler devam eder çünkü bu teknoloji kullanıldığında eş zamanlı olarak alışılmış günümüz teknolojisindeki bina üretimi de varlığını koruyacaktır.

27 – cevap

1. Hem şantiye bu teknolojiye göre kaba bir yer olduğu için hem de henüz yeni bir teknoloji kullanılırken hataları önceden fark edebilmek daha iyi olacağı için prefabrik üretim tercih edilebilir. Dolayısıyla birleşimle ve lojistikle ilgili kriterler yine geçerliliğini korur.

2. Tanımlamalar estetik(görsel ve dokunsal) tanımlamalarının sınırları içinde kalır, diğerleri teknolojinin uzmanları tarafından çözülmesi gereken konulardır.

3. Tasarımı kısıtlayan standartlaşma olmamalı, yoksa teknolojinin gelişimi engellenir.

4. Tasarımcı kararlar alır, üretici firmalar nasıl uygulanacağına dair çözümler sunar. Birleşimlerin tanımları da üretici tarafından yapılır, tasarımcı iş programı halinde sırasını belirtebilir.

5. Eğer üretim şantiyede ya da yakın bir yerde kurulan bir atölyede yapılıyorsa “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşür.
6. Evet, kesinlikle göz önünde bulundurulmalı.
- 7 Yapı birden fazla parçadan oluştuğu sürece süreç tasarımı yine önemini korur.
8. Biçimsel açıdan sınırlar azalır. Ama teknolojiyi geliştirenler ve mimarlar arasında iyi bir koordinasyon kurulmalı, mimar talepleri göz önünde bulundurulmalı ve mimar teknolojiye hakim olmalı.
9. Evet, kullanmaya devam ederiz çünkü kalem-beyin ilişkisi bilgisayarla tasarımdan daha hızlıdır (özellikle buna alışkın nesil için).
10. Teknoloji bu tasarım pratiğini etkilemez.
11. Hâlihazırda geliştirilmiş standart detaylara yöneltebilir.
12. Eğer teknoloji iyi aktarılırsa veya mimar teknolojiye hâkim olursa yaratıcılığı her iki aşamada da özellikle geleneksel teknolojilerle beraber kullanımlarda artırır.
13. İki farklı uygulama projesi ortaya çıkar çünkü insan tasarımcı olarak varlığını korur.
14. Fiziksel çevre kontrolü uzmanları bu kararları belirler.
15. Öngörülebildiği kadar bitmiş ürün oluşturulmalı, yerinde tekrar biçim verilmemeli.
16. Artık kullanılmaz, ihtiyaç detayın içinde çözülür çünkü bu teknolojiye göre çok ilkel bir davranış olarak kalır.
17. Evet, göz önünde bulundurulmalı, üreticilerden bu bilgiler temin edilmeli.
18. Evet, farklı malzeme gelişimlerini tetikler.
19. Ön tasarım aşamasında entegrasyon düşünülmeli.
20. Tanımlamaların gerekliliği gelişecek robotun kapasitesine bağlıdır.
21. Bütün alt yapı bilgileri bir yerde toplanabiliyorsa ve tüm aşamaları tek elden yürütülebilecekse olabilir.

28 – cevap

1. Yapım yerine karar vermedeki en önemli kriterlerden biri mimarın sahada bulunup bulunamayacağıdır. Eğer mimar sahadaysa kontrolü daha kolay sağlayabildiği için yerinde üretimi, sahada olamayacaksa önceden kontrol edilen ön üretimli parçaları tercih ediyor. Birleşim kalitesi yapı elemanlarının kalitesinden biraz farklılaşıyor çünkü onun kontrolü mimar sahada olsa da olmasa da daha zor. Lojistik açısından bu

teknolojide makineyi sahaya götürüp yerinde üretim yapmak daha avantajlı olarak görünüyor.

2. Eğer tamamen 3B baskı ise tarifler azalacaktır. Tek parça halinde üretilecekse aşamaların tarifi tamamen ortadan kalkar ama birden fazla parça ise gerekir.

3. Eğer yazıcının standart hareketi tekrar etmesi zaman açısından avantaj sağlamıyorsa üretimde standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz. Ama tasarım açısından belirli bir tekrarı olan ürünlerin tasarımı daha kolay ve kısa olacaktır.

4. Üretim anında yapının kendini taşıyabilmesi için bile bir birleşim sırası gerekir.

5. Yine saha şartlarını göz önünde bulundurmak gerekir. “Yazıcının sahada yapılabilirliği” ne dönüşebilir.

6. Evet, kesinlikle göz önünde bulundurulur. Malzemelerin iklim şartlarına karşı gösterdiği performans ve yazıcının yapım aşamasındaki çalışma şartları önemlidir.

7. Süreç tasarımına olan ihtiyaç azalabilir ama yine planlanması gereken farklı süreçler var. Gerçek bir saha var ve sahanın üretime hazırlık süreci de planlanması gereken bir süreç.

8. Büyük ölçüde kısıtlamalar kalkar ama teknoloji geliştikçe insanlar daha fazlasını hayal edip isteyecektir. Günümüzde hayal edemediğimiz gelecekte yeni sınırlar oluşabilir.

9. Zihinsel süreci açığa çıkarmak ve kağıda dökmek için bu araçlar kullanılmaya devam eder. Ama bu zihinsel süreç daha hızlı halledilebilir çünkü deneme yapmak daha kolay.

10. Tasarım seçenekleri her zaman oluşturulmalı. Bu teknoloji seçenek oluşturduktan sonra daha kolay denenebildiği için seçim yapmayı kolaylaştırabilir.

11. Daha rahat risk alınıp özgün detay tasarlanabilir çünkü daha kolay deneme imkanı sağlıyor

12. İki durumda da yaratmak isteyenı teşvik eder.

13. Farklı projeler ortaya çıkar.

14. Evet, yine malzeme özelliklerine göre biz belirleriz.

15. Basılan hali son biçim olmalı. İnsan kaynaklı hatalar olmadığı için yerinde yeni çözümler geliştirmeye ve tekrar biçim vermeye gerek kalmayacaktır.

16. Hata olmadığı ve hassaslık yüksek olduğu için onu kapatmak için bir ek elemana da gerek kalmaz.

17. Evet, malzeme özellikleri göz önünde bulundurulmalı. Malzeme özellikleri tanımlanırsa bu uyum program üzerinden de yapılabilir.

18. Geliştirilmiş ve karmaşık malzemelerin kullanımını teşvik eder. Kullanılan malzeme çeşitliliğini azaltmak isteyecektir.

19. Avan proje aşamasında, konsept projeden uygulamaya geçişte bu entegrasyon sağlanmalı.

20. Hatayı minimize etmek için, araya insanın tanımının girmemesi ve çizilen modelin kendini anlatması gerekir.

21. İnterdisipliner bir durum olmalı ve aralarında bir iletişim dili geliştirilmeli.

29 – cevap

1. Şantiyedeki süreç bu karar için etkili olabilir. Eğer büyük ölçekli bir üretim ise ve şantiyede atölye kurma imkanı varsa yerinde üretim tercih edilir. 3B baskı teknolojisinin yerinde üretimi daha avantajlı olacağı gözüküyor.

2. Tanımlamalar azalır ve dijital olarak yapılacağı için tanımlamalardaki hata payı ortadan kalkar. Özellikle yerle ilişkisi kurulurken, alt yapı bağlantıları ve zemin izolasyon işlerinde tanımlamalar devam edecektir.

3. Evet, daha kolay üretmek ve tariflemek için standartlaşmaya ihtiyaç duyulur. Standart birim esnekliği etkilemeyecek ölçüde küçük tutulabilir.

4. Evet, yapılacak tüm işler için ne zaman ve nasıl yapılacağı tanımlanmalı.

5. Yapılabilirlik kriterleri her teknoloji için düşünülmeli, teknoloji bir tasarımın yapım kolaylığı/zorluğu açısından bir farklılık sağlamaz.

6. Evet, dikkate alınmalı. Yapım aşamasında malzemelerin etkilenmemesi için bazı hava şartlarından korunması gerekebilir.

7. Tek robotun tek seferde yaptığı üretimler haricinde kalan tüm üretimlerde sürecin tasarımı gereklidir.

8. Her teknoloji ve malzeme kendi sınırlarını tanımlar. Bu teknoloji de var olan çeşitliliğe yeni çeşitler ekleyecektir. Forma dayalı sınırlarda esneklik sağlayacaktır.

9. Eskiz ve maket hala kullanılır çünkü insanların tasarım yöntemleri çeşitlidir.

10. Bu bir düşünme pratiğidir ve teknolojiden bağımsızdır.

11. Yenilikçi bir teknolojinin yenilik arayışı olacağı için projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder. Teknolojiden bağımsız olarak, günümüzde ve aynı zamanda gelecekte de her proje için özgün detay geliştirmeye gerek olmayabilir, bazen standart detaylar tercih edilebilir.

12. Teknolojinin gelişimi bir noktada durursa yaratıcılığı kısıtlar ama gelişimin devam edeceğini ön görebiliriz.

13. İdeal ve tek çözümü olan bazı durumlarda tasarımcının müdahalesi tamamen ortadan kalkabilir. Konvansiyonel teknolojilerle beraber kullanımlarda farklı projeler ortaya çıkabilir.

14. Evet, tasarımcı karar verir.

15. Üretim süreci başlamışken tasarım değişikliğine gidilmedikçe baskı hali son biçimdir. Yeniden müdahale bu teknolojinin mantığına aykırı görünüyor.

16. Karma sistemse devam eder, sadece 3B baskı ise gerek kalmaz.

17. Evet, göz önünde bulundurulmalı.

18. Evet, bu teknolojiyle beraber bir malzemeden birden fazla işlev beklemek istenebilir.

19. Evet, entegrasyon günümüzde olduğu gibi tasarımın başında çözülmeli.

20. Dijital veriler doğru girildiği takdirde tasarım sonucu ortaya çıkan ürün tarifli bir ürün olacaktır. Teknolojinin ilk kullanımlarında bu tanımlamalar yine yapılmaya devam edecektir.

21. Birden fazla kolda çalışmak insanları verimsiz kılıyor olabilir. Proje tasarlayan bir bilgisayar gelişmedikçe disiplinler devam eder ve mimar orkestra şefi olma durumunu korur. Sistematik hale getirilmiş, hazır elemanların birleşimi olan tek düze yapılar geliştirilirse bunlar tek bir kişi tarafından tasarlanabilir.

30 – cevap

1. Yeni kriterler eklenecektir. Şantiyede tesisin kurulmasıyla yerinde yapım ile ön üretim arasında bir yerde olacaktır. “Ön üretim hassasiyetinde yerinde yapım”

2. Evet, bir detay tanımlanması gibi olmasa da kesinlikle bir şeylerin tanımlanması gerekir. Sadece üretime hazırlamak için değil müşteriye ya da başka bir hitaba anlatmak için, 3B modeller üzerinden tanımlamalar yapılıyor, yapılacaktır.

3. Tek seferde tüm yapı basılıyorsa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz. Yapı elemanları birleştirilerek yapıldığında üretim için olmasa da tasarımı kolaylaştırmak ve süreci karmaşıklıktan korumak için tercih edilebilir.

4. Evet, parçalar bir araya geliyorsa ve bunlar farklı zamanlarda bir araya geliyorsa imalat sırası ve yönü belirlenmeli.

5. Tamamen “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşmez. Yine saha var, şantiye organizasyonu var ama aktörler değişiyor.

6. Evet, kesinlikle devam eder. Doğal çevre içerisinde yapay bir çevre oluşturuluyorsa doğal çevrede bulunan şartlar tasarım girdisi olmaya devam edecektir. Bir katman birden fazla performansı sağlarsa alınan önlemler katman sayısı açısından değişebilir.

7. Evet, süreç tasarımı yine önemini korur. Belki tasarlamamız gereken süreçler azalır ama yine de varlığını sürdürür.
8. Sınırlarda bir genişleme olacaktır ama eğer eğrisel formlar, karmaşık geometriler yine maliyeti arttıracak bir etken olaksa tasarım kısıtları devam eder.
9. Evet, kullanmaya devam ederiz çünkü günümüzde de modelleme programları oldukça ulaşılabilir ama eskizi ve maket yapmayı bırakmadık. Özellikle tasarımın ilk evrelerinde muhakkak kullanılır.
10. Tasarımcının tarzıyla ilgili bir karar, teknoloji bu açıdan yönlendirmez.
11. Projeye özgü detay geliştirmeye daha çok imkan verir. Malzeme firmalarına bağılılık azalır çünkü hazır, biçimli malzeme alımı diye bir şey ortadan kalkıyor.
12. a. Bütüncül mimari tasarımı da etkiler ama
b. Detay tasarımındaki yaratıcılığı daha çok artırır.
13. Farklı proje ortaya çıkma olasılığı günümüze göre daha yüksek olur.
14. Evet, yine biz belirleriz çünkü bu prensipler değişmez. Malzeme özellikleri bazı kriterleri değiştirir ama yine düşünülmesi gerekir.
15. Baskı sonucu “bitmiş ürün” ü oluşturur. Tekrar biçim verme durumu bu teknoloji için söz konusu olmaz.
16. Bu problemlerin detayın içinde çözülmesi daha doğru olur çünkü bu teknolojinin amacı daha az parça ile daha kısa sürede üretim yapmak. Farklı malzemelerin bir arada kullanımlarında oluşacak problemlerin önünde geçmek açısından.
17. Aynı malzeme kullanılsa bile farklı uzunluklar farklı genleşmeler oluşturabilir, onun için malzeme özellikleri her zaman düşünülmesi.
18. Gelişen her teknolojiyle beraber malzeme teknolojisi de gelişir.
19. Ön tasarım aşamasında entegrasyon düşünülmesi. Bütüncül bir tasarım anlayışı her teknoloji için sürdürülmeli.
20. Çizilen tasarım ürününün kendini tanıtıyor olması gerekir, anlaşılması için yeniden tanımlamaya ihtiyaç kalmaz. Tek bir bütüncül model üzerinden çalışılacaktır ve her şey onun üzerinde çözüldükten sonra hangi ölçekte bir çıktı gerekiyorsa o üretime gönderilecektir.
21. Yapay zeka olmadığı müddetçe disiplinler devam eder çünkü tek kişi tarafından baş edilemeyecek kadar çok fazla bilgi var. İnşaat müh.-mimar disiplinlerini yazılım destekleriyle birbirine yaklaştırabilir. Servis sistemleri daha farklı, o ayrı bir disiplin olarak varlığını sürdürür.

31 – cevap

1. Yazıcının boyutlarını ve taşınmasını düşündüğümüzde lojistik kriteri karar vermedeki önemini korur hatta artabilir. Yine ön üretimde yerinde yapıma göre daha kolay kalite kontrolü yapılacaktır.
2. Özellikle farklı teknolojiler bir arada kullanıldığında tanımlamalara ihtiyaç devam edecektir.
3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz çünkü standart boyutların olup olmaması maliyet ve süre açısından bir farklılık oluşturmaz.
4. Evet, sıra ve yön tanımlanmalı. En azından baskı anında taşıyıcılığı sağlayacak şekilde bir sıra izlenmeli.
5. Zeminle ilgili şartlar sağlandığında “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşebilir.
6. Evet, muhakkak düşünülmeli. Malzeme özelliğine bağlı olan önlemler değişebilir ama biçimsel önlemler varlığını korur.
7. Süreç tasarımı daha önemli hale gelir. Çünkü bu teknolojiye mevcut teknolojilere göre üretim anında müdahale etmek daha da zorlaşır, yazıcı kullanım süresi maliyeti oldukça arttırabilir, dolayısıyla iyi planlama yapılmalı.
8. Yazıcının kapasitesinden ve maliyetten kaynaklı sınırlamalar oluşmadığı takdirde modellenen biçimler aynı şekilde üretildiği için daha esnek tasarımlar oluşacaktır.
9. Bu teknoloji kullanılarak maket üretimi daha kolay hale geleceği için maket/prototip tasarım aracı olarak kullanılmaya devam eder. Eskiz çizimi günümüzde de oldukça az kullanılıyor, gelecekte de dijital tasarıma alışan nesillerde daha az kullanacaktır.
10. Seçenek oluşturmak ve denemek daha kolay ve hızlı olacağı için seçenek oluşturmaya teşvik edebilir.
11. Deneme yanılma imkanı sunduğu için projeye özgü detay geliştirmeye yönlendirebilir.
12. Yine deneme yanılma imkanı sunduğu için iki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder.
13. Farklı projeler ortaya çıkar ama sınırlı bir alanda farklılıklar oluşur.
14. Evet, yine biz belirleriz çünkü farklı ihtiyaçlar ve malzeme kullanımı söz konusu.
15. Tüm yapı 3B baskı ile üretildiğinde baskı hali son biçimi olmalı çünkü bu teknolojinin sunduğu avantajlardan biri.
16. O işlevleri devralacak, detayın içinde başka bir çözüm üretilir.
17. Birden fazla malzeme kullanıldığı için yine düşünülmeli.

18. Katmanlaşmanın sadeleşmesi için bir malzemeye birden fazla işlev yüklenmesini ve karmaşık malzemelerin gelişmesini teşvik edecektir.

19. Hem birbirleri arasındaki uyumu sağlamak hem de yapımı kolaylaştırmak adına tüm sistemlerin birlikte tasarlanıp birlikte üretilmesi gerekir.

20. Çizilen tasarım ürününün kendini tanıtıyor olması gerekir, ara yüz o şekilde geliştirilir.

21. Tek akılda toplanması zor. Bu teknolojinin gelişebilmesi için bile bu farklı disiplinlere ihtiyaç duyulur. Farklı ve yeni gelişen ihtiyaçlara yeni çözümler sunabilmesi için disiplinlerin makineye sürekli besleme yapması gerekecektir.

32 – cevap

1. Günümüzde zanaatkarlık azaldığı için olabildiğince prefabrik parçalar ve yerinde birleşimi tercih ediyorum. Baskı teknolojisi için de prefabrik yapımı tercih ederdim çünkü ne kadar gelişmiş olursa olsun şantiye alanı “hunhar” bir yer.

2. Yapım teknolojisinin kendi hakikatini kurabilmesi için aşamaların tanımlanıp sıralanması gerekir.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz çünkü standart boyutların olup olmaması firesiz üretim açısından bir farklılık oluşturmaz. Malzemenin niteliklerine göre bir standardizasyon gerekebilir.

4. Günümüz yaklaşımıyla evet, sıralama her zaman çok önemlidir.

5. Evet, “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşebilir.

6. Evet, muhakkak düşünülmeli. Çünkü mimarlıkta aslolan belirleyici coğrafyadır ve o hep olacak..

7. Süreç tasarımı önemini korur çünkü süreç tasarımı aynı zamanda kontrolü de beraberinde getiriyor.

8. Evet, olmalı, sınırlar yaratıcılığı güçlendiren bir şey. Her şeyin bir sınırı olmalı ki aşmak için bir çaba gösterilsin.

9. Zihinle el arasındaki ilişkiyi sağlayabilen daha iyi bir ara yüz olmadığı için eskiz çizimi ve maket yapılmaya devam etmeli.

10. Büyük kararlarda değil ama bazı ara kararlarda seçenek oluşturmaya teşvik edebilir.

11. Hazır detaylar kullanılsa bile her zaman projeye özgü geliştirilmeli, bu teknoloji ile projeye özgü detay geliştirme daha da kolaylaşır.

12. Nasıl kullanıldığına göre değişir Düşünmeksizin yönelttiğini üretirsek yaratıcılığı kısıtlar. Düşündüklerimizi yapmak için kolaylaştırıcı bir araç olarak kullanıldığında yaratıcılığı teşvik eder.

13. Her sürecin kendi doğası vardır, farklılık azalsa bile kesinlikle aynı olmaz.

14. Evet, yine biz belirleriz çünkü kullanıma, yere, fiziksel koşullara göre yeniden değerlendirilmelidir.

15. Baskı sonucu son biçiminde olmalıdır.

16. Başka bir çözüm geliştirilmezse iki malzemeyi bir araya getiren 3 yöntem; birini diğerinin üzerine getirme, birbirine değdirmeme ve araya parça ekleme yine kullanılmaya devam eder. Hangisinin kullanımı azalır ya da yok olur bilemiyorum.

17. Malzeme özellikleri değişmedikçe göz edilir.

18. Katmanlaşmanın sadeleşmesi için bir malzemeye birden fazla işlev yüklenmesini ve karmaşık malzemelerin gelişmesini teşvik edecektir.

19. Tasarımın ilk aşamasında, koordinasyonlu şekilde tasarlanmalı ve entegre edilmeli.

20. Başka bir ölçü sistemi geliştirilecektir.

21. Tek akılda toplanmalı “Rönesans adamı” gibi. En azından disiplinlerin birbirlerinin sınırlarına girebilmesi, iç içe geçmesi ve birbirlerinin içinden bakabilmesi gerekir.

33 – cevap

1. Lojistik kriterler önemini korur. Taşınabilen parçaların ön üretimli, büyük ürünlerin yerinde yapımı daha mantıklı.

2. Tümünün baskı ile üretildiği senaryoda yapı elemanları arasında bir aşama tanımlaması gerekebilir. Farklı teknolojiler kullanıldığında neredeyse günümüzdeki gibi tanımlamalar gerekecektir.

3. Tasarımı kısıtlamayacak şekilde standartlaşma olabilir.

4. Evet tanımlanmalı. Kullanım kitapçığı olmalı.

5. Hem saha hem yazıcı yapılabilirliği düşünülmeli.

6. Evet, kesinlikle göz önünde bulundurulur çünkü coğrafyalara göre değişir.

7. Süreç tasarımı önemini korur.

8. Günümüzedekine oranla sınırlar esner, ama standartlaşmaya gidilirse kısıtlamalar olur.

9. Eskiz çizimi ve maket (baskı ile) yapılmaya devam edilir.
10. Seçenek üretmeyi kolaylaştırdığı için seçenek oluşturmaya teşvik eder.
11. Projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.
12. İki ölçekte de yaratıcılığı artırır.
13. Farklı projeler ortaya çıkar.
14. Denemeler ve ölçümler yapılarak ideal katmanlaşma kitaplığı oluşturabilir. Ama projeye özgü küçük değişiklikler yapılacaktır.
15. Bileşene tekrar biçim verilmez ama ek malzemeyle geçirimsizlik sağlanabilir.
16. Ek parça kullanımı azalır ama kaybolmaz. Eklenen malzemelerin boyutu azalabilir (fitil gibi).
17. Uyumsuzluklar minimize edilir. Katkı malzemeleri ile iklime uyumlu hale getirilebilir.
18. Katmanlaşmanın sadeleşmesi için bir malzemeye birden fazla işlev yüklenmesini ve karmaşık malzemelerin gelişmesini teşvik edecektir.
19. Tasarımın ilk aşamasında, koordinasyonlu şekilde tasarlanmalı ve entegre edilmeli. Mevcut yapılar ayrıca düşünülmeli.
20. Ürünün kendisi anlatır hale gelir, belki bir parçası ile.
21. Tek akılda toplanabilir. Bütüncül yaklaşımlar zorunlu hale gelir ve uzmanlaşma olmaz.

34 – cevap

1. İşçilik, maliyet, lojistik kriteri karar vermedeki önemini korur. Yine ön üretimde yerinde yapıma göre daha kolay kalite kontrolü yapılacaktır ama fark azalır.
2. Bütüncül bir üretim olduğu için tanımlamalar azalır.
3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz çünkü standart boyutların olup olmaması maliyet ve süre açısından bir farklılık oluşturmaz. Çeşitlilik sağlanabilmeli.
4. Evet, sıra ve yön tanımlanmalı ama günümüzdekine göre daha az tanımlanacaktır.
5. Çoğunlukla “yazıcı yapılabilirliği” ve kalifiye eleman öne çıkar ama günümüzdeki etmenler de tamamen ortadan kalkmaz.
6. Evet, mutlaka göz önünde bulundurulmalı.

7. Süreç tasarımı önemli olur ama günümüze oranla daha az. Çünkü karşılaşılabilecek hatalar ve eksikliklere karşı önceden önlem alınabilir, süreç kısılır.
8. Çeşitlilik azalacağı için tasarım kısıtları artar.
9. Maket yapımı ortadan kalkabilir. Eskiz çizimi azalsa da kullanıma devam eder.
10. Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknoloji etkilemez.
11. Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknoloji etkilemez.
12. Yaratıcı olmak isteyen kapı açar, kolaylık sağlar.
13. Farklı projeler ortaya çıkar, üst ölçekte daha benzer işler oluşabilir ama detayda farklılaşırlar.
14. Evet, yine biz belirleriz çünkü iklime göre farklılaşan bir konu.
15. Bitmişlik düzeyi yüksek bir ürün oluşur ama yine de az da olsa yere adaptasyon için tekrar biçim vermek gerekebilir.
16. Daha az ve daha küçük elemanlar olacak şekilde kullanımları devam eder.
17. Birden fazla malzeme kullanıldığı için yine düşünölmeli.
18. Katmanlaşmanın sadeleşmesi için bir malzemeye birden fazla işlev yüklenmesini ve karmaşık malzemelerin gelişmesini teşvik edecektir. Ama malzeme sektörü çeşitli sebeplerle buna izin vermeyebilir.
19. Daha sonra müdahalesinin, bakım-onarımının kolay olabilmesi için tüm sistemlerin ayrı tasarlanıp ayrı üretilmesi gerekir.
20. Çizilen tasarım ürününün kendini tanıtıyor olması gerekir, ek bir süreç gerekmez.
21. Tek akıl olma yolunda ilerleyebilir. Ama öyle bile olsa mimar ayrışır, duyulan ihtiyaç azalır ama tasarımcının varlığını isteyenler için devamlılığını sürdürür.

35 – cevap

1. Süre, işçilik, kalite kontrolü kriteri karar verme sürecinde önemini kaybeder.
2. Tanımlamalar devam eder ama bütöncöl bir üretim olduğu için tanımlamalar azalır.
3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz çünkü standart boyutların olup olmaması maliyet ve süre açısından bir farklılık oluşturmaz.
4. Evet, baskı sırası, malzeme sırası yine tanımlanacaktır. Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında elemanlar arasındaki birleşim tanımlanmalıdır.

5. Çoğunlukla “yazıcı yapılabilirliği” öne çıkar ama günümüzdeki etmenler de tamamen ortadan kalkmaz.
6. Evet, mutlaka göz önünde bulundurulmalı.
7. Süre kısılır ama süreç tasarımı günümüzdeki önemini korur.
8. Günümüz tasarım sınırları oldukça esner.
9. Maket yapımı devam eder, çünkü oluşturulan ürün üç boyutlu olduğu için tasarımcılar ön denemelerini üç boyutlu şekilde yapmak isteyecektir. Eskiz çizimi oldukça azalır, devam etmeyebilir.
10. Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknoloji etkilemez.
11. Projeye özgü detay daha kolay geliştirileceği için o yöne teşvik eder.
12. İki ölçekte de yaratıcılığı teşvik eder.
13. Tasarımcının müdahalesi azalır ama yine de farklı projeler ortaya çıkar.
Katmanlaşma ve Birleşim
14. Evet, yine biz belirleriz.
15. Kullanılan malzemeye göre değişebilir, sonradan biçim verilebilir, verilmeyebilir.
16. Evet, yine kullanılması gerekecek.
17. Birden fazla malzeme kullanıldığı için yine düşünülmeli.
18. Katmanlaşmanın sadeleşmesi için bir malzemeye birden fazla işlev yüklenmesini ve karmaşık malzemelerin gelişmesini teşvik edecektir.
19. Günümüzde de olduğu gibi ön tasarım aşamasında düşünülmesi gerekir.
20. Çizilen tasarım ürününün ayrıntılı tanımı yine gerekir, hatta günümüzden daha çok gerekebilir çünkü robot yorumlayamaz ve ara süreçlerde müdahale edilemez.
21. Var olan disiplinler devamlılığını sürdürür çünkü tüm paydaşlar tasarımın bir parçasını oluşturuyor. BIM gibi bir ortak dil kurularak devam eder.

36 – cevap

1. Kalite kontrol kolaylığı artık üretim yerine göre oldukça az farklılık gösterir. Yazıcı kullanımı ve malzeme açısından farklılıklar oluşabilir.
2. Aşamalar daha az olduğu için daha az tanımlanır ama yapı elemanları ve malzeme geçişleri tanımlanabilir.

3. Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz, bu teknolojinin en önemli avantajlarından biri olacaktır.
4. Evet, parçalar bir araya geliyorsa ve bunlar farklı zamanlarda bir araya geliyorsa imalat sırası ve yönü belirlenmeli ama birleşimler azaldığı için azalır.
5. “Yazıcı yapılabirliği” ne dönüşür. Diğer tüm konular da yazıcı ile ilişkilendirilir.
6. Evet, kesinlikle devam eder.
7. Evet, tasarlamamız gereken süreçler azalır ama süreç tasarımı yine önemini korur.
8. Tasarım sınırları genişler ama insanlar konvansiyonel olan estetik algılarını yine talep edebilir.
9. Tercih edenler için eskiz devam eder ama yaygın olarak dijital tasarım araçları kullanılır. Baskı teknolojisiyle maket yapımına devam edilir. Hologram gibi yeni 3B dijital araçlar da kullanılabilir.
10. Her zaman olması gerektiği gibi, bu teknoloji için de tasarlarken seçenek oluşturulmalı.
11. Halihazırdaki detay kullanımı daha kolaylaşır ama özgün detay geliştirmeyi de tercih edenler olur. Günümüzdeki gibi devam eder.
12. İki ölçekte de serbestlik sağladığı için yaratıcılığı teşvik eder.
13. Detay tasarımcısının rolü azalır ama yine de farklı ürünler ortaya çıkar.
14. Başlarda tasarımcı ilerleyen zamanlarda programlar karar verir.
15. Baskı sonucu “bitmiş ürün” ü oluşturur. Estetik amaçlı düzeltmeler yapılabilir..
16. Kullanımları oldukça azalır, estetik açıdan tercih edilmedikçe kullanılmaz.
17. Farklı malzemeler kullanıldıkça uyum her zaman göz önünde bulundurulur..
18. Birbiriyle çatışmayacak şekilde işlevler birleştirilebilir ama teke inmez.
19. Ön tasarım aşamasında entegrasyon düşünülmeli. Bütüncül bir tasarım anlayışı her teknoloji için sürdürülmeli.
20. Çizilen tasarım ürününün kendini tanıttığı olması gerekir, anlaşılması için yeniden tanımlamaya ihtiyaç kalmaz.
21. Teknolojinin ilk aşamalarında programlara tanımlama yapmak, geliştirmek ve kontrolünü sağlamak için farklı disiplinlerin varlığını sürdürmesi gerekir. Bütüncül bir tasarım süreci gerekeceği için verilerin aktarıldığı “tek akıl(yapay zeka)” a doğru yönelim oluşabilir. Ama tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünü korur.

37 – cevap

1. Süre, ölçek, maliyet, arsa şartları, iklim kriterleri göz önünde bulundurulur. Kalite kontrol kolaylığı artık üretim yerine göre oldukça az farklılık gösterir. Yapının ölçeğine göre; tek seferde tek parça halinde üretiliyorsa yerinde, parça parça üretiliyorsa prefabrik tercih edilebilir. İşçilik, kalite kontrolü kriteri karar verme sürecinde önemini kaybeder.
2. Parçalı ve karmaşık yapılar için tanımlamalar devam eder..
3. Yapının büyüklüğü ile ilişkili olarak yazıcının taradığı alan bir standart oluşturur. Ama bu alan içerisinde boyutsal standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz.
4. Evet, kesinlikle gerekir çünkü ekler var.
5. Kontrol mekanizması sağlandığında “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşür.
6. Evet, mutlaka göz önünde bulundurulmalı.
7. Süre kısalar, kapsam değişir ama süreç tasarımı günümüzdeki önemini korur.
8. Daha fazla açıklık geçen, strüktürel performansı yüksek yeni malzemeler geliştirilmedikçe günümüz tasarım sınırları pek değişmez.
9. Eskiz bir fikri görselleştirmek için kullanılır, her zaman devam eder. Maket görselleştirme amacıyla 3B baskı teknolojisi ile yapımı devam eder.
10. Günümüzdeki gibi seçenek oluşturmaya devam edilir.
11. Tasarımcının deneyimi ve bilgisine göre değişir.
12. Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için yaratıcılığı arttırır..
13. Tasarımcının deneyimleri doğrultusunda farklı ürünler ortaya çıkar.
14. Üretilbilir katman seçenekleri arasından seçilse de tasarımcı yapıya göre özelleştirir.
15. Baskı sonucu bitmiş üründür, tekrar biçim verilmez.
16. Duvar boşluklarında, hareketli elemanlarda, doğal malzemeler kullanıldığında kesiti ve sayısı azalsa da ek parça kullanımı devam eder.
17. Birden fazla malzeme kullanıldığı için yine düşünülmeli.
18. Teknolojinin gelişimi, katmanlaşmada sadeleşmeyi ve karmaşık malzeme gelişimini teşvik eder.
19. Günümüzde de olduğu gibi ön tasarım aşamasında düşünülmesi gerekir.

20. Farklı bir dil veya format kullanılsa da yine tanımlama yapmak gerekir.

21. Var olan disiplinler devamlılığını sürdürür, bilgi teknolojilerine yönelik ek disiplinler oluşabilir aralarında ortak bir dil kurulur. Tasarım özgünlüğünü sağlayabilmesi için mimar rolünü korur.

38 – cevap

1. Bu teknoloji için avantajlı olan yerinde üretimdir. Prefabrik ve parça parça üretildiğinde günümüzdeki teknolojilerden pek ayrılmayacaktır.

2. Malzeme ve bileşen seçeneği azalacağı için azalır. Hazır bir paket halinde üretici sunacağı için aşamaların tanımlaması da o paketin içine dahil olacaktır, ayrıca bizim tanımlamamıza gerek kalmaz.

3. Yapının büyüklüğü ile ilişkili olarak yazıcının taradığı alan bir standart oluşturur. Bu alan içerisinde serbestlik sağlar ama tekrarlı ve standartlaşan ürünler daha hızlı ve sorunsuz üretilir.

4. Birleşim yönü önemini kaybeder çünkü sonradan müdahale için bile farklı tamir robotu üretilecektir.

5. Evet, “yazıcı yapılabirliği” ne dönüşür.

6. Evet, hem üretim anında hem bina ömrü boyunca mutlaka göz önünde bulundurulmalı.

7. Yazıcı koordinasyonu ve üretim şartlarını sağlayabilmek için süreç tasarımı günümüzdekinden daha önemli hale gelir.

8. Tasarım sınırları aşama aşama genişler, tamamen ortadan kalkmaz.

9. İkisi de jenerasyona göre değişir, buna alışkın kişiler kullanır ama yeni gelenler dijital araçlar kullanır.

10. İki pratik de kullanılmaya devam eder.

11. Başlarda üreticilerin sunduğu standart detaylar kullanılır, ilerleyen zamanlarda projeye özgü detay geliştirilir.

12. Bütüncül mimari tasarımda zaten daha yaratıcı fikirler gerçekleştiriliyor, bu teknoloji çok fazla etkilemez. Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı artırır. Günümüzde iki ölçek arasında tasarımcı yaklaşımından kaynaklanan yaratıcılık farkını da kapatmaya teşvik edebilir.

13. Farklı projeler ortaya çıkmaya devam eder..

14. Geliştirilen tipler içinden tasarımcı seçim yapar, kendi projesine uyarlayabilir.

15. Baskı sonucu bitmiş üründür, tekrar biçim verilmez.

16. Parçalı üretimlerde ve geleneksel teknolojilerle beraber kullanımlarda ek parça kullanımı gereksinimi devam eder.

Malzeme

17. Bu teknolojiye istenen malzemeler sorunsuzca bir arada kullanılmalı. Malzemeler günümüz ham maddelerinden farklı olmalı.

18. Teknolojinin gelişimi, katmanlaşmada sadeleşmeyi ve karmaşık malzeme gelişimini teşvik eder.

19. Ön tasarım aşamasında düşünülmesi gerekir, uyumsuzluk olduğunda eşleştirmek daha zor hale gelir.

İletişim

20. Bir kodlama dili kullanılarak yine tanımlama yapmak gerekir, sadece şekil değiştirir.

21. Disiplinler birleşerek ara disiplinler oluşur (Mimar-Mühendis gibi) ama bire inmez.

39 – cevap

1. Hangi tip yazıcı ve malzeme kullanıldığına ve çevre şartlarına uygun olup olmamalarına göre yerinde/ön üretim yapma kararı verilir. Ama büyük ölçüde yerinde, gerekirse korunaklı bir alan oluşturularak üretilir. Birleşimler azalır, bırakılması gereken toleranslar azalır.

2. Evet, kesinlikle tanımlamak gerekir. Hatta yoruma açık olmadığı için her bilgi çok daha ayrıntılı tanımlanmalı.

3. Boyutsal standartlaşmaya gerek kalmaz, bu teknolojinin en büyük avantajlarından biri. Malzeme içeriğini ve kalite açısından standartlar olacaktır.

4. Yazıcı olanaklarına ve tasarım yöntemine göre değişir.

5. Büyük ölçüde yazıcı yapılabiliğine dönüşür, yapılabiliği soruları yazıcıya yöneltilir. Ama her zaman sahada insana ihtiyaç kalır, kontrol ve yönetici olarak, dolayısıyla yazıcı harici durumlar da varlığını sürdürür.

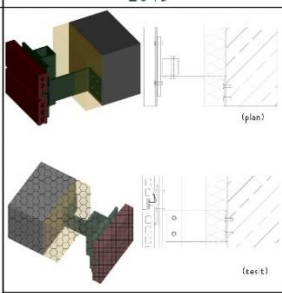
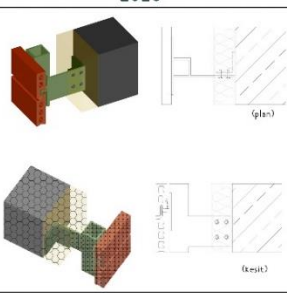
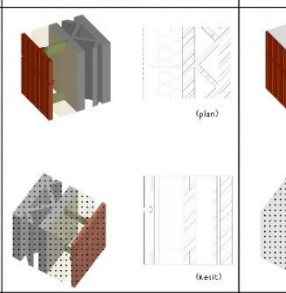
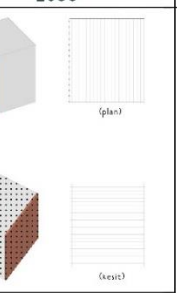
6. Evet, kesinlikle göz önünde bulundurulur, malzeme ve yazıcı seçimini de etkiler.

7. Süreç tasarımı çok daha önemli hale gelir. Daha ilk tasarım kararından itibaren üretimi düşünmek gerekir.

8. Araçların sunduğu sınırları tasarımcılar kendi tasarım yetilerine göre kırıp geliştirebilir. Bu teknolojiye de günümüzdekinden daha geniş olsa da sınırlar olacaktır, tasarımcılar onu zorlayarak ve geri besleyerek ileriye götürmeye çalışacaktır.

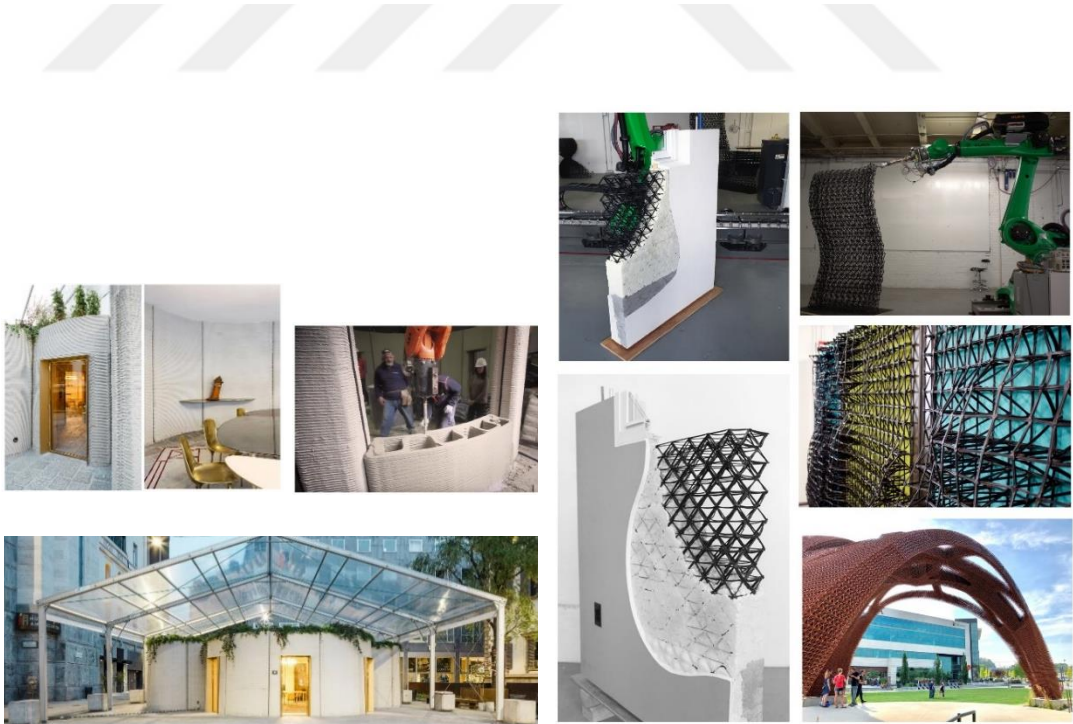
9. Maket devam eder ama yapım biçimi değişir (dijital maketler, hologramlar vb.). Tasarımcı insan olduğu sürece eskiz yapılmaya devam eder.
10. Seçenek oluşturmaya teşvik eder, çünkü hız kazandırır.
11. Projeye özgü detay geliştirmeye yönlendirir. Özellikle farklı malzeme deneyebilmeye olanak sağlıyor.
12. Evet, iki ölçekte de yaratıcılığı arttırır. Hâlihazırdaki kalıpların dışına çıkmayı sağladığı için yaratıcılığa büyük faydaları olur.
13. Farklı projeler ortaya çıkmaya devam eder, olanaklara göre detaylar bireyselleşir. Katmanlaşma ve Birleşim
14. Katmanlar birbirine entegre olarak azalır ama yine katman sırası tasarımcı tarafından belirlenir.
15. İş modeliyle ilişkili olur. İşveren-tasarımcı-üretici üçgeninde tasarım ve üretim bağı güçlendikçe baskı sonucu son biçim olur.
16. Tasarım rasyonelleştikçe azalır, detayın içinde çözülür.
17. Evet, kesinlikle uyum göz önünde bulundurulmalı. Ama tasarlarken simülasyonlar yardımıyla kontrol edip karar vermeyi kolaylaştırabilir.
18. Bir malzemeden birden fazla işlev beklenir ve malzeme çeşitliliği artar. Özellikle zaman geçtikçe insanların doğaya yaklaşma isteğiyle beraber organik malzeme kullanımları artacaktır.
19. Ana kararlar ön tasarım aşamasında verilir ve eş zamanlı olarak birbirlerine entegreli şekilde tasarlanır. Bunun için de BIM gibi eş zamanlı tasarım imkânı sunan ara yüzler önemli hale gelecektir.
20. Üründen önce robotun kendi lokasyonunu bile tanıtmak gerekiyor, dolayısıyla insandan daha fazla tanıtmak gerekir . Üretim ile ilgili günümüzle aynı veriler tariflenir ama biçimi değişir.
21. Birkaç disiplinin birleştiği çok kimlikli bireyler oluşur. Ama aynı iş üzerinde çok kimlikli çok kişiler beraber çalışacaktır. Mimarlar kullanıcının kendi evini tasarlayabilmesine olanak sağlayan bir sistem tasarlayabilir. Böylelikle daha önce düşünülmüş 1001 olasılığın içinden 1 tane kendi istediği olasılığı seçmiş olacak ama her seçim belirli bir standardı sağlayacak.

EK I - 2. Turda uzmanlara iletilen sorular

2019	2028	2035	2058
			

YAPIM TEKNOLOJİLERİ – DETAY TASARIM ETKİLEŞİMİNİN 3B BASKI TEKNOLOJİLERİ BAĞLAMINDA UZMAN GÖRÜŞÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ | FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE KONTROLÜ ve YAPI TEKNOLOJİLERİ BÖLÜMÜ | YÜKSEK LİSANS TEZİ
SÜHAN ARTUĞ | ŞUBAT 2020
TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ M. CEM ALTUN



Değerli katılımcılar;

Öncelikle çalışmamıza katılarak vakit ayırdığınız ve değerli fikirlerinizi bizimle paylaştığınız için teşekkür ederiz.

Bu değerlendirme “Mimari üretim teknolojisi olarak 3B baskı kullanıldığında detay tasarım sürecine etkileri neler olur?” konulu ‘Delfi’ ön görüş çalışmasının 2. ve son turudur.

İlk turda detay tasarımı konusunda farklı alanlarda deneyimlere sahip 39 uzman ile yüz yüze görüşme gerçekleştirilmiştir. Yönelttiğimiz sorulara verdikleri cevaplar analiz edilerek üst başlıklar altında gruplandırılmış ve en sık karşılaşılanlar ilgili sorular altında listelenmiştir.

Bu turda sizden, bu cevaplar içinde size en yakın geleni işaretlemeniz beklenmektedir. Cevaplarınızı artg.suhan@hotmail.com mail adresine gönderebilirsiniz.

Örnek soru:

10. Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme

(Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3b teknolojisi tasarımcıyı en başından ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?)

☐	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.	18
☐	Her zaman olması gerektiği gibi, bu teknoloji için de tasarlarken seçenek oluşturulur.	7
☐	Seçenek üretmek daha kolay olacağı için seçenek oluşturarak tasarlamaya yönlendirir.	9
☐	Seçenek üretmeye gerek kalmaz, tek seçenek üzerinden tasarlanır.	3

Seçtiğiniz cevabı işaretleyeceğiniz kutular. (tıklayarak kutunun içine + işareti koyabilirsiniz.)

+

1. turda verilen popüler cevaplar.

1. turda sol satırdaki cevabı veren kişi sayısı.

Not: 1. turdaki 7 soruda fikir birliğine ulaşıldığı için 2. turda tekrar değerlendirmenize sunulmamıştır.

Not 2: Lütfen her soruda yalnızca bir cevabı işaretleyiniz.

Not: 1. soru için lütfen her renkten birer kutu olmak üzere toplam 3 kutu seçiniz.

1. Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım).
(Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3b baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?)

☐	Yerinde (gerekirse atölye kurulup) yapım bu teknoloji için daha avantajlı olacaktır.		8
☐	Büyük ölçekli seri üretim ürünlerin fabrikada üretimi, küçük ve özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilir.		6
☐	Çevresel şartlar düşünüldüğünde fabrikada üretim seçeneği daha avantajlı olacaktır.		4
☐	Günümüzdeki kriterler azalıp, şekil değiştirse de göz önünde bulundurulmaya devam eder.		9
☐	Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre yeni kriterler eklenir.		8
☐	Günümüzdeki kriterler aynı şekilde varlığını sürdürür.		4
☐	Günümüzde olduğu gibi 3b baskı teknolojisinde de ön üretimli yapımda kalite daha kolay kontrol edilir.		5
☐	3b baskı teknolojisinde kalite kontrolü üretim yerine göre az farklılık gösterir.		13

2. 'Yapılabilirlik' bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması
(İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?)

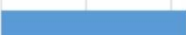
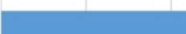
☐	Tanımlamalar günümüzdeki gibi devam eder.		4
☐	Aşamalar daha az olduğu için daha az tanımlanır ve tanımların şekli değişir.		17
☐	İlk zamanlarda gerekir, ilerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça daha az tanımlanır.		6
☐	Tek seferde, tek yazıcıyla basılarak üretilen birim haricinde tanımlamalar devam eder.		6
☐	Taşıyıcılık açısından önce hangi kısımların basılacağı, baskı yönü, malzeme geçişleri tanımlanmalıdır.		5

3. Yapım süreci bağlamında boyutsal standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma
(Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3b baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? Yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?)

☐	Standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz.		21
☐	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.		9
☐	Yazıcı boyutları standart oluşturur.		7
☐	Teknolojinin başlangıç evrelerinde bir standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.		2
☐	Ön üretimli parçalar kullanılıyorsa standartlaşma gerekir.		2

4. Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması.

(Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?)

☐	Yapım aşamalarını düşünerek tasarım yapmak ve birleşimleri tanımlamak gerekir.		11
☐	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.		12
☐	Geleneksel teknolojilerle beraber kullanıldığında birleşimleri tanımlamak gerekir.		6
☐	Daha sonra müdahale edilebilmesi ya da hareketlere olanak sağlaması (örn: ısı genleşme) için birleşim sırası ve yönünü tanımlamak gerekir.		4
☐	Tanımlamak gerekmez, yazıcı/üretici ideal sırayı kendi belirler.		6

5. Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi

(Günümüz yapılabilirlik kriterleri yerini 3b yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı? Yazıcı tarafından basılabilen bir bina ‘inşa edilebilir’ bir binadır diyebilir miyiz?)

☐	Hayır, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşmez.	5	
☐	"Yazıcı yapılabilirliği" önemli hale gelir ama "sahada yapılabilirlik" kriterleri az da olsa varlığını sürdürür.	13	
☐	Yerinde basıldığında "sahada yapılabilirlik" kriterleri varlığını sürdürür.	5	
☐	Küçük boyutlu üretimler için “yazıcı yapılabilirliği”ne dönüşür.	2	
☐	Evet, "yazıcı yapılabilirliği"ne dönüşür.	8	

6. İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma

Uzmanların %90’ı aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
“İklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak göz önünde bulundurulmaya devam eder.”

7. Süreç tasarımı

(sisteme karar verme + tasarımı geliştirme + üretime hazırlık bir bütün olarak ele alındığında bütünsel bir süreç tasarımı 3b baskı teknolojisi için de önemini korur mu?)

☐	Girdiler azalacağı için süreç kısılır ama bir süreç tasarımına ihtiyaç olur.	14	
☐	Bir yazıcının durmadan başlayıp bitireceği üretimler haricinde süreç tasarımına ihtiyaç olur.	2	
☐	Süreç tasarımı günümüzdeki önemini korur.	13	
☐	Yazıcının etkin kullanımı ve bütüncül bir üretim yaklaşımı olacağı için süreç tasarımı günümüze göre daha önemli hale gelir.	5	

8. Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları

Uzmanların %84’ü aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
“Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.”

Not: 9. soru için lütfen her renkten birer kutu olmak üzere toplam 2 kutu seçiniz.

9. Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları.

(Maket, eskiz çizimi gibi tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?)

☐	Eskiz çizimi günümüzdeki gibi kullanılmaya devam eder.	27
☐	Eskiz çizimi azalır, dijital tasarıma tamamen adapte olmuş bir jenerasyonda ortadan kalkar.	10
☐	Baskı teknolojisiyle maket yapımı kolaylaşacağı için günümüzdekinden daha çok kullanılır.	8
☐	Maket günümüzdeki sıklıkta kullanılmaya devam eder.	16
☐	Maket yerini prototipe bırakır.	4
☐	Maket temsil aracı olarak varlığını sürdürür.	5
☐	Maket ortadan kalkar.	4

10. Tasarım seçenekleri oluşturma ve seçim yapma/tek bir tasarım geliştirme

(Genelde günümüzde önce seçenekler üretilip daha sonra ideal olanı seçme yöntemi kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisinde seçenek oluşturma ihtiyacı devam eder mi? yoksa kullanılan 3b baskı teknolojisi tasarımcıyı en baştan ideal olanı tasarlamaya yönlendirir mi?)

☐	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.	18
☐	Her zaman olması gerektiği gibi, bu teknoloji için de tasarlarken seçenek oluşturulur.	7
☐	Seçenek üretmek baskı teknolojisi ile daha kolay olacağı için seçenek oluşturarak tasarlamaya yönlendirir.	9
☐	Seçenek üretmeye gerek kalmaz, tek seçenek geliştirilerek tasarlanır.	3

11. Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme
(Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?)

☐	Bu bir tasarım alışkanlığıdır, teknolojiye göre değişmez.	11
☐	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.	17
☐	Başlarda üreticilerin sunduğu standart detaylar kullanılır, ilerleyen zamanlarda projeye özgü detay geliştirilir.	4
☐	Hâlihazırda geliştirilmiş olan detaylardan yola çıkılıp projeye özgü hale getirilir.	5

12. Tasarım sürecindeki yaratıcılık

(3B baskı teknolojisi, tasarımcıları tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı? a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı)

☐	Her iki ölçekte de yaratıcılığı etkilemez.	2
☐	Bütüncül mimari tasarım ölçeğinde yaratıcılığı artırır.	21
☐	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı artırır.	21
☐	Detay tasarımı ölçeğinde yaratıcılığı kısıtlar.	3
☐	Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için her iki ölçekte de yaratıcılığı artırır.	9

13. Konsept proje, üretime hazır hale getirilirken tasarımcının müdahalesi/özgünlüğü

(Tüm diğer kriterler (yer, maliyet, süre, teknoloji, yazıcı, malzeme) eş tutulduğunda aynı konsept proje iki farklı mimara verildiğinde sonunda aynı ürün mü ortaya çıkar?)

☐	Detay tasarımcısının müdahalesi ortadan kalkar, aynı ürün ortaya çıkar.	2
☐	Detay tasarımcısının rolü azalır ama farklı ürünler ortaya çıkar.	12
☐	Eğer tasarımcı teknolojinin yönlendirmesine izin verirse aynı, izin vermezse farklı ürünler ortaya çıkar.	2
☐	Birbirinden farklı ürünler ortaya çıkmaya devam eder.	17

14. Katman sırasını belirleme

(Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vs.)

☐	Tasarımcıların girdiği veriler doğrultusunda programlar öneri oluşturur, tasarımcı aralarından seçim yapar.	4		
☐	Hazır olarak oluşturulan ideal tipler arasından tasarımcı seçim yapar, kendi projesine uyarlar.	4		
☐	Başlarda tasarımcı, ilerleyen zamanlarda programlar karar verir.	3		
☐	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.			27

15. Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği

Uzmanların %84'ü aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
“Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturamaz.”

16. Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı

(Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vs.)

☐	Başlarda günümüze yakın detaylar tasarlanacağı için ek parça kullanılır. Teknoloji geliştikçe ortadan kalkar.	4		
☐	Parçalı üretimlerde ek parça kullanımı devam eder.	9		
☐	Farklı malzeme geçişlerinde ek parça kullanımı devam eder.	9		
☐	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.			23

17. Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme.

Uzmanların %92'si aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
“Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.”

18. Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği.

Uzmanların %86'sı aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
“Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur, katmanlaşmada sadeleşmeyi ve karmaşık malzeme gelişimini teşvik eder.”

19. Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi

Uzmanların %95'i aşağıdaki cevap üzerinde fikir birliğine ulaşmıştır.
"Bütüncül bir tasarım anlayışı olduğu için sistemlerin ön tasarım sürecinden itibaren entegre edilmesi günümüze göre daha da önemli hale gelir."

20. Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark
(ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar)

☐	Tanımlamalar azalır, ölçüler isimler ortadan kalkar. Tasarım ürünü kendini tanıtır hale gelir.	11
☐	Kullanılan programa başlangıçta bir "kütüphane" tanımlamak gerekir. "Havuz" oluşukça tanımlamalar azalır.	4
☐	Üretim için gerek kalmaz ama sürecin diğer evrelerinde (kontrol, ruhsat...) tanım ve ölçü gerekir.	5
☐	Farklı bir dil veya format ile tanımlama yapmak gerekir.	12
☐	Modelin net bir şekilde tanımlanması; yazıcının anlayabilmesi ve doğru üretebilmesi açısından günümüz teknolojilerinden daha önemli hale gelir.	3

21. Var olan disiplinlerin devamlılığı ve aralarındaki iletişim

(Mimar, İnşaat mühendisi, Makine mühendisi gibi farklı meslekler devamlılığını sürdürür mü? Yoksa bir mesleki bütünleşmeyle beraber tüm konulara hâkim 'tek akıl(yapay zeka/insan)' binayı başından sonuna tasarlayabilir mi?)

☐	Farklı disiplinler varlığını korur, aralarında güçlü bir iletişim dili kurulur.	10
☐	Bütüncül bir tasarım süreci gerekeceği için verilerin aktarıldığı "tek akıl(yapay zeka)" a doğru yönelim oluşur. Ama tasarımcı ve kontrolör olarak Mimar rolünü korur.	10
☐	Farklı disiplinler varlığını korur, ek disiplinler gelişebilir ama hepsini yöneten bir "akıl/yönetici/mimar" olacaktır.	6
☐	Teknolojinin ilk zamanlarında programlara tanımlama yapmak, geliştirmek ve kontrolünü sağlamak için farklı disiplinlerin varlığını sürdürmesi gerekir.	4
☐	Disiplinler birleşerek azalabilir ama bire inmez.	5

Teşekkürler...

EK K - Delfi Çalışması Sonuçlarına göre Yapımda 3B Baskı Teknolojisi Kullanımının Mimari Yapıma Yönelik Ayrıntıda Tasarım Süreçlerine Olası Etkileri ile İlgili Ayrıntılı İnceleme

H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 – yapı elemanı tasarımı ve malzeme seçimi destek aracı:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının, H.F.O. Müller & VDI 2221, 2222 destek aracının bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 4 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin olduğu belirlenmiştir:

1. Problemin tanımlanması: Çevresel faktörlerin tanımlanması ve bir ihtiyaç listesinin hazırlanması. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
2. Konsept tasarımın belirlenmesi: İşlevlerin düzenlenmesi, prensip çözümlerin bulunması ve konsept çözüm kombinasyonlarının geliştirilmesi. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
3. Tasarım: Konsept çözümünün form, malzeme ve boyut kararlarıyla uygulanabilir hale dönüştürülmesi. ✓ **bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 3, 6, 8, 12, 14, 16, 17 ve 19. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması soruları” ve “derlenmiş sonuçlar”:

3	Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma “Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”	»	S3	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
6	İklim ve çevre verilerini göz önünde bulundurma “Günümüz teknolojilerine göre uygulama projesi aşamasında tasarım yaparken göz önünde bulundurduğumuz iklim ve çevre verileri 3B baskı teknolojisi için tasarım girdisi olmaya devam eder mi? Göz önünde bulundurulma biçimi, şartlara karşı (yağmur, güneş, rüzgâr, vb.) alınan önlemler değişir mi?”	»	S6	İklim ve çevre verileri tasarım girdisi olarak göz önünde bulundurulmaya devam eder.
8	Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları “Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?”	»	S8	Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.

12	Tasarım sürecindeki yaratıcılık <i>3B baskı teknolojisi, tasarımcıların tasarım sürecinde yaratıcı olmaları ve özgün tasarımlar oluşturmaları açısından teşvik eder mi? ya da kısıtlar mı? a. bütüncül mimari tasarım b. detay tasarımı</i>	»	S12	Yaratıcı fikre açık olan tasarımcılar için hem mimari hem detay ölçeğinde yaratıcılığı artırır.
14	Katman sırasını belirleme <i>"Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb."</i>	»	S14	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.
16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>"Doğrmanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb."</i>	»	S16	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.
17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme <i>"Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması"</i>	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.
19	Sistemlerin (servis sist., taşıyıcı sist., yapı elemanı sist.) birbirleriyle kolay bir şekilde entegre edilebilmesi <i>"Tasarımın ilk aşamalarından itibaren sistemlerin arasındaki uyumun göz önünde bulundurulması gerekir mi?"</i>	»	S19	Bütüncül bir tasarım anlayışı olduğu için sistemlerin ön tasarım sürecinden itibaren entegre edilmesi günümüze göre daha da önemli hale gelir.

4. İnşaat Faaliyetleri: Üretim süreci için inşaat çözümlerinin tanımlanması, her bir parçanın ve alanın şekli, malzemesi, boyutları, yüzey özellikleri, imalat ve montajı hakkında ayrıntılı kararların alınması. ✓ **bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 2, 4, 5, 15 ve 20 satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması soruları” ve “derlenmiş sonuçlar”:

2	Yapım süreci bağlamında yapım aşamalarının tanımlanması. <i>"İstenen detayın üretilmesi için günümüzdeki gibi üretim aşamalarının detaylı şekilde tanımlanması gerekir mi? tanımlamalar nasıl değişir?"</i>	»	S2	İlk zamanlarda gerekir, ilerleyen süreçlerde yazıcıda tanım havuzları doldukça daha az tanımlanır.

4	Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması. “Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?”	»	S4	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.
5	Yapılabilirlik kavramının “sahada yapılabilirlik” ten “yazıcı yapılabilirliği” ne dönüşmesi “Günümüzde göz önünde bulundurulana saha şartları, işçilik vb. yapılabilirlik kriterleri yerini yazıcının yapılabilirliğine bırakır mı?”	»	S5	"Yazıcı yapılabilirliği" önemli hale gelir ama "sahada yapılabilirlik" kriterleri az da olsa varlığını sürdürür.
15	Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği “Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.”	»	S15	Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturamaz.
20	Sonuç tasarım ürününün üretimi için insana/robota sunulması arasındaki fark “ölçüler, isimlendirmeler, tanımlar”	»	S20	Farklı bir dil veya format ile tanımlama yapmak gerekir.

M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer - yapı elemanlarında seçenek üretimi ve değerlendirilmesi aracı:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının, M. Aygün, İ. Çetiner, C. Göçer tasarım destek aracının bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 8 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin oluştuğu belirlenmiştir:

1. Performans isteklerinin yapı modeli çerçevesinde belirlenmesi: Örneğin; can ve mal güvenliği, enerji korunumu, konfor koşulları vb. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
2. İsteklerin, bileşen işlevleri ile özdeşleştirilmesi: Örneğin; her elemanın güvenlik açısından gerekli taşıyıcılık özelliğine ve yangın direncine sahip olması; enerji korunumu açısından yeterli ısı geçirimsizliğinin bulunması vb. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
3. İşlevleri sağlayabilecek bileşenlerin belirlenmesi: Örneğin; taşıyıcılık için kolon ve kirişler, enerji korunumu için ısı yalıtımı katmanı vb. ✓ **bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 18. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

18	Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği “Teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, bir malzemeye birden fazla işlev yükleme”	»	S18	Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur.

4. Olası bileşen katmanlaşmalarının oluşturulması: Örneğin; soğuk, sıcak ve ters çatılar vb. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 14. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

14	Katman sırasını belirleme “Isı yalıtımının iç/dışta olması, su yalıtımının ısı yalıtımına göre konumu vb.”	»	S14	Katmanlaşmada bir azalma olabilir ama sırası önemini korur ve günümüzde olduğu gibi tasarımcı karar verir.

5. Bileşen seçeneklerinin tanımlanması: Örneğin; taşıyıcının betonarme, çelik veya ahşap, ısı yalıtımının lif, şilte veya levha olması vb. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 17. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme “Genleşme farlılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirirse de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.

6. Eleman seçeneklerinin kombinezon yoluyla elde edilmesi ✓ hemen hemen etkisi yok
7. Uyumsuz bileşen içeren seçeneklerin elenmesi ✓ hemen hemen etkisi yok
8. Bileşen işlevleri yönünden seçeneklerin değerlendirilmesi ✓ hemen hemen etkisi yok

M.C. Altun, I.Türkay – 4+9 detay tasarımı destek aracı:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının, M.C. Altun, I. Türkay tasarım destek aracının bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 13 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin olduğu belirlenmiştir.
Bina ölçeği:

1. Taşıyıcı sistem ile ilgili kararlar: Taşıyıcı tipi ve malzemesi, kütle kurgusu ve mekan organizasyonu göz önünde bulundurulur. ✓ hemen hemen etkisi yok

2. Yapı ile ilgili kararlar: İskelet, panel, örme, kalıp içine dökme. **X (bu aşama ortadan kalkar)**
3. Yapım ile ilgili kararlar: Yerinde yapım, ön üretim, karma. **✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 1. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuçları”:

1 Yapım yöntemine karar verme (ön üretim/yerinde yapım) <i>“Günümüzde yapım yöntemine karar verirken göz önünde bulundurduğumuz birleşim kolaylığı, birleşim toleransı, kalite kontrol kolaylığı, lojistik kriterleri 3B baskı teknolojisi için geçerliliğini sürdürür mü?”</i>	»	S1 S1A- Kullanılan malzeme ve yazıcının kapasitesine göre yeni kriterler eklenir. S1B- 3B baskı teknolojisinde kalite kontrolü üretim yerine göre az farklılık gösterir. S1C- Büyük ölçekli seri üretim ürünlerin fabrikada üretimi, küçük ve özgün ürünlerin yerinde üretimi tercih edilir.

4. Görsel etki ile ilgili kararlar: Opak yüzeyler, renk, doku, parlaklık, derz miktarı/düzeni. **✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 8. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

8 Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları <i>“Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?”</i>	»	S8 Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.

Detay ölçeği:

1. Beklenen öncelikli performanslar: Performans listelerinde, çevresel etmenler, kullanıcı gereksinimleri, yapı-fiziksel olaylar göz önünde bulundurulur. **✓ hemen hemen etkisi yok**
2. Beklenen performansların bağıl öneme göre sıralanması: Belirlenen performansların üçlü skala ile sınıflandırılması: çok önemli/önemli/az önemli. **✓ hemen hemen etkisi yok**
3. Jenerik katmanların belirlenmesi: yapı elemanından beklenen performansı ve “görsel etkiyi” karşılamak üzere jenerik katman(lar)ın belirlenmesi ve yalıtımlar katmanının ayrıntılandırılması. **✓ hemen hemen etkisi yok**
4. Birden fazla katmanın bir performansı/ bir katmanın birden fazla performansı karşılaması ile ilgili karar. **✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 18. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

18	Karmaşık malzemelerin kullanılabilirliği “Teknolojiyle beraber malzeme gelişiminin gerekliliği, bir malzemeye birden fazla işlev yükleme”	»	S18	Teknolojinin gelişimi yeni malzeme arayışlarına sebep olur.

5. Jenerik katmanların sırasının düzenlenmesi: Katmanların birbirine göre konumunun düzenlenmesi. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
6. Katmanlara malzeme atanması: Beklenen performansı ve görsel etkiyi karşılamak üzere katmanlara malzeme atanması. ✓ **bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 17. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme “Genleşme farlılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.

7. Katmanların yük aktarma düzeninin belirlenmesi: Hangi katman/bileşenin hangi katman/bileşen tarafından taşındığının belirlenmesi ve gerekliyse ek bileşen eklenmesi. ✓ **bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 16. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı “Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.”	»	S16	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.

8. Katman/bileşenlerin birbirine “tutturulma” yöntemi ile ilgili karar: Malzeme özelliklerine bağlı olarak yük aktarıcı birleştirme tekniğinin belirlenmesi. ✓ **hemen hemen etkisi yok**
9. Yapı elemanı-bina taşıyıcı sistem ilişkisinin kurulması: Yük aktarma düzeninin, bağlantı yönteminin, biçimsel/konumsal ilişkilerin belirlenmesi. ✓ **hemen hemen etkisi yok**

S. Emmitt , J. Olie , P. Schmid , 9+1 adımlı detay tasarım yöntemi:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının, S. Emmitt , J. Olie , P. Schmid tasarım yönteminin bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 10 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin olduğu belirlenmiştir:

1. Ana bileşenlerin süreksizliğinin belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
2. İşlevsel sürekliliğin ve gerekli ek bileşenlerin belirlenmesi. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 16. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>“Doğramanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.”</i>	»	S16	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.

3. Birleştirilen parçaların ve bağlantı yönlerinin belirlenmesi. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 4. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

4	Yapım süreci bağlamında birleştirilen parçaların hangi sırayla ve hangi yönden birleştirileceğinin tanımlanması. <i>“Yapım aşamasının planlanması, detayın yapım gözetilerek geliştirilmesi ve bunun tanımlanması gerekir mi?”</i>	»	S4	Birleşimler azalacağı için tanımlamalar da azalacaktır ama tamamen yok olmaz.

4. Eklenen bileşenlerin ve birleştirilen parçaların boyutlarının ve konumlarının belirlenmesi. ✓ (2. ve 3. aşama ile ilişkili)
5. Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin ön biçimlerinin belirlenmesi. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 15. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

15	Birleştirilen parçaların birbirleriyle uyumlu olması için önceden biçim verilme gerekliliği <i>“Metal kaplamanın önceden bükülmesi, panellerde geçmelerin kullanımı vb.”</i>	»	S15	Baskı sonucu bitmiş üründür, parçalı üretim var ise ön biçim gereklidir çünkü yerinde biçim oluşturmaz.

6. Bileşenlerin bağlantı yüzeylerinin son biçimlerinin belirlenmesi. ✓ (5. aşama ile ilişkili)
7. Önlem amaçlı biçimlerin belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
8. Biçimsel düzeltmelerin belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
9. Bileşenlerin birincil ve ikincil kesitlerinin belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
10. (9+1) Geliştirilen çözüm için optimum özellikleri karşılayan malzemenin seçimi. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 17. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme “Genleşme farlılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.

E. Allen – “detay kalıpları” yöntemi:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının, E. Allen tasarım yönteminin bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 5 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin oluştuğu belirlenmiştir:

1. Detay kalıplarının seçilmesi. ✗ (bu aşama ortadan kalkar)

Çizelge 6.1’de, 11. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

11	Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme “Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?”	»	S11	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.

2. Performans standartlarının belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
3. Geliştirilecek detay noktalarının belirlenmesi. ✓ hemen hemen etkisi yok
4. Malzeme, strüktür ve biçim ön kararlarının verilmesi. ✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir

Çizelge 6.1’de, 3, 8 ve 17. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması soruları” ve “derlenmiş sonuçları”:

3	Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma “Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”	»	S3	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.
8	Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları “Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşulamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?”	»	S8	Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.
17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme “Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.

5. Seçilen detay kalıplarıyla birlikte detayın geliştirilmesi. **X (1. aşama ile ilişkili)**

P. Rich, Y. Dean – yapı elemanı tasarımı ilkeleri:

Yapımda 3B baskı teknolojisi kullanımının P. Rich, Y. Dean tasarım destek aracının bölüm 3.2’de tanımlanmış olan 5 ana alt süreci, Delfi çalışmasının sonuçları ile ilişkilendirildiğinde aşağıda sıralanan değişimlerin olduğu belirlenmiştir:

1. Kullanıcı gereksinimlerinin ve iklim koşullarının değerlendirilmesi. **✓ hemen hemen etkisi yok**
2. Malzeme kararları ve bütünsel tasarıma yönelik eskiz çizimleri. **✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 3, 8, 9 ve 17. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması soruları” ve “derlenmiş sonuçları”:

3	Yapım süreci bağlamında standartlaşma/sadeleşmeye ihtiyaç duyma “Günümüz teknolojileri için, sağladığı kolaylık ve avantajlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan standartlaşma 3B baskı için de kolaylaştırıcı bir etken midir? yoksa standartlaşmaya ihtiyaç kalmaz mı?”	»	S3	Standartlaşmanın sağladığı avantajlar ve malzeme dayanımı doğrultusunda standartlaşmaya ihtiyaç duyulur.

8	Teknolojiden kaynaklı tasarım/estetik sınırlamaları <i>“Günümüzdeki teknolojilerden kaynaklı tasarım kısıtları devam eder mi? nasıl evrilir? her teknolojinin aşılamayan belirli tasarım sınırlamaları olur mu?”</i>	»	S8	Tasarım sınırları genişler ama tamamen yok olmaz.
9	Tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları <i>“Model, maket, eskiz çizimi gibi yardımcı tasarım araçları kullanılmaya devam eder mi? kullanım yoğunlukları nasıl değişir?”</i>	»	S9	S9A- Eskiz çizimi günümüzdeki gibi kullanılmaya devam eder. S9B- Baskı teknolojisiyle maket yapımı kolaylaşacağı için günümüzdekinden daha çok kullanılır.
17	Seçilen malzemelerin birbiriyle uyumunu göz etme <i>“Genleşme farklılıkları, metallerin galvanik korozyon sebebiyle bir arada kullanılamaması”</i>	»	S17	Gelişen teknoloji var olan sorunların bazılarını çözüm getirir de farklı malzemeler kullanıldığında uyum her zaman göz önünde bulundurulur.

3. Yapı elemanı kavramsal detay seçimi. **X (bu aşama ortadan kalkar)**

Çizelge 6.1’de, 11. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

11	Hâlihazırda geliştirilmiş olan detay kullanımı/projeye özgü detay geliştirme <i>“Malzeme üreticilerinin önerdiği, tamamlayıcı katmanları bulunan, garanti sundukları detayların veya tasarımcının daha önce geliştirdiği standart detayların kullanımı ile projeye özgü, özgün detay geliştirmek arasında ekonomik, süre gibi kriterler açısından avantaj farkı olur mu?”</i>	»	S11	Baskı teknolojisi projeye özgü detay geliştirmeye teşvik eder.

4. Kavramsal detaydan yeni detayın geliştirilmesi. **X (1. aşama ile ilişkili)**

5. Geliştirilen detayların birleşim detaylarının oluşturulması. **✓ bu aşamada göz önünde bulundurulacak sonuçlar aşağıda verilmiştir**

Çizelge 6.1’de, 16. satırda bulunan “tasarım alt süreci ve ilişkili Delfi çalışması sorusu” ve “derlenmiş sonuç”:

16	Bir işlevin devam edebilmesi için ek parça kullanımı <i>“Doğrmanın yük aktarımı için kör kasa kullanımı, saçak altında su yalıtımının devam edebilmesi için kör kaplama ile kapatılması vb.”</i>	»	S16	Üretimden kaynaklı hatalar azalır ve bileşenler kendi içlerinde geometrik olarak farklılaşarak bu gereksinimi karşılar böylece ek parça neredeyse hiç kullanılmaz.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Sühan ARTUĞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.02.1993 / İSTANBUL
E-posta : artg.suhan@hotmail.com, artugs@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2020, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2017-2018 Eğitim-Öğretim Yılında İstanbul Bilgi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Malzemeleri ve Teknolojileri Dersinde Yarı Zamanlı Öğretim Görevlisi olarak görev almıştır.
- Nisan 2019'dan itibaren, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev almaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

- **Artuğ, S & Altun, M. C.** (2019). 3 Boyutlu Baskı Teknolojisinin Bina Üretiminde Kullanım Olanaklarının Güncel Örnekler Üzerinden İncelenmesi. *4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry*. Antalya, Türkiye, 11-14 Nisan.