GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

ENDÜSTRİYEL TASARIM EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Damla AKDAŞ

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Damla AKDAŞ
12/06/2023

ENDÜSTRİYEL TASARIM EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

(Doktora Tezi)

Damla AKDAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

Tasarım sürecinde kavramsallaştırma aşaması, tasarımcının hızlı ve esnek bir şekilde çok sayıda ürün konsepti oluşturduğu yaratıcı ve yinelemeli bir süreçtir. Tasarım eğitiminde ve uygulamalarında da özellikle üç boyutlu çizim ve modelleme araçlarının kullanımı, tasarım sürecinin sağlıklı işleyebilmesini sağlayarak tasarım eğitiminin kalitesini artırır. Ancak, söz konusu aşamada bilgisayar destekli tasarım araçları genellikle tasarımcının ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamaz. Sanal gerçeklik teknolojileri, iki boyutlu ekranlar ve ara yüzlerle sınırlı kalmak yerine tasarımcılara etkileşimli ve sürükleyici bir üç boyutlu deneyim sunarak ve gerçek boyutlu görselleştirme sağlayarak, tasarımcıların geometriyi tam olarak anlamalarını kolaylaştırır. Nesneler doğrudan üç boyutta algılanıp deneyimlendiği için uzamsal ilişkiler ve buna bağlı olarak tasarım fikirleri geleneksel yöntemlere göre daha iyi ve daha hızlı anlaşılabilir. Literatürde sanal gerçeklik teknolojilerinin endüstriyel tasarım eğitimde kullanımına yönelik çalışmaların sınırlı olduğu ve tasarım aşamasının son evrelerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmada sanal gerçeklik uygulamaları için bir uzaktan eğitim modeli kurgulayarak söz konusu teknolojilerin kavramsal tasarım evresinde kullanımının alternatif sayısı, çeşitlilik, yenilik ölçekleri ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerinden bilgisayar destekli tasarım araçları ile karşılaştırılarak avantajlarının ortaya konması ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda söz konusu teknolojilerin endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili çıkarımlarda bulunulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda kurgulanan çalışmada literatür taramasını takiben ön araştırma ve ana çalışma olmak üzere iki aşamalı bir süreç yürütülmüştür. Toplamda 23 katılımcı ile Fusion 360 ve Gravity Sketch sanal gerçeklik uygulaması karşılaştırılarak yürütülen araştırma sonucunda, Gravity Sketch uygulamasının birçok avantajı ortaya konmuş ve endüstriyel tasarım eğitimine etkin bir şekilde dahil edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bilim Kodu	:	80308
Anahtar Kelimeler	:	Sanal gerçeklik, endüstriyel tasarım eğitimi, kavramsal tasarım süreci, uzaktan eğitim
Sayfa Adedi	:	237
Danışman	:	Prof. Dr. Alper ÇALGÜNER

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE USE OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL DESIGN EDUCATION

(Ph. D. Thesis)

Damla AKDAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2023

ABSTRACT

The conceptualization phase in the design process is a creative and iterative process where the designer quickly and flexibly creates multiple product concepts. The use of three-dimensional drawing and modeling tools in design education and applications increases the quality of design education by ensuring that the design process can function properly. However, at this stage, computer-aided design tools often cannot fully meet the designer's needs. Instead of being limited to two-dimensional screens and interfaces, virtual reality technologies make it easier for designers to fully understand geometry by providing an interactive and immersive three-dimensional experience and life-size visualization. Since objects are perceived and experienced directly in three dimensions, spatial relationships and design ideas can be understood better and faster than traditional methods. In the literature, it is seen that the studies on the use of virtual reality technologies in industrial design education are limited and concentrate on the last stages of the design phase. In this study, by constructing a distance education model for virtual reality applications, the use of these technologies in the conceptual design phase is compared with computer aided design tools over the number of alternatives, diversity, innovation scales and cognitive design actions and types of design thinking. It is aimed to make inferences about the integration of technologies into industrial design education. In the study, which was designed for this purpose, a three-stage process was carried out for the preliminary and main studies, following the literature review. As a result of the research conducted by comparing Fusion 360 and Gravity Sketch virtual reality application with a total of 23 participants, many advantages of the Gravity Sketch application were revealed and it was concluded that it could be effectively included in industrial design education.

Science Code	:	80308
Key Words	:	Virtual reality, industrial design education, conceptual design process, distance education
Page Number	:	237
Supervisor	:	Prof. Dr. Alper ÇALGÜNER

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu uzun ve zorlu süreçte en başından beri anlayışı, sabrı ve hoşgörüsü ile yaşadığım her olumsuz durumda yanımda olan ve desteğini esirgemeyen sevgili tez danışmanım Prof. Dr. Alper ÇALGÜNER'e (Gazi Üniversitesi) katkılarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikimleri ile bana yol gösteren ve tezime katkı sağlayan tez izleme komitesi üyelerim Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN (Gazi Üniversitesi) ve Doç. Dr. Bülent ÜNAL'a (Atılım Üniversitesi), değerli yorumları ile ufkumu açan tez jüri üyelerim Prof. Dr. Aydın ŞIK (Gazi Üniversitesi) ve Doç. Dr. Naz Ayşe Güzide Z. BÖREKÇİ'ye (ODTÜ) şükranlarımı sunarım.

Tez sürecinde deney çalışmalarında katkıda bulunan sevgili meslektaş ve dostlarım Gezin Burçak GÖNENÇ ÖZKAN'a, Ezgi İLHAN'a, Arş. Gör. Merve YAVUZ'a, Arş. Gör. Elif ULU TÜRKMAN'a, Arş. Gör. Hilal ERDEM'e, Arş. Gör. Çisem ERCÖMERT GÖRGÜN'e yanımda oldukları için minnettarlığımı ifade etmek isterim. Tez savunma sürecimde yanımda olan Arş. Gör. Dr. N. Hande KUTBAY'a, Arş. Gör. Saygın YÜCEKULE'ye, Arş. Gör. Atakan BAŞ'a ve Barış GÜR'e teşekkür ederim. Zamanlarını ayırarak tez çalışmama gönüllü olarak katılan tüm katılımcılara da ayrıca teşekkür ediyorum.

Tezimin son aşamalarına geldiğimde kanser olduğumu öğrendim ve bir yıl tedavi sürecinden sonra tezime kaldığım yerden devam ettim. Hayatımın belki de en zor zamanlarını geçirdiğim bugünlerde tezimi tamamlayabilmiş olmanın mutluluğunu yaşıyorum. Tedavi sürecinde yanımda olan tüm dostlarıma ve aileme sonsuz teşekkür ediyorum. İyi ki varsınız.

Ayrıca tez sürecinde Covid-19 pandemisi ortaya çıkmış ve laboratuvar ortamında başlanan çalışmalara bir süre ara verilmiştir. Çalışma yeniden kurgulanarak tüm deney ve değerlendirme aşamaları COVID-19 pandemisine uygun olacak şekilde yeniden kurgulanmış ve tamamlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xii

RESİMLERİN LİSTESİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xv

1. GİRİŞ 1

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE 7

2.1. Sanal Gerçeklik 7

2.1.1. Sanal gerçeklik tanımı 7

2.1.2. Sanal gerçekliğin gelişimi 9

2.1.3. Sanal gerçeklik sistemlerinin sınıflandırılması 10

2.1.4. Sanal gerçeklik uygulamaları 14

2.1.5. Sanal gerçeklik deneyiminin temel unsurları 17

2.2. Endüstriyel Tasarımda Sanal Gerçeklik 21

2.2.1. Sanal gerçeklik ve yaratıcılık 26

2.2.2. Ürün tasarımı için sanal gerçeklik uygulamaları 28

2.3. Endüstriyel Tasarımında Kavramsal Tasarım Evresi 30

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ 37

3.1. Araştırmanın Amacı ve Aşamaları 37

3.2. Ön Araştırma 39

3.2.1. Ön araştırma - Oculus Quest Sanal gerçeklik gözlüğü ve Gravity Sketch eğitimi 42

Sayfa

3.2.2. Ön araştırma - deney prosedürü 47
3.2.3. Ön araştırma - deney analizi 49
3.2.4. Ön araştırma - deney sonrası anketler ve görüşme 49
3.3. Ana Çalışma 52
3.3.1. Ana çalışma - Oculus Quest Sanal Gerçeklik gözlüğü ve Gravity Sketch uzaktan eğitimi 54
3.3.2. Ana çalışma - deney prosedürü 65
3.3.3. Ana çalışma - deney analizi 66
3.3.4. Ana çalışma - deney sonrası anketler ve görüşme 74
4. BULGULAR 81
4.1. Ön Araştırma Bulguları 81
4.1.1. Görüşme bulguları 81
4.1.2. Anket bulguları 81
4.1.3. Deney bulguları 83
4.2. Ana Çalışma Bulguları 91
4.2.1. Ön anket bulguları 91
4.2.2. Son anket bulguları 97
4.2.3. Görüşme bulguları 120
4.2.4. Deney bulguları 124
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 173
KAYNAKLAR 183
EKLER 207
EK-1. Ön Anket - BDT ve SG Farkındalık Anketi 208
EK-2. Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği 210
EK-3. Simülatör Rahatsızlığı Anketi 220
EK-4. Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği 221

Sayfa

EK-5. Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi 223

EK-6. Görüşme soruları 227

EK-7. Tasarım çalışması değerlendirme formu 228

ÖZGEÇMİŞ 236

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. 1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin kullanılan SG teknolojileri ve kategorilere göre dağılımı 22

Çizelge 3.1. Ön araştırma – deneyler 49

Çizelge 3.2. Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeler 51

Çizelge 3.3. Katılımcı bilgileri ve Fusion 360 kullanma becerileri 53

Çizelge 3.4. Gravity Sketch Çizim ve Modelleme Uzaktan Eğitimi Ders ve Deney Programı 55

Çizelge 3.5. Ana çalışma – deneyler 66

Çizelge 3.6. Bilişsel tasarım eylem kategorileri 71

Çizelge 3.7. Iraksak ve yakınsak düşünme türlerinin nitelikleri 71

Çizelge 4.1. Bilgisayar sistemi kullanılabilirlik anketi verileri 82

Çizelge 4.2. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri 83

Çizelge 4.3. Yenilik ölçeği 84

Çizelge 4.4. Çeşitlilik ölçeği 84

Çizelge 4.5. Ön araştırma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri 84

Çizelge 4.6. Son ürün değerlendirme verileri 86

Çizelge 4.7. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler 89

Çizelge 4.8. SOBÖ anket verileri ortalamaları, mod ve standart sapmaları 98

Çizelge 4.9. Katılımcıların SOBÖ toplam puanları ve ortalamaları 100

Çizelge 4.10. Katılımcıların SRA toplam puanları ve ortalamaları 101

Çizelge 4.11. Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi verileri 103

Çizelge 4.12. Güvenilirlik istatistikleri 105

Çizelge 4.13. Öğe-toplam istatistikleri 105

Çizelge 4.14. Katılımcıların verdiği puanların ortalamaları, mod ve standart sapmaları 119

Çizelge 4.15. Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili görüşler 120

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.16. Tekrarlama sıklığına göre GS ve Fusion 360 arasındaki farklılıklar 121
Çizelge 4.17. Yenilik ölçeği Kendall W uyum katsayısı 125
Çizelge 4.18. Çeşitlilik ölçeği Kendall W uyum katsayısı 125
Çizelge 4.19. Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri 126
Çizelge 4.20. Son ürün değerlendirme verileri 146
Çizelge 4.21. Vazo tasarımı (TÇ 1) alternatif sayıları verileri 149
Çizelge 4.22. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) alternatif sayıları verileri 150
Çizelge 4.23. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) alternatif sayıları verileri 150
Çizelge 4.24. Tasarım çalışmaları alternatif sayıları verileri 150
Çizelge 4.25. Tasarım çalışmalarında kullanılan modelleme komutları ve sayıları 151
Çizelge 4.26. Vazo tasarımı (TÇ 1) yenilik ölçeği verileri 156
Çizelge 4.27. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) yenilik ölçeği verileri 156
Çizelge 4.28. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) yenilik ölçeği verileri 156
Çizelge 4.29. Tasarım çalışmaları yenilik ölçeği verileri 157
Çizelge 4.30. Vazo tasarımı (TÇ 1) çeşitlilik ölçeği verileri 158
Çizelge 4.31. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) çeşitlilik ölçeği verileri 158
Çizelge 4.32. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) çeşitlilik ölçeği verileri 159
Çizelge 4.33. Tasarım çalışmaları çeşitlilik ölçeği verileri 159
Çizelge 4.34. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Vazo tasarımı) 160
Çizelge 4.35. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Vazo tasarımı) 162
Çizelge 4.36. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Vazo tasarımı) 164
Çizelge 4.37. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Vazo tasarımı) 165
Çizelge 4.38. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı) 166
Çizelge 4.39. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı) 168
Çizelge 4.40. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Aydınlatma tasarımı) 171
Çizelge 4.41. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Aydınlatma tasarımı) 171

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 1.1.	Tezin yapısı	4
Şekil 2.1	Karma gerçeklik, soldaki gerçeklikten sağdaki sanallığa	9
Şekil 2.2	SG sistemleri taksonomisi	11
Şekil 2.3	1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin kullanılan teknoloji ve kategorilerine göre sayıları	24
Şekil 2.4.	Ürün tasarım ve geliştirme süreci	30
Şekil 2.5	Kavramsal tasarım süreci	32
Şekil 3.1.	Araştırmanın aşamaları	38
Şekil 3.2.	Ön araştırma aşamaları	39
Şekil 3.3.	Ana çalışma aşamaları	52
Şekil 3.4.	Ana çalışma - Oculus Quest SG gözlüğü ve GS uygulaması uzaktan eğitim ve deney süreci aşamaları	54
Şekil 4.1.	Fusion 360 ve GS ile üretilen alternatif sayıları	87
Şekil 4.2.	Fusion 360 ve GS ile üretilen ürünlerin yenilik ölçeği puanları	87
Şekil 4.3.	Fusion 360 ve GS ile üretilen ürünlerin çeşitlilik ölçeği puanları	88
Şekil 4.4.	Bilişsel Tasarım Eylem Kodları Veri Grafiği	90
Şekil 4.5.	Katılımcıların verilen çizim ve modelleme araçları ile ilgili yeterlilik seviyelerine verdikleri puanların ortalamaları	92
Şekil 4.6.	Katılımcılardan verilen donanımları tasarım süreçlerinde kullanma sıklığına göre verdiklerin puanların ortalamaları	93
Şekil 4.7.	Katılımcıların “Sanal gerçekliğin ne olduğunu biliyor musunuz?” sorusuna verdikleri cevapların dağılımı	93
Şekil 4.8.	Katılımcıların sanal gerçekliği öğrenme yollarına verdikleri cevapların dağılımı	94
Şekil 4.9.	Katılımcıların “Sanal gerçekliği hiç deneyimlediniz mi?” sorusuna verdikleri cevapların dağılımı	95

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.10. Katılımcıların "Sanal gerçeklik uygulamalarının tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna verdikleri cevapların dağılımı 96

Şekil 4.11. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri dağılımı 102

Şekil 4.12. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri ortalamalarının dağılımı..... 102

Şekil 4.13. "Bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladığımı düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 106

Şekil 4.14. "Bu aracı kullanırken daha üretken olduğumu düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 107

Şekil 4.15. "Bu araç fikirlerimi görselleştirirken beni daha az sınırlandırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 107

Şekil 4.16. "Bu araç fikirlerimi daha hızlı görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 108

Şekil 4.17. "Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 108

Şekil 4.18. "Bu araç fikrimi ayrıntılandırmama katkı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 109

Şekil 4.19. "Bu araç 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 109

Şekil 4.20. "Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 110

Şekil 4.21. "Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 111

Şekil 4.22. "Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 111

Şekil 4.23. "Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 112

Şekil 4.24. "Bu araç ürünün perspektifini daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı..... 112

Şekil 4.25. "Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 113

Şekil 4.26. "Bu araç ürünü estetik açıdan daha iyi değerlendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 113

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.27. "Bu araç tasarladığım ürünün son biçimini belirlememi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 114

Şekil 4.28. "Bu araç beni dış uyaranlardan yalıtarak daha iyi odaklanmamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 114

Şekil 4.29. "Bu aracın elle ve BDT programları ile çizilmesi zor olan şekillerin çizimini kolaylaştırdığını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 115

Şekil 4.30. "Bu aracın fiziksel model yapma gerekliliğini ortadan kaldırabileceğini düşünüyorum. "ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 115

Şekil 4.31. "Bu aracın çizim ve modelleme becerilerimi geliştireceğini düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 116

Şekil 4.32. "Bu aracın 3 boyutlu algılama ve kurgulama becerimi geliştireceğini düşünüyorum. "ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 116

Şekil 4.33. "Bu aracın tasarlama hızımı artıracağını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 117

Şekil 4.34. "Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 117

Şekil 4.35. "Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 118

Şekil 4.36. "Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı 118

Şekil 4.37. Fusion 360 ve GS alternatif sayıları toplam..... 148

Şekil 4.38. Fusion 360 ve GS alternatif sayıları ortalamaları 149

Şekil 4.39. Fusion 360 ve GS yenilik ölçeği ortalamaları..... 155

Şekil 4.40. Fusion 360 ve GS çeşitlilik ölçeği ortalamaları 157

Şekil 4.41. Bilişsel tasarım eylem kodları veri grafiği 163

Şekil 4.42. Tasarım düşüncesi türlerine göre veri grafiği (Vazo tasarımı) 166

Şekil 4.43. Bilişsel Tasarım Eylem Kodları Veri Grafiği (Aydınlatma tasarımı)..... 170

Şekil 4.44. Tasarım düşüncesi türlerine göre veri grafiği (Aydınlatma tasarımı)..... 172

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1 Sensorama 9

Resim 2.2. a) Oculus Quest b) HTC Vive Focus 12

Resim 2.3. VisCube™ M4 CAVE sistemi 14

Resim 2.4. OSSO VR SG Uygulaması 16

Resim 2.5. Oculus Medium ile oluşturulmuş Spock modeli 28

Resim 2.6. Tilt Brush uygulamasının moda tasarımında kullanımı 29

Resim 2.7 Alex Hodge tarafından Gravity Sketch kullanarak tasarlanmış motosiklet tasarımı 30

Resim 2.8. Görsel unsurlara dayalı form evrimi 34

Resim 3.1. Oculus Quest SG Gözlüğü 40

Resim 3.2. Ön araştırma katılımcıları laboratuar ortamında "First Steps" uygulamasını deneyimlerken 43

Resim 3.3. Ön araştırma katılımcılar GS eğitiminde modelleme yaparken 43

Resim 3.4. Ön araştırma katılımcıları GS eğitimi sırasında yaptıkları modellemelerden örnekler 44

Resim 3.5. Oculus Quest First Steps uygulaması 57

Resim 3.6. Ana çalışma GS eğitimlerinden örnek görüntüler 57

Resim 3.7. GS eğitim videoları 58

Resim 3.8. Araştırmacı tarafından hazırlanan eğitim videolarından ekran görüntüleri 59

Resim 3.9. LandingPad ekran görüntüsü 60

Resim 3.10. Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri 60

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AG	Artırılmış Gerçeklik
CAVE	Mağara Otomatik Sanal Ortam
GS	Gravity Sketch
HMD	Head-mounted Display
KG	Karma Gerçeklik
SG	Sanal Geçeklik
SOBÖ	Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği
SRA	Simülatör Rahatsızlığı Anketi

1. GİRİŞ

Tasarım "sezgi, hayal gücü ve yaratıcılık gibi pek çok soyut öğe" de dâhil olmak üzere çeşitli bilişsel yetenekleri içeren karmaşık, çok yönlü bir problem çözme faaliyetidir (Zeisel, 2006, s. 19). Tasarım aynı zamanda bir fikrin test edilmesi / yeniden test edilmesi ile karakterize edilen ve iki boyutlu veya üç boyutlu formatta birden çok gösterimi devreye sokan yinelemeli bir süreçtir (Ho, Eastman ve Catrambone, 2006). Hem tasarım eğitimi hem de uygulamada, fikirler genellikle iki boyutlu çizimlerle geliştirilir ve üç boyutlu modellerle test edilir. Süreç döngüsel şekilde tekrar edilir; üç boyutlu modellerden alınan geri bildirimler tekrar iki boyutlu gösterimlerle geliştirilir ve kaydedilir (Ingram, 1984). Tasarım fikri sonuçlanıp son ürüne dönüşene kadar bu döngü kendi içerisinde tekrarlanır. Özellikle stüdyo tabanlı tasarım derslerinde bu tasarım döngüsü öğretim elemanları ile birlikte yürütülür. Öğrencilerin tasarım fikirleri final ürüne ulaşana kadar stüdyo kritikleri ile gelişir. Stüdyo kritikleri sırasında öğrenciler ve öğretim elemanları arasındaki iletişim ve iş birliği öğrencilerin geliştirdikleri iki boyutlu (ortografik çizimler, kesit çizimleri vs.) veya üç boyutlu (fiziksel model, üç boyutlu bilgisayar modelleri vs.) sunumlar yoluyla kurulur. Tasarım sürecinde kullanılan özellikle üç boyutlu bu araçlar tasarım sürecinin sağlıklı işleyebilmesini sağlar ve buna bağlı olarak tasarım eğitiminin kalitesini artırır. Dolayısıyla tasarım öğrencilerinin kavramsallaştırma aşaması gibi olabildiğince en erken aşamalarında üç boyutlu araçları kullanmaları fayda sağlamaktadır (Ko, Chang, Chen ve Hua, 2011).

Tasarım sürecinin kavramsallaştırma aşaması, problemi analiz ettikten sonra, tasarımcının fikirlerini verimli ve esnek bir şekilde ifade etmeye çalıştığı, çok sayıda ürün konseptini hızlı bir şekilde oluşturduğu yaratıcı ve yinelemeli bir süreçtir (Kang, Zhong, Qin, Wang ve Wright, 2013). Bu nedenle, tasarımcının geometriyi verimli bir şekilde yorumlayabilmesi ve işleyebilmesi son derece önemlidir. (Asiedu ve Gu, 1998; Berg ve Vance, 2017; Robertson ve Radcliffe, 2009). Ancak, kavramsal tasarım sırasında yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli tasarım (BDT) araçları tasarımcının ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamamaktadır. Çünkü söz konusu araçlar üç boyutlu görselleştirme, verimli geometri manipülasyonu, matematiksel kısıtlamalar içermeme ve basit ara yüz gibi özelliklerden çoğunlukla yoksundur (Hsu ve Liu, 2000; Salzman, Dede, Loftin ve Chen, 1999). Bununla birlikte kendi yerel formatlarında BDT paketleri genellikle tasarımcının masaya bağlı olduğu bilgisayar merkezli araçlardır ve üç boyutlu modellerle etkileşimleri

genellikle fare ve ekran gibi iki boyutlu ara yüzlere dayandığından tasarımcıya net bir uzamsal algı sağlamaz (Shen, Ong ve Nee, 2010). Bu da tasarımcının geometriyi tam olarak anlayabilmesini zorlaştırır.

Sanal gerçeklik (SG) teknolojileri etkileşimli ve sürükleyici bir üç boyutlu deneyim sunan ve gerçek boyutunda görselleştirme sağlayan özelliği ile bu soruna alternatif çözümler sunmaktadır. Söz konusu teknolojiler, iki boyutlu ekranlar ve ara yüzlerle sınırlı kalmak yerine üç boyutlu sanal nesnelerle gerçek zamanlı olarak etkileşime geçilebilecek aktif bir öğrenim ortamı yaratılabilmesini mümkün kılmaktadır (Freeman vd., 2014). SG kullanmanın diğer bir avantajı, tasarım öğrencilerinin geleneksel üç boyutlu modelleme bilgisi olmadan üç boyutlu nesneleri gerçek zamanlı olarak görüp değiştirebilmeleridir. SG ortamında nesneler doğrudan üç boyutta algılanıp deneyimlenerek, uzamsal ilişkiler ve buna bağlı olarak tasarım fikirleri geleneksel yöntemlere göre daha iyi ve daha hızlı anlaşılabilir (Ko vd., 2011; Morton, 2014). Araştırmalar üç boyutlu uygulamaların, kullanıcının zihinsel modelleri daha doğru oluşturmasına izin verdiğini göstermektedir (Casas, Bridi ve Fialho, 1997; Dunston, Wang, Billinghurst ve Hampson, 2003; Rapp, 2005; Van den Broek, Meijer ve Landman, 2010). Ayrıca SG teknolojilerinin üç boyutlu sanal modelleri kullanılacakları gerçek ölçüleriyle görüntülemeye imkân vermesi yinelemeli tasarım sürecinin daha verimli yürütülmesini sağlamaktadır.

Araştırmanın amacı ve soruları

Alan yazını incelendiğinde SG teknolojilerinin endüstriyel tasarım eğitiminde kullanımına ilişkin çalışmaların sınırlı olduğu ve bu çalışmaların genellikle tasarım sürecinin son evreleri olan prototipleme ve değerlendirme evreleri üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür (Bkz. Bölüm 2.1.6). Dolayısıyla bu çalışmada tasarım süreçlerinin erken evrelerinden biri olan kavramsal tasarım evresine odaklanılmıştır. Bu çalışmada, SG uygulamaları için bir uzaktan eğitim modeli kurgulayarak söz konusu uygulamaların kavramsal tasarım evresinde kullanımının alternatif sayısı, çeşitlilik, yenilik ölçekleri ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerinden BDT araçları ile karşılaştırılarak avantajlarının ortaya konması ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda söz konusu teknolojilerin endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili çıkarımlarda bulunulması amaçlanmaktadır.

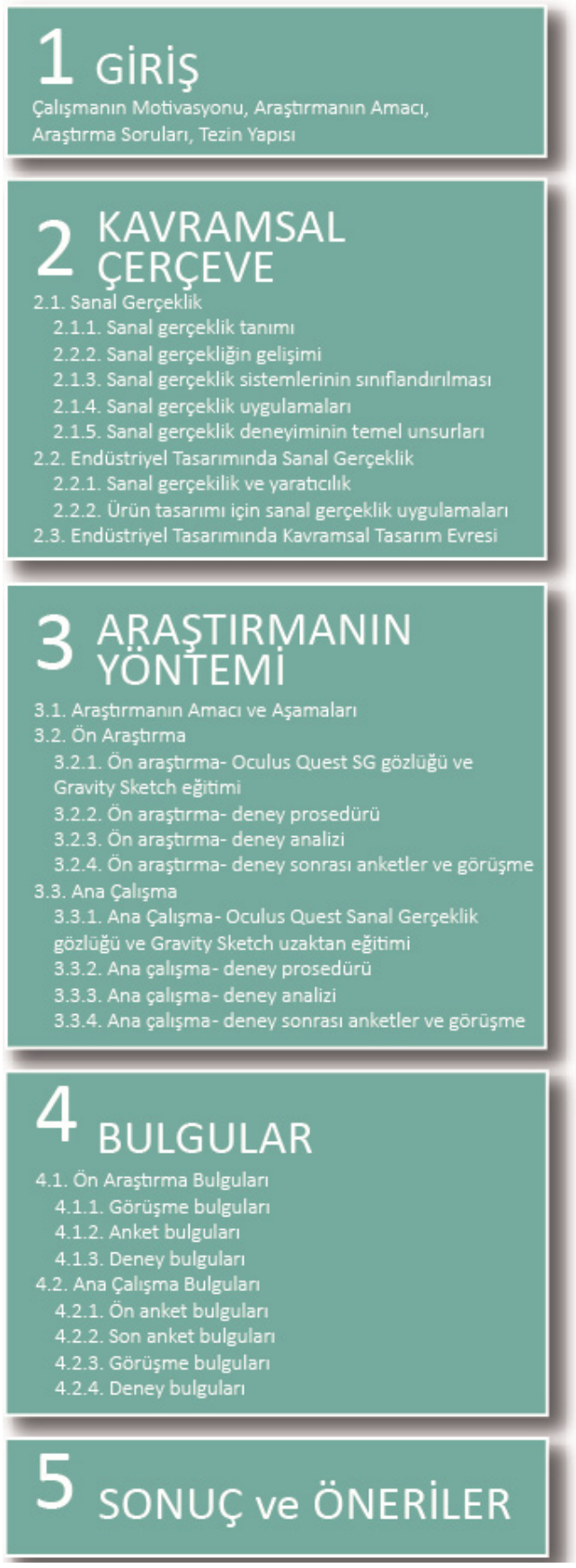
Söz konusu amaçlara yönelik araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- SG tasarım uygulamaları ile BDT araçlarının alternatif sayısı, çeşitlilik ve yenilik ölçekleri açısından farkları nelerdir?
- SG tasarım uygulamaları ile BDT araçlarının bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerine etkileri arasındaki farklar nelerdir?
- SG tasarım uygulamaları ile BDT araçlarının kullanıcı davranışları üzerine etkileri arasındaki farklar nelerdir?
- SG tasarım uygulamalarının endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili geleceğe dair projeksiyonlar neler olabilir?

Tezin yapısı

Beş bölümden oluşan tezin yapısı Şekil 1.1'de sunulmuştur.

- Birinci bölümde çalışmanın motivasyonu, araştırmanın amacı, araştırma soruları ve tezin yapısı sunulmaktadır.
- İkinci bölüm SG teknolojileri ve ürün tasarımında kullanımına yönelik güncel literatürü içermektedir.
- Üçüncü bölümde ön araştırma ve ana çalışma olmak üzere iki aşamalı yürütülen araştırmanın yöntemi, veri toplama ve analiz yöntemlerini de kapsayacak şekilde detayları ile anlatılmaktadır.
- Ön araştırma ve ana çalışma verilerinin analiz sonuçları dördüncü bölüm olan "bulgular" bölümünde sunulmaktadır.
- Son bölüm olan sonuç ve öneriler bölümü, bulguların yorumlanması ve SG teknolojilerinin endüstriyel tasarım eğitiminde kullanımıyla ilgili önerileri içermektedir. Bu bölüm araştırmanın sınırlılıkları ve gelecek araştırmalara yönelik öneriler ile sonlanmaktadır.



Şekil 1.1. Tezin yapısı

Sınırlılıklar

Tez kapsamında SG modelleme uygulamaları ve BDT araçları arasındaki farkları ortaya çıkarmak için GS uygulaması tercih edilmiştir. Bu uygulamanın uyumlu olduğu Oculus Quest SG gözlüğü kullanılmıştır. Araştırma kapsamında edilen sadece iki adet Oculus Quest SG gözlüğü bulunması ve toplam 20 katılımcının araştırmaya dahil edilmesi nedeniyle araştırma süresi uzamıştır. Araştırmanın ön araştırma aşamasında Covid-19 pandemisi ortaya çıkmış ve laboratuvar ortamında başlanan çalışmalara bir süre ara verilmiştir. Ön araştırma kapsamında altı katılımcı ile başlanmış fakat üç katılımcının pandemi nedeniyle şehir değiştirmesi sonucu üç katılımcı ile devam edilmiştir. Daha sonraki çalışmalar ise uzaktan eğitime uygun şekilde tasarlanmıştır. Uzaktan eğitim sırasında gözlüklerin katılımcılara tek tek iletilmesi ve geri alınarak diğer katılımcılara ulaştırılması sırasında yaşanan zaman kaybı araştırmacı için hem fiziksel hem de zamansal açıdan dezavantaj oluşturmuştur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, sanal gerçeklik (SG) tanımı, SG'nin gelişimi, SG sistemlerinin sınıflandırılması, mevcut SG uygulamaları, SG deneyiminin temel unsurları, endüstriyel tasarımda SG ve endüstriyel tasarımda kavramsal tasarım evresine ilişkin literatür sunulmaktır.

2.1. Sanal Gerçeklik

Bu bölümde, SG tanımı ve gelişimi, SG sistemlerinin sınıflandırılması, SG uygulamaları, SG deneyiminin temel unsurlarından bahsedilmektedir.

2.1.1. Sanal gerçeklik tanımı

SG'nin anlamını kavrayabilmek için her iki terimi de tanımlamak gerekmektedir. Sanal "neredeyse, ama tam olarak değil" (Cambridge Online Dictionary, t.y.), gerçeklik ise "insanların hayal edebileceğinin aksine, gerçekten deneyimlenen veya görülen bir şey" (Oxford Learners Dictionaries, t.y.) olarak tanımlanmaktadır. İki terimi bir araya getirirken SG, insanoğlunun gerçek deneyimine yakın herhangi bir eylem anlamına gelmektedir. Collins Dictionary'e göre SG, özel elektronik ekipman kullanan birinin video ekranı gibi görüntüleyebileceği ve görünüşte fiziksel bir yolla etkileşimde bulunabileceği bir ortamın veya olaylar dizisinin üç boyutlu görüntülerinin bilgisayar tarafından oluşturulan simülasyonudur (2021).

SG, kullanıcıya oluşturulan sahnede gezinme ve onunla etkileşim kurma becerisinin verildiği gerçekçi bir üç boyutlu ortam oluşturmaya çalışır (Gutierrez vd., 2008, s.1). Başka bir deyişle, SG duyularımıza inandırıcı, hayata benzer deneyimler içeren çözümler sunar (Hale ve Stanney, 2014, s.4). SG sistemini çalıştıran kişiler, sanal üç boyutlu bir ortamda oldukları izlenimini edinirler. Kullanıcıya sanal bir ortam izlenimi vermek ve sürükleyici bir ortam yaratmak için görüntü üretebilen duvarlardan oluşan kübik şekilli bir alan olan CAVE (mağara otomatik sanal ortamın kısaltması) (Muhanna, 2015) veya bir ekranı kullanıcının görüşünün önüne yerleştiren kulaklıklar veya gözlükler kullanılır.

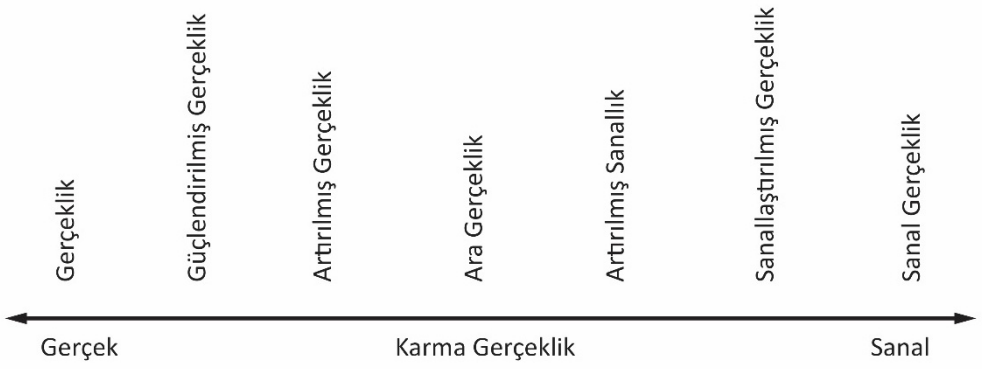
Geszten vd. (2015) çevremizdeki gerçek dünya ile etkileşim kurma şeklimiz ile sanal ortamda sunulan olanaklar arasında bulunabilecek benzerlikler nedeniyle gerçekçi üç

boyutlu ortamların kullanıcıların ayrıntılı keşif ve planlama yapabilmeleri için en uygun ortam olduğunu açıklamaktadır. Üç boyutlu bu dijital ortamlar, kullanıcıların birbirleriyle uzaktan iş birliği yapmasına, ortamı gerçek dünyada mümkün olmayacak şekilde manipüle etmesine ve ayrıca bilgi depolamak için varsayımsal olarak sınırsız bir alan elde etmesine olanak sağlamaktadır.

SG, klavye, fare ve monitör gibi geleneksel çevre birimlerine kıyasla bilgisayarlarla daha sezgisel ve daha kapsamlı bir şekilde etkileşim kurmanın bir yolunu sunmaktadır. SG ile kullanıcı doğrudan deneyime dâhil edilir ve kendi bedenini kullanarak sezgisel olarak ortamla etkileşime girebilir. SG'de kullanıcının vücudu sanal dünyanın bir parçası olur ve böylece kullanıcı zihinsel olarak da sistemle daha fazla meşgul olabilir. Günümüzde kullanılan çoğu SG sistemi, başa takılı bir ekran ve hareket kontrolörleri kullanır ancak bazı durumlarda çok yönlü koşu bandı veya el takip eldivenleri gibi cihazlar da kullanılmaktadır (Sherman ve Craig, 2019; Mazuryk ve Gervautz, 1996, s.6, 14, 27, 28.)

SG tamamen bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir ortama sahipken, artırılmış gerçeklik (AG) gerçek mekâna bilgisayar ortamında hazırlanmış sanal görüntülerin eklenmesi veya çıkarılması ile oluşturulur (Azuma, 1997). AG, sanal ve gerçek ortamları harmanlayarak anlaşılabilir ve anlamlı bir görünüm elde edilmesini sağlar (Liarokapis ve Anderson, 2010). Karma gerçeklik (KG) ise sanal ve gerçek öğelerin birbiriyle etkileşim içinde olduğu ve birlikte yeni ortamlar ve görselleştirmeler oluşturduğu bir karışımdır. Genişletilmiş gerçeklik terimi, hepsini tek bir terim altında toplamak için bir teknoloji alanı olarak SG, AG ve KG'den bahsederken kullanılır (Irvine, 2017; Valmet, 2018).

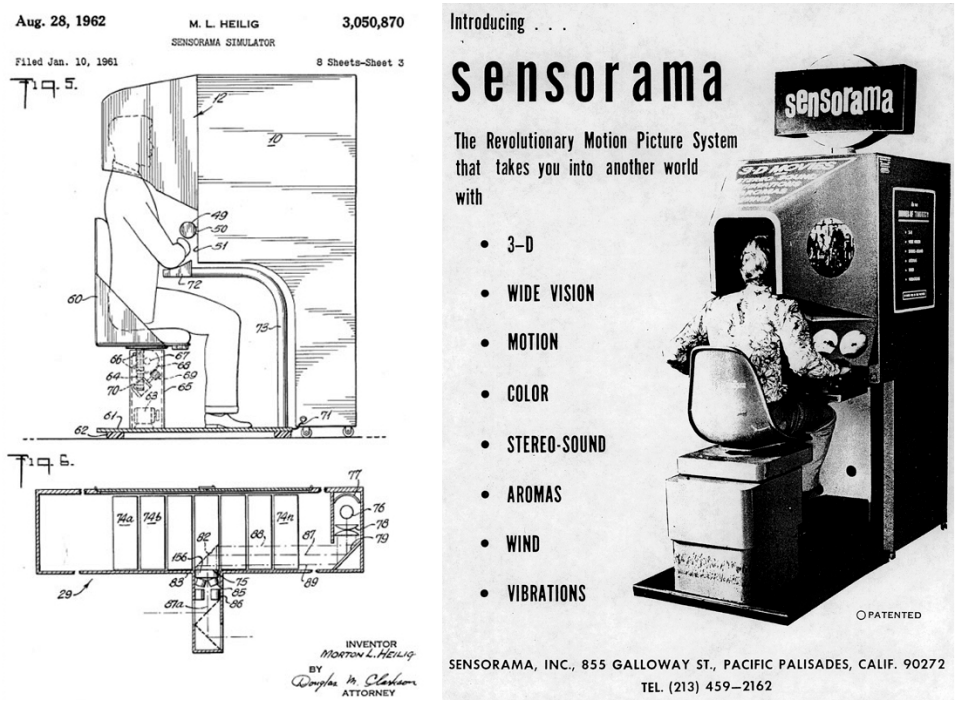
Wang ve Schnabel (2009)'a göre KG, gerçek dünyadan sanal ortama doğru genişletilmiştir. Şekil 2.1, gerçekten sanal dünyaya olan düzeni göstermektedir.



Şekil 2.1 Karma gerçeklik, soldaki gerçeklikten sağdaki sanallığa (Wang ve Schnabel, 2009)

2.1.2. Sanal gerçekliğin gelişimi

Her ne kadar yeni bir terim olarak karşımıza çıksa da aslında SG'nin tarihi 1950'lere kadar uzanmaktadır. 1957'de Morten Heiling, büyük bir kiosk gibi olan Sensorama adında büyük bir makine tasarlamıştır (Resim 2.1). Makinenin amacı, üç boyutlu bir ortama tamamen dalmış hissi vermek için birkaç teknolojiyi birleştirmektir. Heiling, sanal ortama dalma hissini geliştirmek için ses, koku, titreşimler ve rüzgâr gibi efektler eklemiştir.



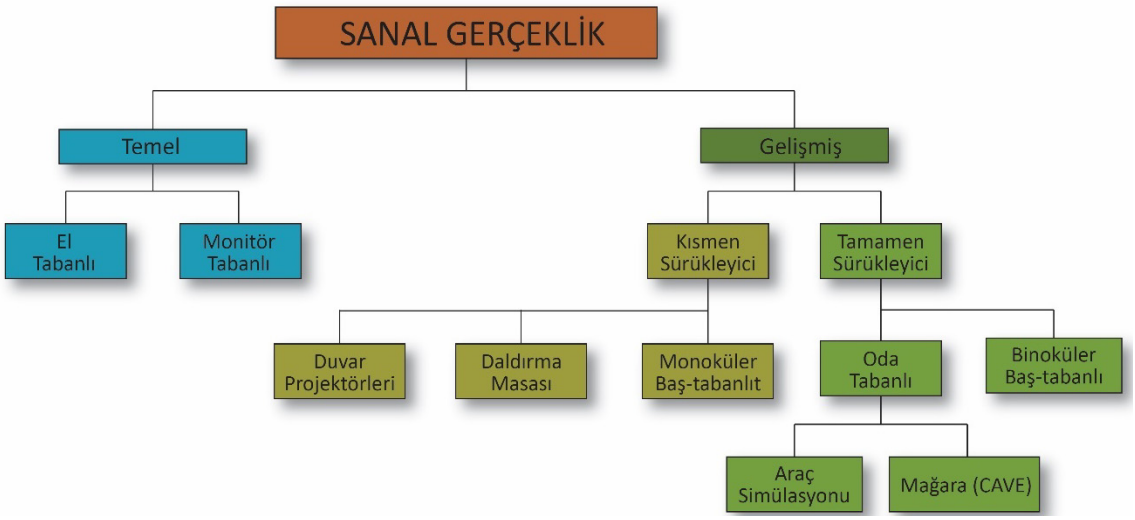
Resim 2.1 Sensorama (Fedorov, 2015)

1960 yılında Heiling, icadını dünyadaki ilk başa takılan ekran olarak geliştirse de finansman yetersizliği nedeniyle proje durdurulmak zorunda kalmıştır. Heiling'in icadı, SG'nin gelişiminin temeli olarak kabul edilmiştir (Dormehl, 2021). Daha sonra 1960'larda Headsight, The Ultimate Display ve Sword of Damocles başa takılı ekranları icat edilmiştir. Bunlar ilk başa takılı ekranlar olarak büyük ve ağır olsalar da kullanıcının baş hareketini izlemek gibi özellikleri ile günümüzdeki ekranlar ile benzer özelliklere sahiplerdi (Brockwell, 2016). 1978'de Massachusetts Institute of Technology'de şehirde dolaşan bir arabaya monte edilmiş bir kameradan alınan fotoğrafları kullanarak Aspen şehrinin interaktif bir turunu içeren sanal bir seyahat oluşturulmuştur. Bu Aspen film haritası kullanıcının şehri bir bilgisayar kullanarak dolaşmasını sağlamıştır (Naone, 2008).

1982'de Thomas Furness gerçek dünyanın üzerinde sanal bir katman içeren sanal bir uçuş simülatörü olan Visually Coupled Airborne Systems Simulator (VCASS)'ı yaratmıştır (Aitoro, 2016). 1987'de, "sanal gerçeklik" terimi Jaron Lanier tarafından geliştirilmiştir (Virtual Reality Society, t.y.). 1990'larda, ilk SG oyunlarının piyasaya sürülmesiyle SG teknolojisi özellikle video oyun endüstrisinde ilerleme kaydetmiş ve Nintendo ve Sega yaklaşık aynı zamanda kendi SG sistemlerini geliştirmiştir. 2007'de Google, kullanıcıların dünyanın her yerinden panoramik görüntülerin izlenmesine izin veren Street View'i duyurmuştur. 2010 yılında, o zamana kadarki en gelişmiş ticari SG teknolojisi olan Oculus Rift'in prototipi geliştirilmiştir. 2017'ye kadar HTC ve Oculus'a ek olarak Google, Apple, Amazon, Sony ve Samsung gibi şirketler de kendi SG sistemlerini geliştirmiş ve piyasaya sürmüştür. 2018 ve 2019'da, mobil SG cihazlarının yerini çoğunlukla kablosuz, bilgisayara ihtiyaç duyulmayan, bağımsız SG cihazları almıştır (Virtual Reality Society, t.y.). HTC Vive Focus ve Oculus Quest günümüzde kablosuz olarak kullanılabilen en popüler SG cihazlarındandır.

2.1.3. Sanal gerçeklik sistemlerinin sınıflandırılması

Şekil 2.2'de gösterilen Muhanna (2015) tarafından önerilen taksonomiye göre SG sistemleri daldırma (immersion) derecesine göre üç seviyede sınıflandırılmıştır. Temel SG sistemleri olarak adlandırılan seviye en düşük daldırma derecesine sahip sistemlerdir. Temel sınıftan daha yüksek daldırma derecesine sahip SG sistemleri ise kısmi daldırıcı SG sistemleri olarak tanımlanan sınıfta deneyimlenmektedir. Son olarak tam daldırıcı SG sistemleri ise en yüksek seviye daldırma derecesine sahiptir.



Şekil 2.2 SG sistemleri taksonomisi (Muhanna, 2015)

Temel SG sistemleri ekran tabanlı, işaretçi ile yönlendirilen ve üç boyutlu grafiklerle sunulan (Heim, 2007) bir SG ortamını görüntülemek için özel giriş veya çıkış cihazlarına ihtiyaç duymayan sistemlerdir. Bu sistemler, el tabanlı ve monitör tabanlı SG sistemleri olarak alt kategorilere ayrılabilir. El tabanlı SG sistemlerinde SG deneyimini sağlamak için cep telefonları, kişisel dijital asistanlar, ultra mobil bilgisayarlar ve taşınabilir oyun konsolları gibi elde tutulan cihazlar kullanılır (Hwang vd., 2006). Öte yandan, monitör tabanlı SG sistemleri temelde monitörlerde üç boyutlu grafikleri görüntüleyen masaüstü bilgisayarlardır.

Gelişmiş SG sistemleri, bir SG deneyimi oluşturmak için temel sistemlerde kullanılanlardan daha güçlü cihazlar gerektirmektedir. Zihinsel daldırma faktörüne bağlı olarak, gelişmiş SG sistemleri kısmen veya tamamen sürükleyici olabilir. Kısmen sürükleyici SG sistemleri, sanal bir dünyayı büyük bir ekranda görüntülemek için tek bir projektör kullanır. Bu tip sistemler sahneleri üç boyutlu göstermediği için katılımcıların gözlük takmasına gerek yoktur. Bununla birlikte, vücudun bazı kısımlarını takip eder ve özel eldivenlerin kullanılmasını gerektirir. Bu eldivenler, katılımcıya SG sistemiyle etkileşim kurma yeteneği verse de serbestlik derecesini sınırlamaktadır (Muhanna, 2015).

ImmersaDesk, kısmi sürükleyici SG sistemlerinin başka bir alt kategorisidir. Katılımcının projeksiyon ekranındaki içerikleri üç boyutlu bir deneyimde görebilmesi için özel gözlük takması gerekmektedir. Ekran, aynı içeriğin üst üste binen iki resmi veya stereo

görüntüsünü sağlar, böylece katılımcının her bir gözü aynı sahneyi ancak biraz farklı bir açıdan alır (Czernuszenko vd., 1997). Bu, katılımcıya üçüncü boyut hissini verir.

Diğer bir SG sistemi türü olan başa takılı SG sistemleri katılımcının başına takılan, görsel ve işitsel geri bildirim sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler kısmi veya tamamen sürükleyici olabilir. Monoküler başa takılı sistemler, kısmi sürükleyici SG örnekleridir ve aynı zamanda AG sistemleri olarak kabul edilir. Tamamen sürükleyici SG sistemleri, katılımcıya geniş bir görüş alanında üç boyutlu sanal sahneler sağlar. Başa takılı ekranlar (Melzer ve Moffitt, 1997) tamamen sürükleyici bir SG sistemi olarak iki küçük ekran sanal sahneyi katılımcının her bir gözüne gösterir. Bu özellik daha geniş bir görüş alanı sağlamanın yanı sıra her ekranda farklı içerikleri görüntüleyerek üçüncü boyutu katılımcıya aktarır.

Anthes, García-Hernández, Wiedemann ve Kranzlmüller (2016) sınıflandırmasına göre başa takılı göstergeler mobil ve kablolu olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Mobil alt kategorisinde akıllı telefonlar için geliştirilmiş çerçeveler ve mobil başa takılı göstergeler yer almaktadır. Mobil başa takılı göstergeler herhangi bir bilgisayara veya akıllı telefona ihtiyaç duymayan kablosuz cihazlardır (Resim 2.2).

Resim 2.2. a) Oculus Quest b) HTC Vive Focus (Amazon, t.y)

Kablolu başa takılı göstergeler (Örneğin, Oculus Rift ve HTC Vive) ise güçlü bir bilgisayarla 6 serbestlik derecesi (DOF) izleme sistemi ile güçlendirilmiş cihazlardır. Oda ölçeğinde deneyim vaat eden sistemler dışında kavramsal olarak otururak kullanıma odaklanmaktadır.

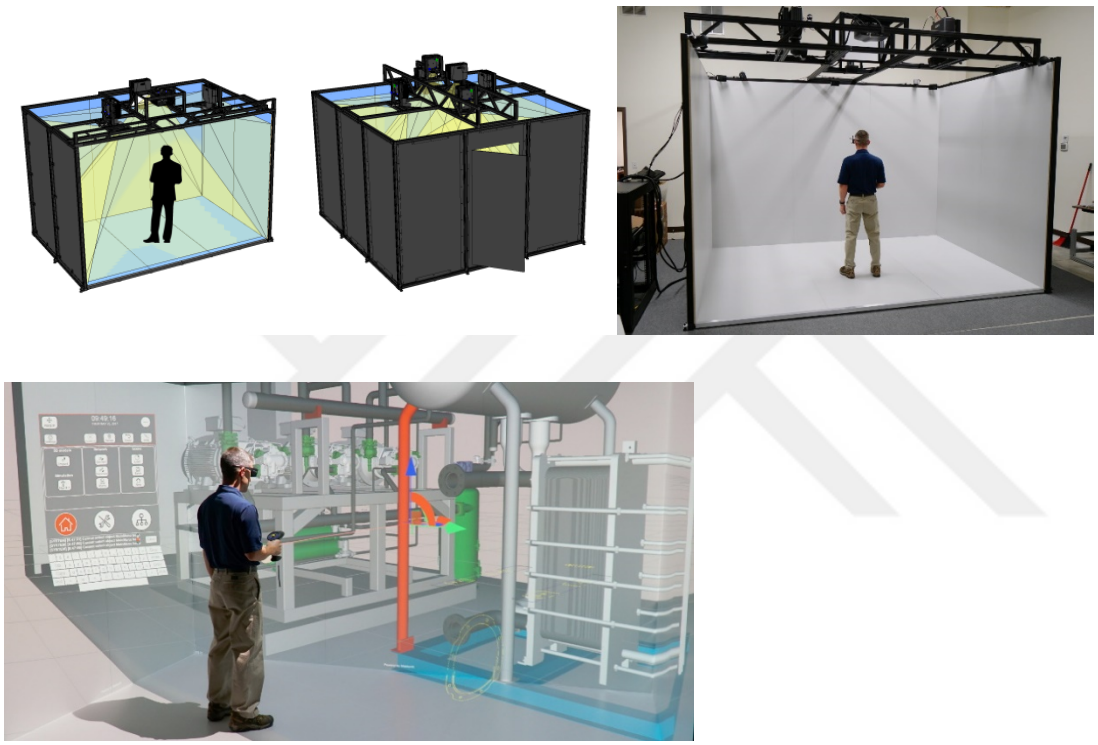
Başa takılı göstergeler, kullanıcıyı gerçekçi olarak oluşturulmuş bir sanal ortama veya video deneyimine (Hua, 2017) dâhil etmek için kullanıcının görsel alanını tamamen gizleme amacına hizmet eder. Bu izolasyonu etkili bir şekilde elde etmek için, başa takılan ekranlar genellikle doğrudan kullanıcının kafasına takılan bir kask şeklindedir. Başa takılı göstergelerin çalışma şekli, görsel imgeyi sürekli olarak kullanıcının gözlerine baş hareketleriyle yakın bir birleşim halinde sunar ve kullanıcıya gösterilen şey her zaman kullanıcının gözleri ve kulakları için belirli ve göreceli bir konumda kalır (Craig, Sherman ve Will, 2009).

Başa takılı göstergeler sanal ortamla etkileşim kurmak için çeşitli şekillerde çalışır. HTC Vive ve Oculus Quest kullanıcılardan girdi almak için kumandaları kullanırken Samsung Gear SG ve Hololens gibi diğer gözlükler, kullanıcının kafasının hareketlerini kullanarak çalışır (Qian ve Teather, 2017). Hololens ayrıca baş hareketlerinin yanı sıra el hareketlerini de kullanır. Başa takılan ekranlarda kumanda dışında diğer bir seçim şekli olan göz izleme teknolojilerinde katılımcılar gözlerini kullanarak seçim yapabilir (Qian ve Teather, 2017). Seçim, kullanıcının bekleme süresi olarak da bilinen belirli bir nesneye ne kadar süredir odaklandığına bağlı olarak farklı hızlarda gerçekleşebilir (Piumsomboon vd., 2017).

Anthes vd. (2016) geliştirdikleri taksonomide başa takılı göstergeler için kullanılan giriş cihazlarını kumandalar, navigasyon cihazları ve vücut takip sistemleri olmak üzere üç farklı alt kategoride incelenmektedir. Kumandalar, elle takılan ve üstten monte edilmiş joystickler veya dokunmatik yüzeyler tarafından giriş sağlamaya izin veren kablolu veya kablosuz olabilen cihazlardır. Navigasyon cihazları, kullanıcıya sonsuz alanda hareket etme yanılsaması vermek ve sanal ortamda seyahat etmek için bir giriş kaynağı görevi görmek için kullanılır. Geleneksel koşu bantları tek yönde harekete izin verirken, SG'deki mevcut gelişmeler iki boyutlu bir düzlemde hareketi destekler.

Duruş tahmin yaklaşımları, kullanıcının vücudunun veya vücudunun üst kısmının gerçek duruşuna ve ayrıca kullanıcının elinin hareketine odaklanır. Yaygın olarak uygulamalar manyetik izleme kullanır, bazıları ise manyetik izleme ile birleştirilmiş atalet ölçüm birimlerine dayanır. Hareket izleme için seçilen yaklaşımlar ellere takılan gerinim ölçerler veya fiber optikler içeren veri eldivenlerinden optik izleme kullanan tamamen temassız teknolojilere ve elektromiyografi ölçümünü kullanan bileğe takılan teknolojilere kadar çeşitlilik gösterir (Anthes vd., 2016).

SG sistemleri sınıflandırmasındaki son grup, oda tabanlı sistemlerdir. Katılımcılar burada SG deneyimlerini bir oda içinde elde ederler. Mağara Otomatik Sanal Ortamı (CAVE), oda tabanlı tamamen sürükleyici SG sistemlerinin başka bir örneğidir (Resim 2.3). Klasik CAVE tipik olarak 3 metre boyutlarında, duvarları, zemini ve bazen tavanı tamamen bilgisayarla projelendirilmiş ekranlardan oluşan, küp şeklinde bir SG odasıdır. Tüm katılımcılar karmaşık üç boyutlu nesneleri görmek ve bunlarla etkileşimde bulunmak için aktif stereo gözlük takarlar (DeFanti vd., 2011).



Resim 2.3. VisCube™ M4 CAVE sistemi (Visbox, t.y.)

2.1.4. Sanal gerçeklik uygulamaları

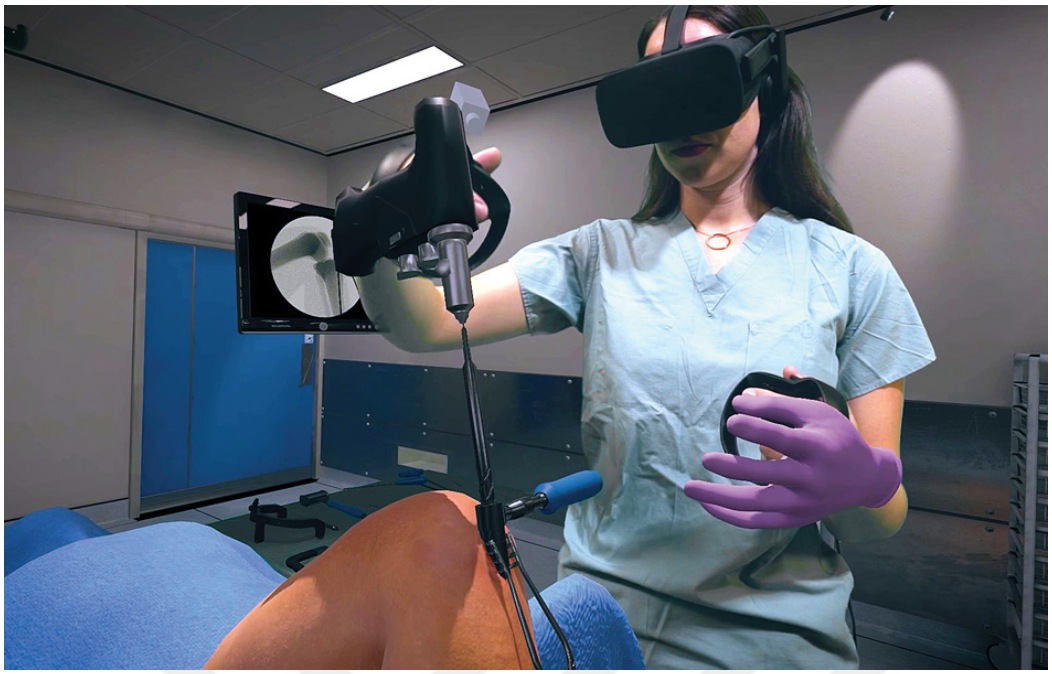
SG teknolojisinin en popüler kullanımı eğlence alanında olup günümüzde SG kullanımlarının çoğunu kapsamaktadır. (Rubin, 2019; Tuomaala, 2020) SG oyunları, özellikle uzun mesafeli sosyal etkileşim ve çevrimiçi sosyalleşmenin yeni yolları için fırsatlar sunarken diğer oyunlara göre daha ilgi çekici bir deneyim ve daha yüksek düzeyde etkileşim sunabilmektedir. AltspaceVR ve Facebook Horizon gibi bazı sosyal SG uygulamaları oyuncuların farklı etkinlikler için sanal olarak bir araya gelip sosyalleşebilecekleri sanal dünyaları içerir. Spor etkinlikleri, konserler ve diğer canlı etkinlikler de SG ile evden izlenebilmektedir. SG için diğer bazı popüler uygulamalar

arasında etkileşimli film ve video, eğlence parkları ve keşif merkezleri bulunmaktadır (Tuomaala, 2020; Virtual Reality Society, t.y.). SG oyun ve eğlence pazarı hızla yükselmekte ve bu pazarın 2026 yılına kadar 70,57 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Fortune Business Insights, t.y.).

Steam dijital yazılım platformunu da yaratan çok sayıda eleştirmenlerce beğenilen video oyunlarına sahip bir oyun geliştirici şirketi olan Valve Corporation, 2015 yılında HTC Vive SG gözlüğünü geliştirmek için HTC şirketi ile iş birliğini duyurmuştur. Benzer şekilde Facebook, 2014 yılında SG yazılım ve donanımında uzmanlaşmış Amerikan şirketi Oculus'u satın alırken (Plunkett, 2014), Google, SG uygulamalarının geliştirilmesine dikkat çekmeyi ve büyümeyi hedefleyen Google karton sistemini yaratmıştır. SG'nin diğer bir kullanım alanı ise müzeler, galeriler ve sergilerdir. SG uygulamalarının müze ziyaretlerini artırdığı bildirilmiştir (Coates, 2020).

Sağlık sektörü SG teknolojisinin kullanıldığı en büyük alanlardan biridir. 2018'de sağlık hizmetlerinde SG için küresel pazar hacminin 1,56 milyar ABD doları olarak belirtilmiştir (Fortune Business Insights, t.y.). Sağlık hizmetlerinde SG'nin ana kullanımlarından bazıları; eğitim, ameliyat, ağrı yönetimi, tedavi, otizm ve travma sonrası stres bozukluğu gibi zihinsel bozuklukların rehabilitasyonu ve tedavisidir (Tuomaala, 2020).

Cerrahi eğitim boşluğunu kapatmak için kurulmuş Osso VR firması platform, içerik ve araçları sağlamak için SG'yi kullanmaktadır (Resim 2.4). Firma misyonu hasta sonuçlarını iyileştirmek, daha yüksek değerli tıbbi teknolojilerin benimsenmesini artırmak ve dünya çapında cerrahi eğitime erişimi demokratikleştirmektir. Bugün Osso VR, dünyanın en iyi ortopedik hastaneleri ve cihaz şirketlerinin birçoğuyla çalışmaktadır.



Resim 2.4. OSSO VR SG Uygulaması (OSSO VR, t.y.)

SG uygulamaları sayesinde tıp öğrencileri, gerçek durumların baskısı ve riskleri olmadan ameliyatları veya diğer stresli, yüksek riskli ameliyatları gerçekleştirmek için eğitilebilmektedir (Virtual Reality Society, t.y.; Chebanova, 2020).

Robotik cerrahi, bir cerrahın farklı bir lokasyondan hasta üzerinde uzaktan ameliyat yapmasına olanak tanıyan bir SG teknolojisi ve robotik uygulamasıdır. Bu teknolojinin robotik cerrahi alanında kullanımındaki sınırlılıklarından biri operatör için yeterli dokunsal geribildirime sahip olmamasıdır. (Virtual Reality Society, t.y.) SG'nin sağlık hizmetleri alanındaki uygulaması hâlâ yeni olsa da teknoloji ilerledikçe bu alanda kullanımına olan ilgi de artmaktadır. Sağlık hizmetlerinde SG için küresel pazarın 2026 yılına kadar 30,40 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Fortune Business Insights, t.y.).

SG teknolojisinin bir başka popüler kullanım alanı olan eğitimdeki piyasa değerinin 2018'de 656,5 milyon dolar olduğu belirtilmiştir (Fortune Business Insights, t.y.). SG'nin, öğrencilerin motivasyonunu artırdığı ve daha etkili öğrenmeyi sağladığı bildirilmektedir (Sutcliffe, 2019). SG öğrencileri aktif olarak etkileşime girmeye ve deney yapmaya teşvik ederek motive edebilmektedir (Martin-Gutiérrez vd., 2017).

Sanal sınıflar ve kampüsler, SG'nin eğitim amaçlı kullanımlarına örnektir. Okullar SG yoluyla uzaktan öğrenmenin yeni bir yolunu veya öğrencilerin birlikte çalışıp

sosyalleşebileceği bir yer sunabilmektedir (Barnard, 2017; Learnbrite, 2020). SG'nin eğitim amaçlı kullanıldığında pek çok faydası ve avantajı olsa da yüksek maliyet ve kullanılabilirlik gibi sorunları da barındırmaktadır (Kavanagh vd., 2017, s.104, 106, 109). Bununla birlikte, SG'nin eğitim alanında kullanımındaki potansiyeli açıktır ve küresel piyasa değerinin yükselmesi ve 2026 yılına kadar 13 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Fortune Business Insights, t.y.).

Askeri endüstri, SG alanına önemli miktarda para yatırdığı için bu teknolojilerin gelişiminde büyük bir etki yaratmıştır (Velichko, 2020). Askeri SG, muharebe durumlarını ve diğer tehlikeli görevleri sürükleyici bir şekilde gerçek hayatın riskleri olmadan simüle etmek için kullanılır. Ordudaki askerlerin yaklaşık yirmi ölümünden biri eğitim sırasında olduğu için (Farmer, 2016) eğitimde yaralanma ve ölümlerin en aza indirilmesi yüksek bir önceliktir. Bu nedenle SG bunun için potansiyel bir çözüm olarak kabul edilir (ThinkMobiles, 2020). Ordudaki SG uygulamalarından bazıları uçuş simülasyonları, savaş alanı simülasyonları ve tıbbi eğitimdir (Virtual Reality Society, t.y.).

2.1.5. Sanal gerçeklik deneyiminin temel unsurları

Buradalık ve daldırma

Steuer (1992) tarafından belirtildiği gibi, buradalık SG'nin en baskın amaçlarından ve ortamın doğasını en iyi tanımlayan özelliklerden biridir. Buradalık teriminin kesin tanımı üzerinde tam bir anlaşma olmasa da sanal ortamın kullanıcının kendi fiziksel ortamı yerine kendi doğal ortamı olduğu şeklindeki kişisel psikolojik izlenimi olarak tanımlanabilir (Stanney ve Salvendy, 1998). Başka bir deyişle, SG'de derin bir şekilde bulunan kullanıcılar, çevreleyen ortamı daha çekici bulmanın yanı sıra, çevreyi, oluşturulmuş içerik olarak değil, gerçekte bulundukları bir konum olarak da kabul edeceklerdir (Aitamurto vd., 2018). Riva vd. (2014) ayrıca, bir eylemi gerçekleştirirken daha yüksek buradalık deneyimleyen katılımcıların yalnızca aktivite sırasında daha meşgul hissetmekle kalmayıp, aynı zamanda başarmaya çalıştıkları şeyde potansiyel olarak daha başarılı olacaklarını açıklamaktadır. Benzer şekilde, bir bireyin bir SG sistemi içinde deneyimleyebileceği buradalık seviyesi, sistemin kendisinin kullanılabilirliği üzerinde bir etkiye sahip olabilir (Fontaine, 1992; Zeltzer, 1992). Bu nedenle, SG deneyimlerinin geliştiricileri, SG sistemlerini tasarlarken veya değerlendirirken buradalık hissini etkileyebilecek faktörleri

hesaba katmalıdır. Bunlar üç boyutlu sürükleyici sesin uygulanması, sistemin kullanıcıların girdilerine ne kadar iyi yanıt verdiği ve SG deneyimi içinde gezinme yeteneği gibi faktörler olabilir (Cummings ve Bailenson, 2016; Slater ve Wilbur, 1997).

Daha yüksek derecede bir buradalık duygusuna yol açabilecek bir diğer hayati bileşen, daldırma kavramıdır (Slater ve Usoh, 1994; Witmer ve Singer, 1998). Psikolojik buradalık duygusunun aksine, daldırma, kullanıcılara gerçekliğin sürükleyici, büyüleyici ve çağrıştırıcı bir temsilini elde etme amacına hizmet eden bir sistemin teknolojik bileşenlerinin derlenmesi olarak tanımlanabilir (Aitamurto vd., 2018). Bu teknolojik özellikler arasında kullanıcıların görüş alanı, vücut hareketlerinin doğru tespiti, çerçeve hızları, sistem gecikmesi, genel görsel ve işitme kalitesi ve çevrenin özgünlüğü bulunmaktadır (Bowman ve McMahan, 2007; Cummings ve Bailenson, 2016; Slater ve Wilbur, 1997). Buradalık ile benzer şekilde, daldırma, sanal ortamın kullanılabilirliğine katkıda bulunan çok önemli bir faktör olarak kabul edilmiştir (Stanney vd., 2003).

Simülatör rahatsızlığı

Genel sistem kullanılabilirliğini ve kullanıcı deneyimini etkileyebilecek diğer bir ölçüt, SG kullanımı sırasında ortaya çıkan rahatsızlık belirtileridir. Genel olarak kayda değer miktarda SG kullanıcısını etkileyen hareket hastalığı varlığından dolayı SG teknolojisinin devam eden evrimi ile ilgili endişeler bulunmaktadır (Chien ve Jenkins, 1994; Stanney vd., 1998). Stanney vd. (2003) kullanıcıların anladıkları ve çevrelerinden o anda olmasını bekledikleri şeyler nedeniyle ortaya çıkan önemli bir nörolojik çatışma olduğunu belirtmektedir. Yazarlar, bu durumun kullanıcıların SG'yi kullanırken aynı anda sanal bir dünya ve fiziksel dünyanın içinde olduklarının farkında olduklarında gerçekleştiğini açıklamaktadır. Bu nörolojik çatışma, SG'de hareket hastalığının başlıca nedeni olarak kabul edilir (DiZio ve Lackner, 1992). Hareket hastalığı hissi yaratan olası duyusal çatışmalardan kaçınmak için kullanıcılar ağırlıklı olarak SG sistemini kullanmayı bırakır veya fiziksel ortamlarına uyum sağlar (Reason ve Brand, 1975). Yazarlar, sanal sistemi kullanmayı bıraktıktan sonra bile kullanıcıların normal ortamlarına yeniden uyum sağlarken hastalık belirtileri hissetmeye devam edebileceklerini açıklamaktadır. İdeal olarak, kullanıcılar bir SG sistemi ile etkileşimde bulunurken rahatsızlık, baş ağrısı, göz yorgunluğu, tükürük, terleme, mide bulantısı ve geğirme gibi semptomlar yaşamamalıdır (Kennedy, Lane, Berbaum ve Lilienthal, 1993).

Yol bulma

Darken ve Sibert'e (1993) göre yol bulma, bir bireyin üretilmiş bir alan içinde dolaşırken pozisyonunu ve yönünü anlama yeteneğidir. Sanal bir ortamda kişinin yolunu bulması, kullanıcılar çevrelerinde daha etkili bir şekilde gezinmek için kendi bakış açılarını değiştirdiklerinde elde edilir (Bowman, 1999; Bowman vd., 2002). SG'de kullanıcıların gezinirken çoğu zaman mevcut konumları ve yönleriyle ilgili bilgileri tutmada sorun yaşadıkları belirtilmiştir (Chen ve Stanney, 1999; Darken ve Sibert, 1993). Doğal olarak, sanal bir ortam kullanıcılara bunun üstesinden gelmek için çözümler sunmalıdır. Wickens ve Baker (1995) sanal ortamın kullanıcının nereye gidebileceğini ve bunu nasıl başarabileceğini bilmesine izin verecek kadar ipucu taşıması gerektiğini belirtmektedir. Son olarak, kullanıcıya çevredeki ortamın doğasını ve kullanıcının seçtiği nesneleri nasıl tanıyıp keşfedebileceğini açıklayan yeterli bilgi sunulmalıdır, böylece mevcut konumlarını ve nereye gitmek istediklerini belirleme ile ilgili çelişkiler önlenebilir (Stanney vd., 2003).

Nesne seçimi ve manipülasyonu

Geleneksel grafik kullanıcı ara yüzlerine benzer şekilde kullanıcıların sanal ortamlardaki öğeleri kullanma ve bunlarla etkileşim kurma ve ilgili zorlukları çözme yöntemlerini anlama, seçme ve optimize etme, başarılı sanal deneyimler yaratmanın çok önemli bir parçasıdır (Poupyrev, 2000). SG'deki etkileşim tekniklerinin örnekleri doğası gereği farklılık gösterir ve bir ışın atarak, sanal eller veya kullanıcıların öğelerle doğrudan etkileşime girerek nesneleri seçmesi gibi yöntemleri içerir. Bowman vd. (2000) sanal ortamlarda etkileşim söz konusu olduğunda en önemli özelliklerden birinin, gerçek dünyada meydana gelen etkileşimlerin dijital benzerleriyle ne kadar tutarlı olduğunun altını çizmektedir.

SG'de kullanıcıların hareketlerini kesin olarak tespit etmek, etkili kullanılabilirlik için çok önemlidir (Stanney vd., 2003) çünkü konum ve yöndeki hatalar fiziksel ve dijital ortam arasındaki harekette farklılığa neden olabilir (Kalawsky, 1993). Nesnelerin manipülasyonu ile ilgili olarak dikkate alınması gereken diğer bir kriter, kullanıcıların sanal ortamdaki öğelerin özelliklerini (tonu ve biçimi gibi) seçebilmesi, yerini değiştirebilmesi gerektiğidir. Benzer şekilde, sanal öğelerin seçiminin uygunluğu her zaman açık ve net olmalıdır (Kalawsky, 1999). Son olarak, kullanıcıların sanal ortamlarda üç boyutlu nesneleri

seçmesine izin veren cihazlar, kullanıcı için akıcı ve doğal bir nesne seçimi sağlamak için çok düşük gecikme süresine ve hızlı yanıt oranına sahip olmalıdır (Ware ve Balakrishnan, 1994).

Görsel çıktı

Belirli sonuçları elde etmek için görme duyumuzdan en iyi şekilde yararlanmaya çalışmak (Örneğin, izleyicilerin bakışlarını yönlendirmek, beyaz boşlukları kullanmak) genellikle dijital ortamın görsel yaratıcıları için büyük bir zorluk teşkil eder ve bu da genel olarak sistemin kullanılabilirliğini etkileyebilir (Stanney vd., 2003). Bunun nedenlerinden biri, kullanıcıların grafiksel tutarsızlıklar veya görsel içerikteki tutukluk gibi en küçük tutarsızlıkları bile tespit edebilmeleridir (Kalawsky, 1999). Sonuç olarak, görsel ipuçları uygulandığında ve sanal ortamda etkin bir şekilde kullanıldığında bile kullanıcıların dikkati SG sisteminin teknik yönleri tarafından dağılabilmektedir. Gabbard (1997) tasarımcılar tarafından kullanıcılara sunulan bilgilerle birlikte sistemin stereoskopik destek, uzamsal çözünürlük, görüş alanı, güncelleme hızları, yenileme oranları ve kullanıcı rahatlığı ve kabulü gibi teknolojik özelliklerini de dikkate almamız gerektiğini belirtmektedir. Kullanıcılara gösterilen sanal ortam görüntüsünün akıcı kare hızları ve küçük gecikme süreleri olması gerekmektedir (Ware ve Balakrishnan, 1994). Pausch vd. (1993) ayrıca görüş alanı (kullanıcıların çevresel görüşleri de dâhil olmak üzere sanal ortamda görebilecekleri) ve kullanıcıya gösterilenlerin kullanıcının baş hareketlerine uygun olması gerektiğini belirtmektedir. Son olarak Kalawsky (1993) gerçekçi bir sanal ortam hissini kopyalamak için 100 derecelik bir görüş alanı açısına ihtiyaç duyulmasına rağmen ilgili sistemde gerekli eylemleri gerçekleştirmek için hangi görüş alanına ihtiyaç duyulduğunu dikkatlice düşünmenin de çok önemli olduğunu açıklamaktadır.

Konfor

Bell (2002) kullanıcıların SG ekipmanıyla etkileşime girdiğinde genel hoşluk ve refahı sağlamanın en büyük önceliğe sahip olduğunu belirtmektedir. Durlach ve Mavor (1995) potansiyel fiziksel ağrı veya rahatsızlık deneyimle ilgili olumsuz düşünceler ve duygular yaratabileceğinden kullanıcıların başa takılı ekranları kullanırken kendilerini rahat hissetmelerinin önemini de vurgulamaktadır. SG'de rahatsızlık sistemin hem fiziksel hem de görsel özelliklerinin bir sonucu olabilir ve kullanılabilirliği ve genel deneyimi etkileyebilir. SG'de fiziksel rahatsızlık, başa takılan çok gergin ekran kayışlarından veya

ağır ve hareket kısıtlayıcı cihazlardan kaynaklanabilir (Stanney vd., 2003). Bu nedenle, kullanıcıların sanal ortamı kontrol etmelerine izin veren etkileşim cihazlarının uzun kullanımı, kullanıcılar için genel yorgunluğa neden olmamalıdır (Gabbard, 1997).

Görsel rahatsızlık; yetersiz kontrast, kötü aydınlatılmış çevresel alanlar ve sanal ortamın nesnelerine odaklanmaya çalıştıklarında kullanıcıları şaşırtabilecek çelişkili derinlik algıları gibi sorunların sonucu olabilir (Rushton, Mon-Williams ve Wann, 1994; Wann ve Mon-Williams, 2002). Ek olarak, kullanıcılar bir SG sistemiyle etkileşimde bulunurken aşırı göz yorgunluğu yaşamamalıdır (Kalawsky, 1999). Özetlemek gerekirse, kullanıcıların el veya vücudun diğer kısımları aracılığıyla çevre ile etkileşime girmesine izin veren cihazların kullanımı kolay olmalı ve büyük kas gruplarının aşırı çalışması nedeniyle ağrıya neden olmamalıdır (Hannaford ve Venema, 1995; Zhai, 1996).

Geri bildirim

Geri bildirim veya duyusal geri bildirim (Sherman ve Craig, 2003) SG deneyiminin başka bir temel unsurudur. Geri bildirim, katılımcılara faaliyetlerinin veya girdilerinin sonuçlarını veya çıktılarını gözlemleme yeteneği verir. Örneğin sanal bir ekran, görüntüyü uygun şekilde güncelleyerek bir katılımcının başını hareket ettirmesine yanıt vermelidir. Diğer bir deyişle, katılımcı sağa baktığında ekran, sanal ortamda katılımcının sağ tarafında bulunanları göstermelidir. Bu gerçekçi bir süre içinde ve gecikme olmaksızın yapılmalıdır. Duyusal geribildirim terimi tıpta, makine mühendisliğinde, elektrik mühendisliğinde ve bilgisayar bilimi ve mühendisliğinde kullanılsa da genel olarak aynı eylem veya mekanizmaya işaret eder (Muhanna, 2015). Giriş sinyali, duyusal sistemin devam eden faaliyetini veya üretkenliğini etkilemek için geri dönen bir çıktı tepkisi üretir (Crick ve Koch, 1998). Aynı yaklaşım SG sistemlerinde de kullanılmaktadır. Katılımcının başı, elleri, gövdesi veya diğer bölümleri görsel geribildirim, dokunma veya dokunsal geribildirim, işitsel geribildirim ve hatta muhtemelen koku ve tat gibi çeşitli biçimlerde geribildirim sağlamak için izlenir (Muhanna, 2015).

2.2. Endüstriyel Tasarımda Sanal Gerçeklik

Berni ve Borgianni (2020) ürün tasarımında SG teknolojileri tarafından desteklenen işlevlere göre erken evreler, ortak tasarım, 3B modelleme, sanal montaj ve prototipleme,

mekanik simülasyon, sonlu eleman yöntemi, ürün değerlendirme ve eğitim amaçlı olmak üzere altı makro kategori belirlemiştir. Güncel literatür taraması sonucunda araştırma dahilinde "ürün sunumu" yedinci kategori olarak eklenmiştir. 1997-2023 yılları arasında yayınlanan deneysel makaleler "sanal gerçeklik", "tasarım", "ürün tasarımı" ve "endüstriyel tasarım" anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Söz konusu kategoriler ve kullanılan SG teknolojilerine göre 1997-2023 yılları arasında yayınlanan 125 makale Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. 1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin kullanılan SG teknolojileri ve kategorilere göre dağılımı

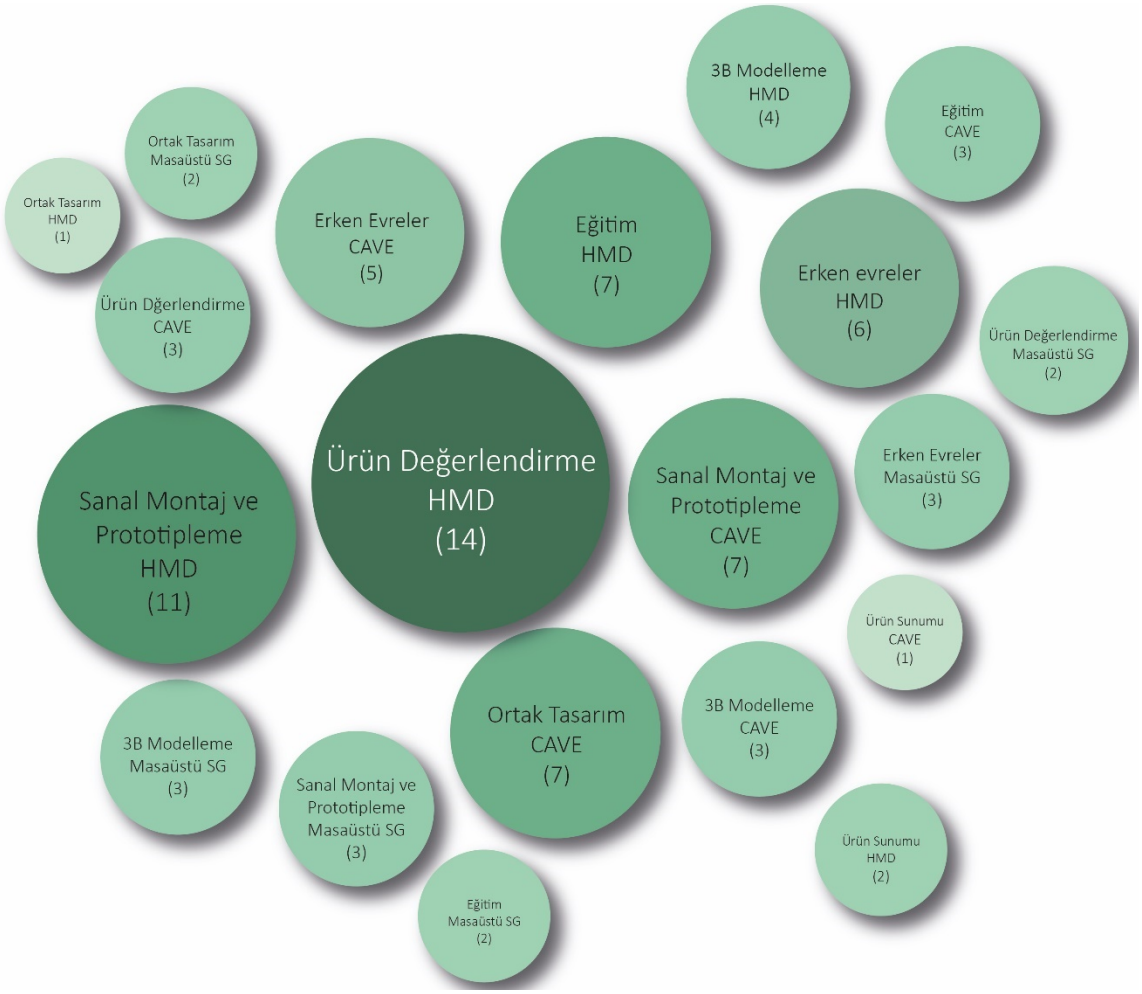
	KULLANILAN SG TEKNOLOJİSİ				
KATEGORİLER	HMD (Başa takılı gösterge)	Masaüstü	CAVE	Tanımlanmamış	Diğer
Erken evreler	Ekströmer vd. (2019) Yang ve Lee (2020) Evans, Hoover ve Winer (2020) Velasquez (2020) Fleury, Blanchard ve Richir (2021) Fleury vd. (2022) Houzangbe vd. (2022)	Fiorentino vd. (2002) Ye vd. (2006) Keefe vd. (2007)	Mäkelä vd. (2004) Krause vd. (2004) Israel vd. (2009) Israel vd. (2013) Eroglu vd. (2018)	Lau (2012) De Araùjo vd. (2012) De Araùjo vd. (2013) Song vd. (2018)	Dorta (2007) Rieuf vd. (2015) Rieuf vd. (2017)
Ortak tasarım	Bordegoni vd. (2006)	Wickman ve Söderberg (2003) Choi ve Cheung (2008)	Lehner ve DeFanti (1997) Bochenek ve Ragusa (2004) Zhang vd. (2007) Choi ve Cheung (2008) Noon vd. (2012) Berg ve Vance (2017) De Back vd. (2020)	Pappas vd. (2006) Makris vd. (2012)	
3B modelleme	Butterworth vd. (1992) Kraal ve Vance (2001) Huang ve Lee (2019) Huang, Lin ve Cai (2021)	Kameyama (1997) Dani ve Gadh (1997) Kraal ve Vance (2001)	Krause vd. (2004) Noon vd. (2012) Toma vd. (2012)	Achten vd. (2000) Yan vd. (2009) Chen vd. (2011) De Araùjo (2012) De Araùjo (2013) Freeman vd. (2016)	Bordegoni vd. (2010)

Çizelge 2.1. (devam) 1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin kullanılan SG teknolojileri ve kategorilere göre dağılımı

KATEGORİLER	KULLANILAN SG TEKNOLOJİSİ				
	HMD (Başa takılı gösterge)	Masaüstü	CAVE	Tanımlanmamış	Diğer
Sanal montaj ve prototipleme, mekanik simülasyon, sonlu eleman yöntemi	Jayaram vd. (1997) Yeh ve Vance (1998) Jayaram vd. (1999) Desa ve Zachmann (1999) Moreau vd. (2004) Schilling vd. (2006) Sung vd. (2009) Jayasekera ve Xu (2019) Wolfartsberger (2019) Lukačević vd. (2021)	Wickman ve Söderberg (2003) Choi ve Chan (2003) Choi ve Chan (2004)	Lehner ve DeFanti (1997) Ryken ve Vance (2000) Abulrub vd. (2011) Toma vd. (2012) Berg ve Vance (2017) Guo vd. (2018) Guo vd. (2020)	Pappas vd. (2006) Raposo vd. (2009) Bruno vd. (2009) Wang ve Dumont (2011) Makris vd. (2012)	Purschke vd. (1998) Mahdjoub vd. (2007)
Ürün değerlendirme	Evans vd. (1999) Söderman (2005) Bordegoni vd. (2006) Park vd. (2008) Rentzos vd. (2014) Marks vd. (2014) Górski vd. (2016) Valencia-Romero ve Lugo (2017) Elbert vd. (2019) Riegler, Riener ve Holzmann (2019) De Crescenzio vd. (2019) Wingler vd. (2020) Zhang vd. (2020) Manghisi, Evangelista ve Uva (2022)	Ye vd. (2007) Park vd. (2008)	Söderman (2005) Bordegoni ve Ferrise (2013) Rojas vd. (2015)	Tideman vd. (2008) Van Der Voort ve Tideman (2008) Lanzotti vd. (2009) Backhaus vd. (2014) Zhang vd. (2015) Violante vd. (2019) Liu vd. (2020)	Naef ve Payne (2007) Rogers vd. (2018)
Eğitim amaçlı	Bharathi ve Tucker (2015) Yang vd. (2018) Shih vd. (2019) Obeid ve Demirkan (2020) Roberts, Page ve Richardson (2020) Horvat vd. (2022) Guerra-Tamez (2023)	Impelluso ve Metoyer-Guidry (2001) Bharathi ve Tucker (2015)	Abulrub vd. (2011) Bordegoni ve Ferrise (2013) Grajewski vd. (2015)	Achten vd. (2000) Abulrub vd. (2011) Backhaus vd. (2014)	
Ürün sunumu	Felip vd. (2020) Nyyssönen vd. (2022)		Castronovo vd. (2013)		

1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin Çizelge 2.1'de yer alan kategori ve kullanılan teknolojilere göre sayıları Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Buna göre en çok makale sayısı başa takılı SG teknolojilerinin kullanıldığı ürün değerlendirme kategorisinde (14), en az makale sayısı ise yine başa takılı SG teknolojilerinin kullanıldığı ortak tasarım kategorisi ve CAVE sistemlerinin kullanıldığı ürün sunum kategorisinde yer almaktadır. 2021 ve sonrasına bakıldığında da teknoloji olarak başa takılı sistemlerin kullanıldığı

görülmektedir. Son yıllarda başa takılı sistemlerin daha ulaşılabilir olmasının ve bu sistemlerdeki gelişmelerin hız kazanmasının araştırmacıları bu alana yönlendirdiği çıkarımında bulunulabilir.



Şekil 2.3 1997-2023 yılları arasında yayınlanan makalelerin kullanılan teknoloji ve kategorilerine göre sayıları

Bazı bilim insanları farklı tasarım işlevleri açısından SG'nin çok yönlülüğünün altını çizmiş ve uygun tasarım aşamasında doğru yazılım ve SG cihazlarını kullanarak sürecin her aşamasında SG sistemlerinin uygulanmasının önemini vurgulamışlardır (Adenauer, Israel ve Stark, 2013; Weidlich vd., 2009). Bazıları ise belirli uygulamalar için SG kullanmaya daha fazla odaklanmıştır. Örneğin; Cecil ve Kanchanapiboon (2007) ve Camburn vd. (2017) tasarım sorunlarının SG aracılığıyla daha iyi tespit edilebildiği bunun sonucunda ürün kalitesinde iyileşme ve geliştirme süresinde ve maliyetinde azalma ile erken tasarım aşamalarında SG kullanmanın öneminin altını çizmiştir. Diğer yandan bu

teknolojinin sürükleyici yetenekleri nedeniyle ürün değerlendirmesinde daha iyi kullanıldığı iddia edilmiştir (Falcão ve Soares, 2013).

Stark vd. (2010) ve Falcão ve Soares (2013) SG sistemlerinin insan etkileşimi ile ilgili ürün değerlendirmelerindeki kullanışlılığını vurgulamıştır. Zignego ve Gemelli (2020) ürünün estetik değerlendirme potansiyeli konusunda kuşku duysa da SG'nin simülasyonlar için yararlı olduğunu öne sürmüştür.

Analiz edilen makalelerin bazılarında bilim adamları, sanal tasarım ortamında gerçekçi bir buradalık sağlamak için daldırma derecesini ve ek teknolojiler ve araçlarla birlikte kullanımını da değerlendirmiştir. Örneğin; Stark (2010) SG'nin kullanıcıların duyusal daldırma özelliğini harekete geçirecek kadar olgunlaştığını ve sanal bir prototip ile giderek daha gerçekçi bir etkileşim ve deneyim sağladığını iddia etmiştir. Diğer taraftan diğer bilim adamları bu teknolojiyi yalnızca tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirmiş çünkü kabul edilebilir bir daldırma hissi vermek için SG'nin fiziksel nesneler ve haptik sistemlerle entegre edilmesi gerektiğini bildirmiştir (Camburn vd., 2017; Petiot ve Furet, 2010; Zorriassatine, 2003). Dokunma hissi özellikle sanal ortam düşünüldüğünde dikkate alınması gereken önemli bir husus olduğundan dokunsal geri bildirim olarak gerçek bir nesnenin kullanılması, sürükleyici sanal ortamda tam bir manipülasyon kontrolünü mümkün kılabileceği öne sürülmüştür (Panzoli, Royeres ve Fedou, 2019).

Rebelo vd. (2011) SG cihazlarını ve bunlara karşılık gelen daldırma derecelerini incelemiş ancak SG sistemlerinin tasarımda nasıl kullanılabileceğini analiz ettiklerinde çalışmalarını kullanıcı merkezli tasarımla sınırlamıştır. Jimeno ve Puerta (2007) SG'nin önemini, faydalarını ve gelişmelerini anlamak için SG'yi sadece BDT ve Bilgisayar Destekli Üretim teknolojileri ile çalışmıştır. Benzer şekilde, Berg ve Vance (2017) SG kullanarak inovasyonu güçlendirmek için dikkatlerini karar verme süreçlerine vermiştir. Kovar vd. (2016) araştırma alanını diğer tasarım süreçlerine kadar genişletmiş olsa da çalışmaları SG'nin Endüstri 4.0'a katkısıyla bağlantılı olarak sınırlı kalmıştır.

2003 yılında Schnabel ve Kvan (2003), iki boyutlu çalışan öğrencilerin birbiriyle bağlantılı formları doğru bir şekilde yeniden inşa edebildiklerini ancak yine de üç boyutlu düzenlemeyi tam olarak anlayamadıklarını göstermiştir (s.442). Çalışmaya göre

düzenlemeyi değerlendirmek için SG'yi kullanan öğrenciler ise uzamsal ilişkileri çok daha iyi anlamıştır.

Stadler vd. (2020), endüstriyel tasarımcılar için sürükleyici prototipleme sağlayan bir SG uygulaması olan ImPro'yu geliştirmiştir. ImPro BDT uygulamalarıyla karşılaştırıldığında ImPro'nun endüstriyel tasarımcılar için kullanılabilirliği, işlevselliği ve uygunluğu artırdığı keşfedilmiştir.

Nyyssönen vd. (2022), harekete dayalı bir kullanıcı arayüzü oluşturup test etmiş ve üç boyutlu tasarımları gözden geçirmek amacıyla bunu kontrol tabanlı bir programla karşılaştırmıştır. Sonuç olarak hareket tabanlı kontrollerin daha kullanışlı ve sezgisel olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Felip vd. (2020), sunulan mobilya nitelikleri arasındaki benzerliklere ve zıtlıkları gerçek dünya bağlamında ve SG'de araştırmıştır. Araştırmacılar, bazı ürün özelliklerinin SG'de daha olumlu değerlendirildiği sonucuna vararak, sunumlar ve değerlendirmeler için SG kullanmanın potansiyel faydalarını ve olasılıklarını ortaya koymuştur.

SG sistemlerinin tasarım değerlendirme sürecindeki avantajlarını anlamak için Castronovo vd. (2013), tamamen sürükleyici 5 duvarlı bir CAVE ortamında ve yarı sürükleyici 3 ekranlı bir görüntüleme sisteminde karşılaştırmıştır. Değerlendiriciler, SG sistemine sürükleyicilik ve genel değer açısından yüksek puanlar vermiş ve araştırmacı, tasarım değerlendirmesi için teknolojiyi kullanmanın, kullanıcıların sanal ortamla ve içerdiği nesnelerle tam ölçekte ve çok doğal bir şekilde etkileşime girmesine izin verdiğini bulmuştur.

2.2.1. Sanal gerçeklik ve yaratıcılık

2014'te Abdelhameed, bazı öğrencilerin yaratıcılıkları ile SG kullanımında sağlanan algı arasında bir bağlantı olduğunu kaydetmiştir. Bu çalışma aynı zamanda Schnabel ve Kvan'ın kullanıcıların alanlarla ilgili farkındalıkları hakkında buldukları sonuçları da güçlendirmiştir. SG'nin en güçlü etkisinin form önermeleri, form kompozisyonları ve form keşfetme üzerine olduğu sonucuna varılmıştır (Abdelhameed, 2014, s. 727).

Rieuf vd. (2017), tasarımcılar için tasarım konseptlerinin geliştirilmesi sırasında yaratıcı eskiz ve moodbard'lar üretilmesine yönelik bir SG tabanlı araç geliştirmiştir. Araştırmacıların bulguları, tasarım sürecinin erken aşamalarında SG'nin tasarım etkinliklerinin duygusal bileşenlerini artırabileceğini ve ilgili tasarımcıların görevle ilgili bağlılığının artmasına yol açabileceğini göstermiştir. Bu aynı zamanda, üç boyutlu modellerin ve eskizlerin 1:1 ölçeğinde deneyimlenmesi, kavramları çeşitli perspektiflerden deneyimleme yeteneği ve dijital içerikle sezgisel ve doğal etkileşim gibi avantajlar sağlamaktadır.

Feeman, Wright ve Salmon (2018), BDT'nin SG'de uygulanabilir olup olmadığını belirlemek ve bu yeni alanda modelleme ve kullanım için ideal özellikleri belirlemek için SG'yi geleneksel BDT teknikleriyle karşılaştırmıştır. Modelleme araçları olarak ön izlemeler, katı küreler ve dikdörtgen prizmalar, ızgara kilidi ve benzer formların kesimleri kullanılmıştır. Dört farklı model (sandalye, labirent, kamyon ve heykel) ile yapılan kullanıcı testlerine ve anket sonuçlarına göre, SG'nin yaratıcılığı daha fazla teşvik ettiği görülmüştür. Ayrıca katılımcılar SG'de modellemeyi daha yüksek oranda tercih etmişlerdir.

Yang ve vd. (2018) araştırmalarında katılımcılardan akıllı telefon özelliklerine sahip, giyilebilir bir teknolojik aygıtı bir senaryoda tamamen sürükleyici bir üç boyutlu ortamda, diğer senaryoda ise eskizlerini kâğıda çizerek tasvir etmelerini istemiştir. Elde edilen sonuçlara göre SG kullanırken katılımcıların daha yaratıcı olduğu görülmüştür. Araştırmacılar SG araçlarının akış durumunu desteklediğini bunun da yaratıcılığı artırdığı görüşüne varmışlardır.

Obeid ve Demirkan (2020), birinci sınıf temel tasarım stüdyosunda sürükleyici ve sürükleyici olmayan sanal tasarım ortamlarının tasarım sürecinde yaratıcılığa etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Sürükleyici ve sürükleyici olmayan sanal tasarım ortamlarında motivasyon, akış durumu ve uzamsal yetenekler arasındaki bağlantıları araştırmak için bir deney uygulamışlardır. Temel tasarım alanında eğitim gören 42 birinci sınıf lisans öğrencisini kapsayan çalışmanın verileri, katılımcıların sürükleyici sanal tasarım ortamında tasarım sürecinde yaratıcılığının, sürükleyici olmayan ortama göre daha fazla arttığını göstermiştir. Sonuçlar ayrıca uzamsal yetenek ile akış durumu arasında

pozitif zayıf bir ilişki ve motivasyonlar arasında pozitif güçlü bir korelasyon olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Houzangbe vd. (2022) çalışmalarında her biri 30 kişilik iki grubun katılımıyla SG ve iki boyutlu interaktif beyaz tahta olmak üzere iki çizim yöntemini karşılaştırmıştır. Bulgular, SG'nin daha enerji verici, cazip ve ilgi çekici olduğunu göstermiştir. SG kullanan katılımcıların daha yüksek düzeyde yaratıcılık sergiledikleri de ortaya çıkmıştır. Bulgular ayrıca SG'nin yaratıcılığı geliştirmek için yararlı ve etkili bir araç olduğunu ve bu etkinin diğer yaratıcı görevlere de yayılabileceğini göstermiştir.

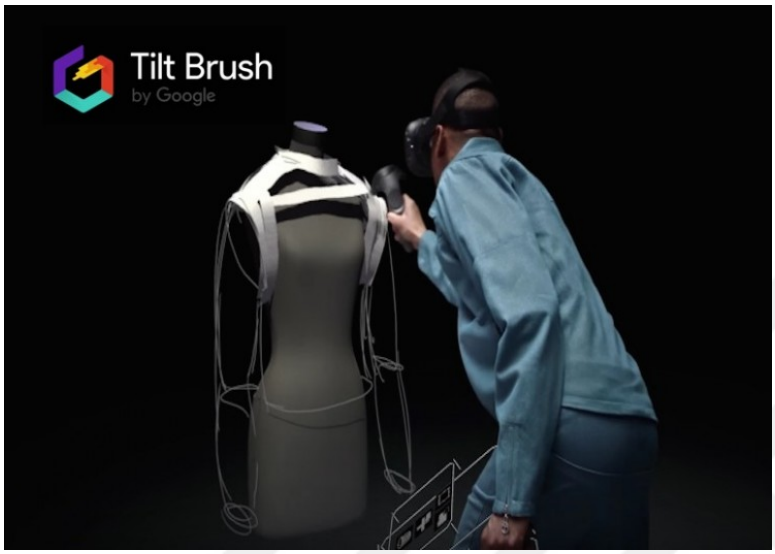
Vo ve Huesemann-Odom (2023), 13 iç mekân tasarımı öğrencisinin SG öğrenme deneyimi üzerinden SG'nin öğrencilerin yaratıcılığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Sonuçlar SG teknolojilerinin yeni başlayanlar için sezgisel olduğunu fakat ileri düzey beceriler geliştirmenin zaman ve pratik gerektirdiğini göstermiştir.

2.2.2. Ürün tasarımı için sanal gerçeklik uygulamaları

Oculus Medium (Oculus SG, 2016): Tamamen SG nesnelerinin oluşturulmasına odaklanan bir SG şekillendirme aracıdır (Resim 2.5). Oculus Rift ve Oculus Touch kumandalarının kullanıldığı program oyun endüstrisi için karakter geliştiricilerinin ilgisini çekmektedir. SG gözlüğü şirketi olan Oculus SG şu anda Facebook tarafından işletilmektedir (Petrov, 2018).

Resim 2.5. Oculus Medium ile oluşturulmuş Spock modeli (Nimoy, 2018)

Tilt Brush (Google, 2016): Eskiz görünümüne sahip üç boyutlu sanatsal modeller oluşturmak için Google tarafından geliştirilmiş bir SG platformudur. Kullanıcılara üçüncü boyutta sürükleyici bir deneyim sunarak eseri mümkün olan tüm açılardan görerek deneyimleme imkânı sunmaktadır (Petrov, 2018). Program, moda ve endüstriyel tasarım gibi alanlarda yüzey odaklı nesnelerle çalışmayı desteklemektedir (Resim 2.6).



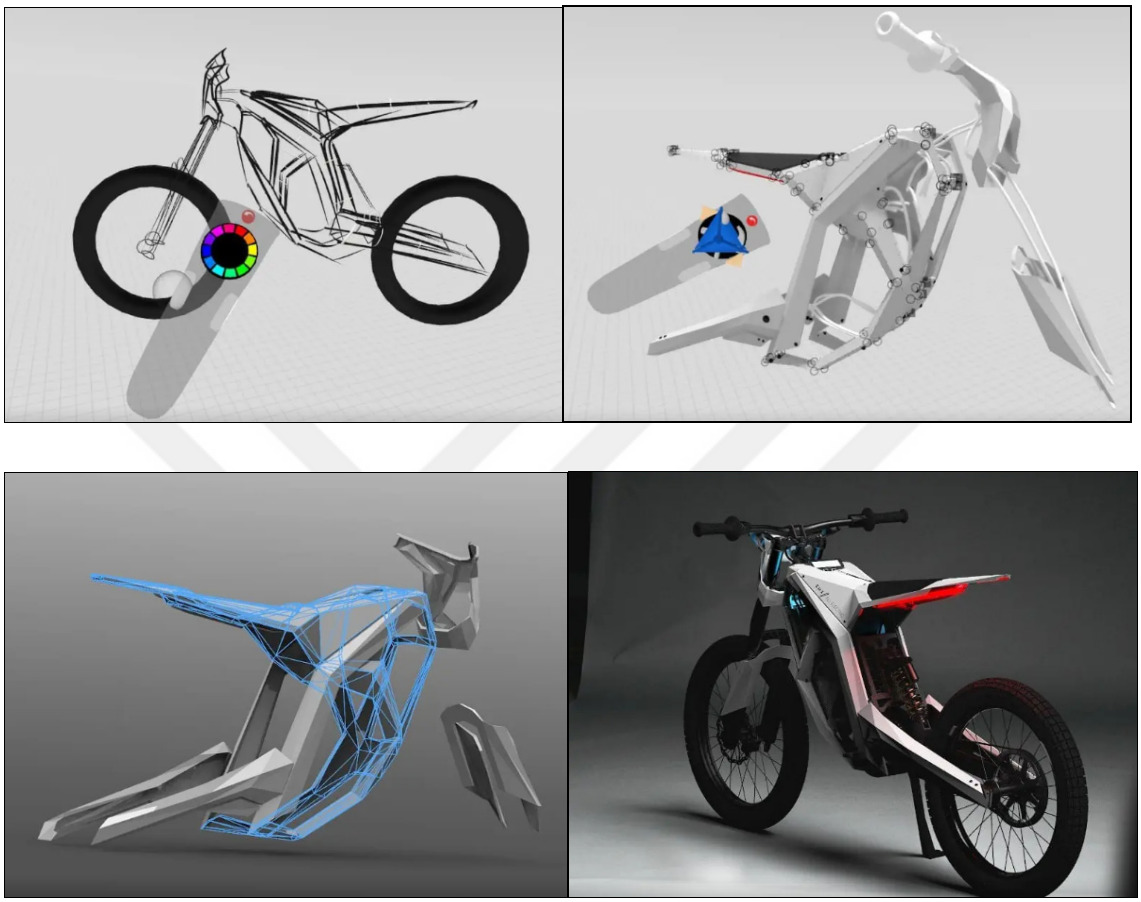
Resim 2.6. Tilt Brush uygulamasının moda tasarımında kullanımı (English, 2016)

Fuzor (Kalloc Studios, 2016)/ Enscape (Enscape 3D, 2016): Fuzor ve Enscape, Revit modellerini kullanıcıların deneyimlemesi için SG ile simüle edilmiş bir ortama aktaran Revit eklenti yazılımlarıdır. En çok görselleştirme ve malzemeleri değiştirmek gibi sınırlı tasarım görevleri için kullanılmaktadır (Innes, 2018).

Rhino SG (Minddesk VR, 2017): Rhino SG, SG denetleyicisinin üç boyutlu bir fare gibi davranmasına olanak tanıyan bir Rhinoceros üç boyutlu eklentisidir. İlkel şekiller el ile oluşturulur ve tam ölçekli bir mimari tasarım aracı olarak sınırlı bir işleve sahip olan uygulama gelişme aşamasındadır (Innes, 2018).

Gravity Sketch (Paredes Fuentes, D. S., Oluwaseyi, 2017): Gravity Sketch, disiplinler arası ekiplerin tamamen yeni bir şekil yaratması, iş birliği yapması ve gözden geçirmesi için geliştirilmiş sezgisel bir üç boyutlu tasarım platformudur. Kullanıcı fikirlerini konsept taslaklarından ayrıntılı üç boyutlu modellere kadar her ölçekte gerçek zamanlı olarak ifade edebilir, bulut platformunu kullanarak tasarımlarını masaüstünde görüntüleyebilir, yönetebilir ve Gravity Sketch'e uçtan uca iş akışını entegre edebilir. Birincil giriş yöntemi

olarak hareket etkileşimi ile kontrol edilen tasarım araç seti sezgisel bir deneyim sağlar (Gravity Sketch, t.y.). Resim 2.7'de görüldüğü gibi programda oluşturulan modeller dışa aktarılabilir ve diğer yazılım platformlarında daha da geliştirilebilir.



Resim 2.7 Alex Hodge tarafından Gravity Sketch kullanarak tasarlanmış motosiklet tasarımı (Gravity Sketch, t.y.)

2.3. Endüstriyel Tasarımında Kavramsal Tasarım Evresi

Ürün tasarım ve geliştirme süreci genellikle farklı ancak bazen birbiriyle örtüşen faaliyetleri içeren planlama, kavramsal tasarım, detay tasarım, prototipleme ve test gibi çeşitli aşamalardan oluşur (Ulrich ve Eppinger, 2004).

Şekil 2.4. Ürün tasarım ve geliştirme süreci (Ulrich ve Eppinger, 2004)

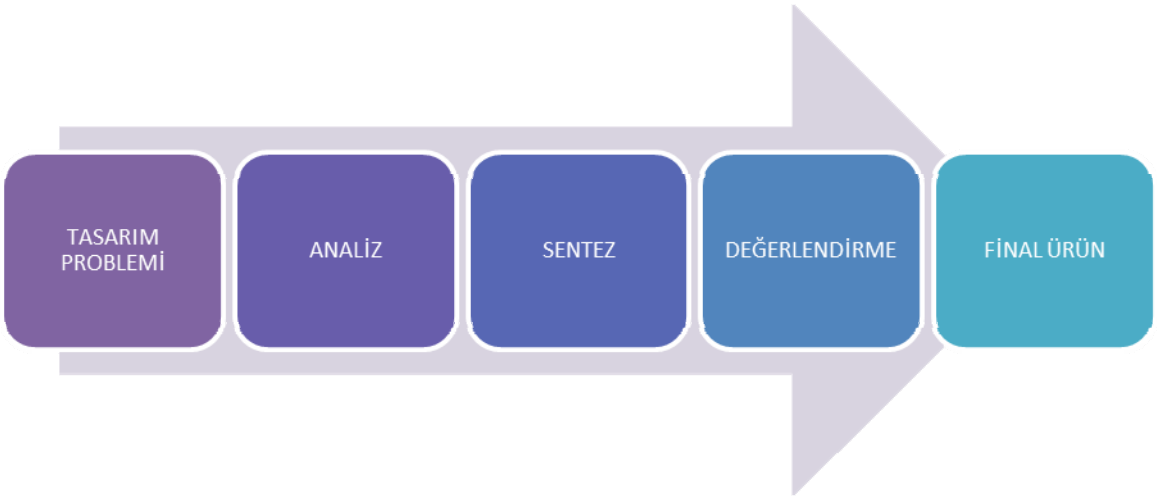
Kavramsal tasarım ise ürün fikirlerinin üretildiği ve ürünün geliştirilmesi için alt süreçlerde kararların alındığı erken bir tasarım aşamasıdır (Ullman, 2002). Literatürde farklı birçok kavramsal tasarım tanımı bulunmaktadır. Pahl vd. (2007), kavramsal tasarımı soyutlama yoluyla temel sorunların tanımlandığı, fonksiyon yapılarının kurulduğu, uygun çalışma ilkelerini arayarak ve bunları bir çalışma yapısına birleştirerek temel çözüm yollarının ortaya konduğu tasarım sürecinin bir parçası olarak tanımlamıştır.

Pahl vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada kavramsal tasarım evresi, temel problemlerin soyutlaştırılması, fonksiyon yapılarının oluşturulması, uygun çalışma prensiplerinin araştırılması ve bunları birleştirerek çalışma yapılarının oluşturulması gibi alt süreçlere ayırmaktadır. Dolayısıyla kavramsal tasarım hem eleştirel hem de yaratıcı düşünme ve alt süreçler arasında çok fazla yineleme gerektiren oldukça zorlu bir evredir.

Kavramsal tasarım genellikle aşağıdaki dört aktivitenin etrafında döner (Xing, 2013):

1. Tasarımcının ürünün istenen bazı fonksiyonlarına ve ürünün ihtiyaç duyabileceği yeni fonksiyonlara hitap eden olası çözümleri araştırması
2. Tasarımcının farklı kavramları tasarım gereksinimlerini karşılayan son bir çözüm oluşturmak için birleştirmesi
3. Tasarımcının fikirlerini paylaşmak için tasarım araçları kullanarak dışa aktarması
4. Tasarımcının çözümlerin avantajlarını ve sınırlamalarını analiz etmesi ve yansıtması

Temel bir psikolojik süreç olarak, kavramsal tasarım genellikle üç aşamaya ayrılır. Osborn (1953) yaratıcı problem çözme sürecini olgu bulma (problem tanımı ve hazırlığı), fikir bulma (fikir ve önerileri düşünme) ve çözüm bulma (değerlendirme ve benimseme) olarak tanımlamaktadır. Benzer şekilde, Cross (1994) sürecin analizin bir problem için tüm tasarım gereksinimlerinin ele alındığı, sentezin her performans spesifikasyonu için çözümlerin ele alındığı ve değerlendirmenin bu gereksinimlerin doğruluğunun ele alındığı bir analiz-sentez-değerlendirme yapısını takip etme eğiliminde olduğunu savunur (Şekil 2.5). Tasarımcının birlikte hızlı bir şekilde sorun ve çözüm arayışlarını eşzamanlı olarak gerçekleştirmelerine meyilli (Cross, 2004, p. 440) olma durumu göz önüne alındığında, bu modlar arasında doğrusal aşamaları izlemekten ziyade esnek bir şekilde geçiş yapmanın yararlı olabileceği öne sürülmüştür (Cross, 1994; Dorst ve Cross, 2001).



Şekil 2.5 Kavramsal tasarım süreci (Wodehouse ve Ion, 2010)

Kavramsal tasarımda üç boyutlu modeller: Üç boyutlu modeller, tasarımcının üç boyutlu veri yapısında tasarım oluşturmasını ve saklamasını sağlayan üç boyutlu BDT araçları kullanılarak üretilir. Üç boyutlu BDT araçları, ürün tasarımlarının geometrik temsillerini oluşturmada ve bunları üretim aşamasına doğru aktarmada oldukça etkilidir. Stüdyo eğitiminde de üç boyutlu modelleme kilit bir araçtır ve uzamsal algı, planlama ve form ilişkisi gibi daha yüksek dereceli bilişsel becerilerin kullanılmasını sağlar. Dolayısıyla tartışmalar üç boyutlu modellemenin sadece verilmiş kararların belgelenmesi ve sunumunda değil tasarım sürecinin kavramsal tasarım gibi erken aşamasında da kullanılması gerektiği üzerine yoğunlaşmaktadır (Krawczyk, 1998). Fakat üç boyutlu modellerin kavramsal tasarım sürecinde kullanımı genellikle görselleştirme ile sınırlıdır. Üç boyutlu modeller çözüm alanını keşfetmek ve fikirleri dışa aktarmak için iki boyutlu çizimlere oranla çok fazla kullanılmaz (Xing, 2013).

BDT sistemlerinde ara yüz genellikle klavye, fare ve ekrandan oluşmaktadır. Kullanıcı gerçek dünya için bir ürün tasarlarlarken iki boyutlu bir ekranda gösterilen iki boyutlu veri girişiyle tanımlanan üç boyutlu sanal bir nesne modellemeye çalışır. Bu şekilde kullanıcı girişinin tüm uzamsal boyutu ara yüz tarafından kullanılmaz ve kullanıcının üç boyutlu konseptini iki boyutlu ara yüze nasıl sıkıştıracağını öğrenmesi gerekir. Görsel çıktıda, iki boyutlu ekran, kullanıcının sanal ortamı algılamasına kısıtlamalar getirir. Monoskopik görüş derinlik algısını bozar ve görünüm kullanıcı tarafından doğal olarak ayarlanamaz; bunun yerine, görünümün ekstra kontrollerle ayarlanması gerekir (Alkemade, Verbeek ve Lukosch, 2017).

BDT paketlerinde bir parçanın tam olarak modellenebilmesi için her boyutun matematiksel olarak tanımlanması gerekir (Piegl, 2005). Fakat her parçanın her bir bileşeni ile ilişkilendirilen matematiksel ilişkileri tanımlamak kavramsal tasarım aşamasında zaman alıcıdır (Robertson vd., 2009; Kosmadoudi vd., 2013). Bu nedenle BDT yazılımları çoğunlukla detay tasarım ve sunum gibi tasarım sürecinin son evrelerinde kullanılmaktadır (Van Dijk, 1995). Diğer yandan, BDT araçlarını kullanmada uzman olan tasarımcılar detaylı tasarımlar üretebilse de yeni başlayan tasarım öğrencileri için aynı şey söylenemez. Berg ve Vance'a göre, söz konusu yazılımlara olan aşinalık oranı tasarımcının etkinliği ve konfor seviyesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (2017). Bu nedenle tasarım araçlarının karmaşıklığını azaltmak tasarımcının daha verimli çalışmasını sağlar (Berg ve Vance, 2017; Noon vd., 2012; Berta, 1999). Dolayısıyla matematiksel ilişkilerle kısıtlanmayan temel ve var olan geometrilerin basit bir şekilde manipüle edilebildiği araçlar kavramsal tasarım sürecinde avantajlıdır (Salzman vd., 1999; Berta, 1999; Bowman, Mcmahan ve Tech, 2007; Bargar vd., 2011). Bu araçlar doğru bir şekilde uygulanırsa tasarımcılar kavramsal tasarım sürecinde karmaşık bir arabirimde gezinmek yerine tasarımı manipüle etmeye ve değerlendirmeye odaklanabilir ve büyük olasılıkla bir BDT sistemi kullanmaktan çok daha verimli konseptler üretebilir, yineleyebilir ve değerlendirebilirler (Evans, 2020).

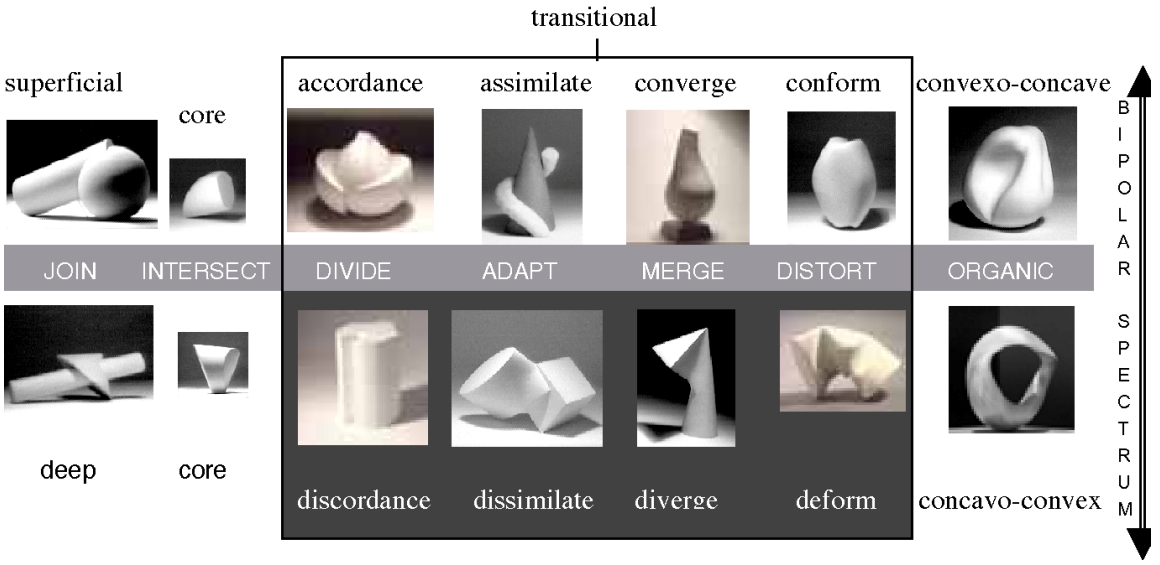
Bir BDT aracının kavramsal form tasarımında kullanımının etkili olması için aşağıdaki özelliklerinin olması gerektiği vurgulanmıştır (Van Dijk, 1995):

- Kolay veri girişi: Hem yeni veri girişi hem de mevcut verileri değiştirmek hızlı ve basit olmalıdır.
- El hareketleri: Etkileşimdeki el hareketleri düşünme sürecini tamamlar.
- Kesin olmayan veriler: Kesin veri gereklilikleri tasarımcının düşüncelerinin akışını engeller, bu nedenle yazılım kesin olmayan verileri kabul etmelidir.
- Ayrıntılara geçme: Tasarımcı, bazı özellikleri geçici olarak unutarak, belirli özelliklere detaylı olarak odaklanabilmelidir.
- Alternatifleri gözden geçirme: Farklı tasarımları karşılaştırmak mümkün olmalıdır.
- Ayrılmış kavramsal tasarım sistemi: Detaylı tasarım ve kavramsal tasarım için kullanılan araçlar ayrı olmalıdır.

Kavramsal tasarım evresinde form yaratma

Tasarım sürecinde form yaratma evresi ürünün en çok göze çarpan özelliklerinin ortaya konduğu en önemli evredir. Form verme terimi, çağdaş toplumun kavram, ihtiyaç ve isteklerine renk, doku, ses vb. gibi form, renk, doku vb. vermek anlamına gelen "formgiving" ve "formgeben" sözcüklerinden türetilmiştir (Akner-koler, 2007, s.21). Endüstriyel tasarım bağlamında form yaratma esas olarak eserlerin estetik dış görünümünü etkileyen özelliklerle ve bunların teknik ve kullanıcı işlevlerinin yanı sıra konstrüksiyon ile nasıl bütünleştiği ile de ilgilidir. Dewey'e göre form verme, öğelerin anlamlarını, ilişkilerini ve bu ilişkilerin birleşik bir bütün içinde nasıl örgütlendiğini anlamayı sağlayan bir çalışma alanıdır (2005).

Endüstriyel tasarım sürecinde form oluşturma, kompozisyon ve yapıyı bir araya getirmek için nokta, çizgi, düzlem veya yüzey ve hacim gibi temel görsel öğelerin kullanımı ile düzenleme kuralları ve ilkelerinin anlaşılmasını içerir. Araştırmacı ve tasarımcılar tarafından form verme yöntemlerine odaklanan çok fazla çalışma mevcuttur. Akner-Koler (2007), form evriminin birleşme (u-birleşme, o-birleşme), kesişme (çekirdek), bölme (uyum, uyumsuzluk), uyum (benzeşim, farklılık), birleştirme (yaklaşma, uzaklaşma), deforme etme (uydurmak, deforme etme) ve ayrıca organik veya geometrik (dışbükey-içbükey, içbükey-dışbükey) gibi birkaç aşamada yapılabileceği fikrine dayanan bir metodu tanımlamaktadır.



Resim 2.8. Görsel unsurlara dayalı form evrimi (Akner-Koler, 2007)

Tasarımcı uygun formu seçip düzenleme aşamasına gelene kadar görsel unsurların manipülasyonu ile evrim genişletilebilir (Resim 2.8). Akner-Koler tarafından geliştirilen bu form evriminde geometrik yapıdan organik yapıya giden bir yapı mevcuttur. Knauer (2008) tarafından geliştirilen form yaratma tasarım yöntemi, çizgi, yüzey, gövde ve boşlukları tasarım sürecini oluşturan dört temel eleman olarak görmektedir. Her bir tasarım, karmaşık olmakla birlikte, bu unsurların dönüştürülmesiyle yaratılabilir. Bu dört kategoriyi bir başlangıç noktası alarak ve bir metodoloji tespit edilerek her tasarım analiz edilebilir, öğretilebilir ve öğrenilebilir. Knauer'a (2008) göre bu temel yapılar herhangi bir estetik doktrinden uzaklaştırılmıştır. Genellikle geometrik olarak tanımlanan biçimsel süreçlerden oluşurlar. Bu, modelleme sırasında formların geliştirilmesini ve genellikle nesne sınıflarından farklılaşmayı kolaylaştırır. Prensip olarak, temel formların içeriği yoktur; onlar sözdizimsel dilbilgisi unsurlarıdır.

Crilly, Moultrie ve Clarkson (2004) ürün tasarımında forma dayalı parametreleri geometri, boyut, doku, malzeme, renk, grafik ve detay olarak belirlemiştir. Benzer şekilde Rampino ve Gorno öğrencilerle yaptıkları form yaratma çalışmalarında formun kontrol edilebilir özelliklerini geometri, kompozisyon, proporsiyon, boyut, renk ve doku ve malzeme ve bitiş olmak üzere altı başlıkla listelemiştir (2011). Belirlenen bu özelliklerin ürünün parçalanabilmesi ve analiz edilebilmesi ve bir ürüne belirli bir karakter verilebilmesi için bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

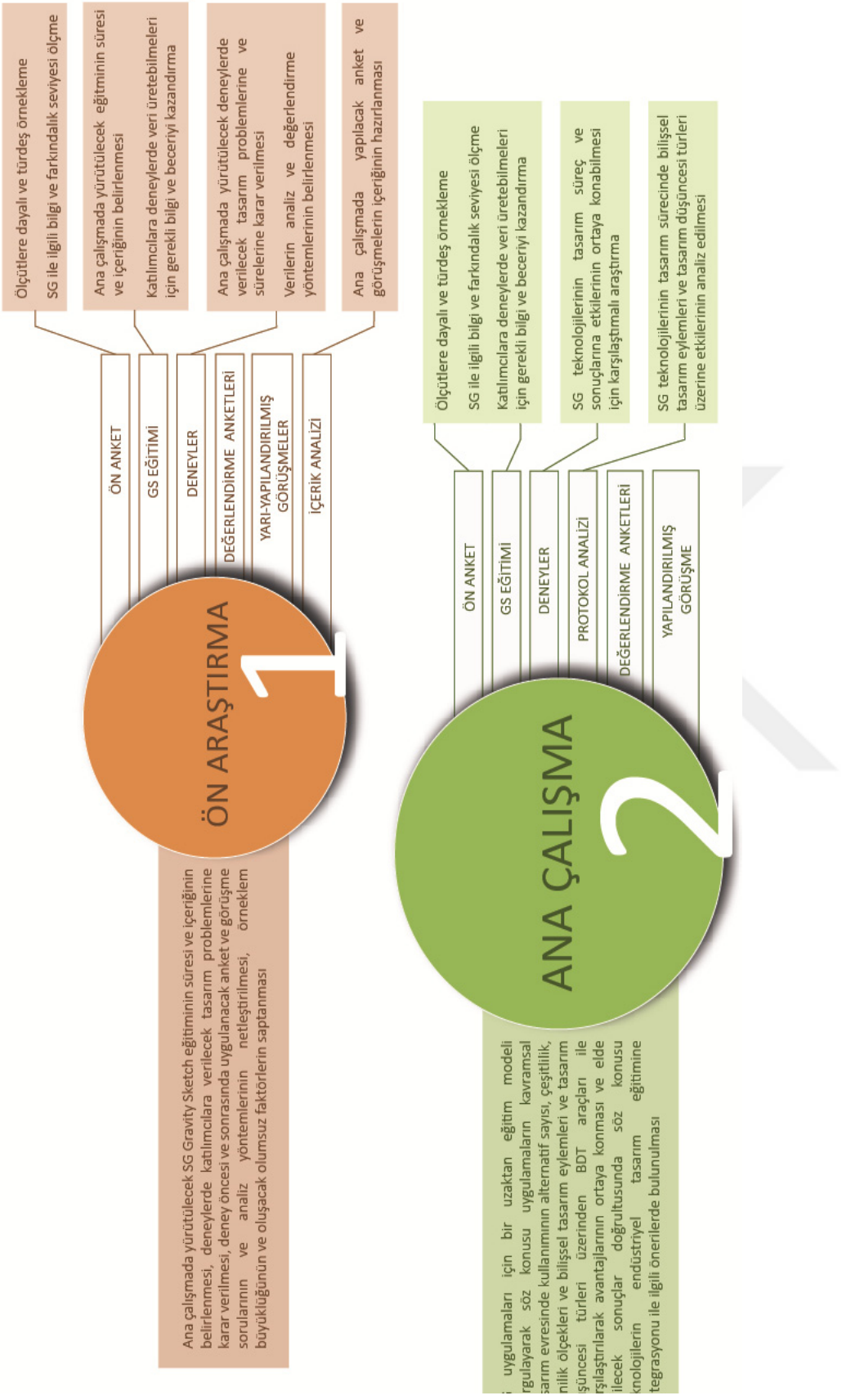
Dreyfus (1967), Kotler ve Rath (1984), Ulrich ve Eppinger (2003) gibi birçok araştırmacı pazarda farklılaşmaya ulaşmak için formun önemini vurgulamaktadır. Dolayısıyla tasarımcılar daha fazla ayrıntılandırma ve geliştirme için kavramları değerlendirmeden ve seçmeden önce çeşitli kavramsal çözümler üretebilmelidir (Perttula ve Sipilä, 2007). Bu konudaki ortak anlayış, kavramsal tasarım sürecinde ne kadar çok fikir üretilebilirse en iyi fikri bulma olasılığı da o kadar artar şeklindedir (Shah vd., 2003). Fakat literatürdeki genel endişe yaratıcılığın yoğun olduğu kavramsal tasarım sürecinin yeteri kadar desteklenmediğidir (Sener, 2007).

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu bölümde araştırmanın amacı ve aşamaları, ön araştırma ve ana çalışma ve bu çalışmalara ait veri toplama ve analiz yöntemleri sunulmaktadır.

3.1. Araştırmanın Amacı ve Aşamaları

Bu çalışmada, sanal gerçeklik (SG) uygulamaları için bir uzaktan eğitim modeli kurgulayarak söz konusu uygulamaların kavramsal tasarım evresinde kullanımının alternatif sayısı, çeşitlilik, yenilik ölçekleri ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerinden BDT araçları ile karşılaştırılarak avantajlarının ortaya konması ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda söz konusu teknolojilerin endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda kurgulanan çalışmada literatür taramasını takiben Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü 4. sınıf öğrencilerinin katılımı ile ön araştırma ve ana çalışma olmak üzere iki aşamalı bir süreç yürütülmüştür. Araştırmanın aşamaları, bu aşamaların amaçları ve veri toplama yöntemleri Şekil 3.1'de sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Araştırmanın aşamaları

Araştırmanın birinci aşaması olan ön araştırmada oluşacak olumsuz faktörler saptanarak ana çalışmanın kurgusunun belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda kullanılan veri toplama ve analiz yöntemleri detayları ile Bölüm 3.2'de verilmektedir.

Araştırmanın son aşaması olan ve ön araştırma sonucunda çerçevesi belirlenen ana çalışmada SG teknolojilerinin etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülen deneysel çalışmalar ve analiz yöntemleri detayları ile Bölüm 3.3'te sunulmaktadır.

3.2. Ön Araştırma

Bu bölümde; ön araştırmada kullanılan araçlar, eğitim - deney ortamı ve katılımcılar, Oculus Quest SG gözlüğü ve Gravity Sketch (GS) uygulaması eğitimi, deney prosedürü, deney analizi, deney sonrası anketler ve görüşme alt başlıklarına yer verilmiştir. Ön araştırma aşamaları ayrıca Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Şekil 3.2. Ön araştırma aşamaları

Bu çalışmanın amacı ana çalışmada katılımcılarla yürütülecek GS eğitiminin süresi ve içeriğini belirlemek, deneylerde katılımcılara verilecek tasarım problemlerine karar vermek, deney öncesi ve sonrasında uygulanacak anket ve görüşme sorularını ve analiz yöntemlerini netleştirmek, örneklem büyüklüğü ve oluşacak olumsuz faktörleri saptamaktır.

Kullanılan araçlar, eğitim - deney ortamı ve katılımcılar

Bu çalışmada herhangi bir bilgisayara gerek duyulmaması, kablosuz olması ve dolayısıyla deneyler için daha elverişli olması nedeniyle mobil başa takılı göstergelerden biri olan Oculus Quest SG gözlüğü kullanılmıştır (Resim 3.1).

Resim 3.1. Oculus Quest SG Gözlüğü

Oculus Quest, Facebook Technologies, LLC'nin bir markası olan Oculus tarafından geliştirilen ve 21 Mayıs 2019'da piyasaya sürülen bir SG gözlüğüdür. Oculus firmasının diğer gözlükleri Oculus Rift ve Oculus Rift S bilgi işlem ve işleme için SG özellikli bir bilgisayara bağlanması gerekmektedir. Oculus Quest ise harici bir bilgisayar gerektirmeyen bağımsız bir SG gözlüğüdür. Bu bağımsız cihaz, Android tabanlı bir işletim sistemi çalıştıran Qualcomm Snapdragon mobil işlemciler tarafından desteklenmektedir. Oculus Quest, hem yönlendirme hem de konum izlemeyi destekleyen 2 adet 6DOF (altı

serbestlik derecesi) denetleyici ve 4 GB RAM ile donatılmıştır. 6DOF yetenekleri, SG ortamlarıyla etkileşime geçmek için sanal elleri entegre etmeye olanak tanır. Gözlük harici sensörler yerine dahili sensörler ve bir dizi kamera kullanır. Kameralar ayrıca, kullanıcı belirlenen sınır alanından çıktığında kameralardan bir görüntü gösteren "Geçiş" güvenlik özelliğinin bir parçası olarak da kullanılır. Quest ayrıca USB yoluyla bir bilgisayara bağlanarak Oculus Rift uyumlu yazılım ve oyunlarla kullanılmasını sağlayan "Oculus Link" özelliğine sahiptir. Her bir göz için ayrı ayrı 1440 × 1600 çözünürlüğe ve 72 Hz yenileme hızına sahip bir elmas Pentile OLED ekran kullanılır. Başlık, orijinal olarak Oculus Go'da tanıtılan ve merceğin en etkili noktasını büyütmeye yardımcı olan "yeni nesil" mercek teknolojisini kullanır. Ek donanım olmadan kullanıcının ellerinin konumunu ve hareketini tanımak için makine öğrenimi, Oculus Insight ve "model tabanlı izleme" kullanılarak 2020'nin başlarında Quest'e el izleme eklenmiştir.

Oculus Quest, ikinci nesil Oculus Touch kontrol cihazlarını kullanır. Tasarımı Oculus Insight'ı barındıracak şekilde değiştirilmiş ve izleme halkaları, başlığın kameraları tarafından izlenebilmeleri için denetleyicilerin arkasından üstüne taşınmıştır. Quest, dahili hoparlörlerin yanı sıra harici kulaklıklarla kullanım için her iki tarafta bir çift 3,5 mm ses jakına sahiptir. 571 gr ağırlığındaki Quest yaklaşık 2 saatte şarj olabilirken pil ömrü yaklaşık 2-3 saattir. İlk kurulum için Oculus uygulamasını çalıştıran bir akıllı telefon gereklidir. Kullanıcı, en az 6,5 fit x 6,5 fitlik bir oynanabilir alana sahip, engelsiz 9 fit x 9 fit bir alana sahip olmalıdır. Kullanıcı ayrıca sabit ve oturur pozisyonda da SG uygulamalarını kullanabilir (Oculus Quest, t.y.).

Bu çalışmada; güncel olması, gerçek zamanlı üç boyutlu modellemeye imkân vermesi, bulut platformuna sahip olması ve uzaktan görüntülenebilmesi sebebiyle Gravity Sketch SG uygulaması kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 2.1.6). Araştırma evreninin eğitim sürecinde yeterlilik kazandığı BDT programlarından GS uygulaması ile daha fazla benzerlik göstermesi nedeniyle deney sürecinde temel değerlendirme çalışmasında Fusion 360 programının kullanılmasına karar verilmiştir. Laboratuvar ortamında başlanan çalışmalar Covid-19 pandemisi dolayısıyla uzaktan eğitim şeklinde devam etmiştir. Fusion 360 ile yapılan deneyler katılımcıların kendi ortamlarında kendi bilgisayarı ile gerçekleştirilirken, GS ile yürütülen eğitim ve deneyler araştırmacının katılımcılara ulaştırdığı Oculus Quest SG gözlüğü ile yine katılımcıların belirlediği, gözlüğün kullanımına elverişli ortamlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamına uygun veri üretebilecek katılımcıların belirlenmesi amacıyla ölçütlere dayalı örnekleme ve türdeş örnekleme yöntemi (Patton, 1990) kullanılmıştır. Ön araştırma kapsamında örneklem grubu, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü 4.sınıf öğrencilerinden uygulanan ön test sonucunda Fusion 360 BDT programını orta ve üzerinde kullanma yeterliliği olan öğrenciler arasından altı kişi belirlenerek oluşturulmuştur.

3.2.1. Ön araştırma - Oculus Quest Sanal gerçeklik gözlüğü ve Gravity Sketch eğitimi

Eğitim ve deney süreci öncesinde örneklem grubuna BDT programları ve SG ile ilgili bilgi ve farkındalık seviyelerini ölçmek amacıyla bir ön anket uygulanmıştır (EK-1).

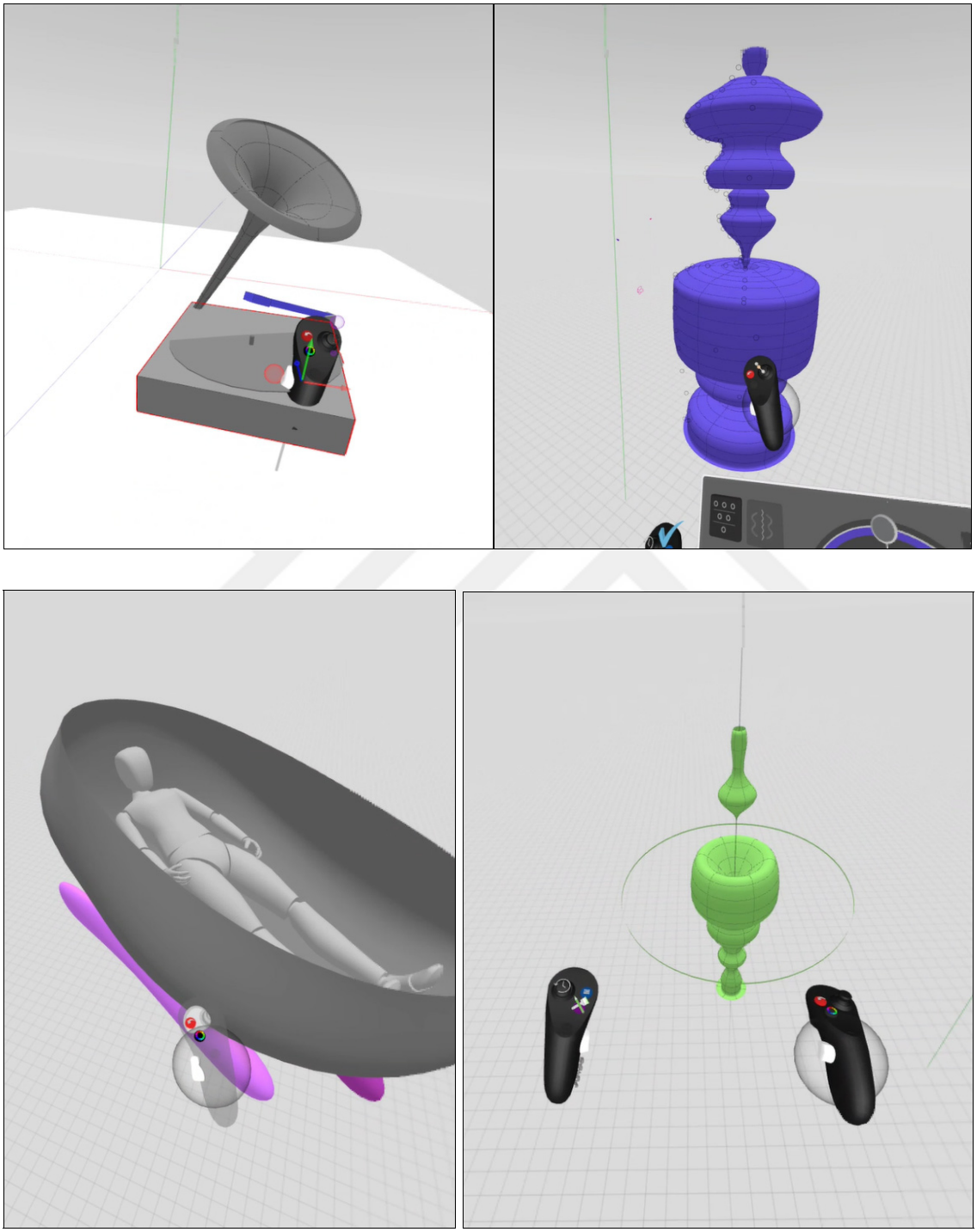
Ön anket uygulamasından sonra belirlenen altı katılımcı üçer kişilik iki gruba ayrılmış ve haftanın belirlenen iki gününde birer saatlik eğitime tabi tutulmuştur. Öncelikle katılımcılara SG ile ilgili genel bir bilgilendirme yapılmıştır. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen eğitimin ilk aşamasında Oculus Quest SG gözlüğünün donanım ve yazılım ile ilgili özellikleri tanıtılmış ve gözlüğün deneyimlenmesi sağlanmıştır. İlk olarak Oculus Quest başlık ve kumandalar üzerindeki ara yüzler tanıtılmış daha sonra tek tek her bir katılımcı ile başlığın başa sabitlenmesi ve merceklerin göz mesafesinin ayarlanması gibi başlangıç adımları uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Oculus Quest uygulamalarından “First Steps” uygulaması kullanılarak kumandalar ve ara yüzlerle (tuşlar ve joystickler) ilgili pratik yapılmıştır (Resim 3.2). Bu eğitimin amacı Oculus Quest SG gözlüğü ara yüz ve kumandalarına hâkim olma becerisini kazandırarak katılımcıların bir sonraki GS eğitimine hazır olmalarını sağlamaktır.

Resim 3.2. Ön araştırma katılımcıları laboratuar ortamında “First Steps” uygulamasını deneyimlerken

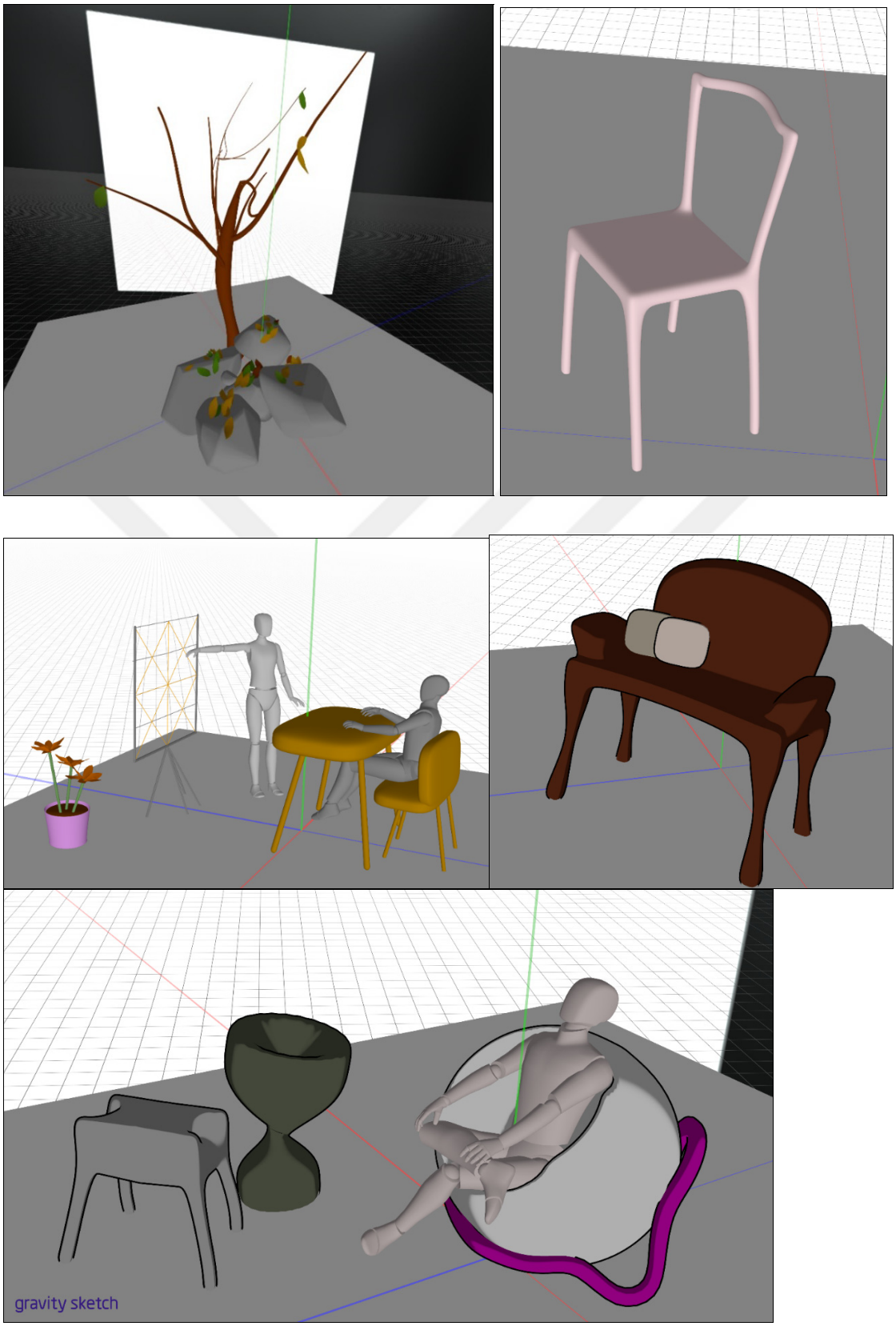
Gözlükle ilgili eğitimler tamamlandıktan sonra ikinci aşamada GS tasarım uygulaması ile ilgili eğitimlere başlanmıştır (Resim 3.3).

Resim 3.3. Ön araştırma katılımcılar GS eğitiminde modelleme yaparken

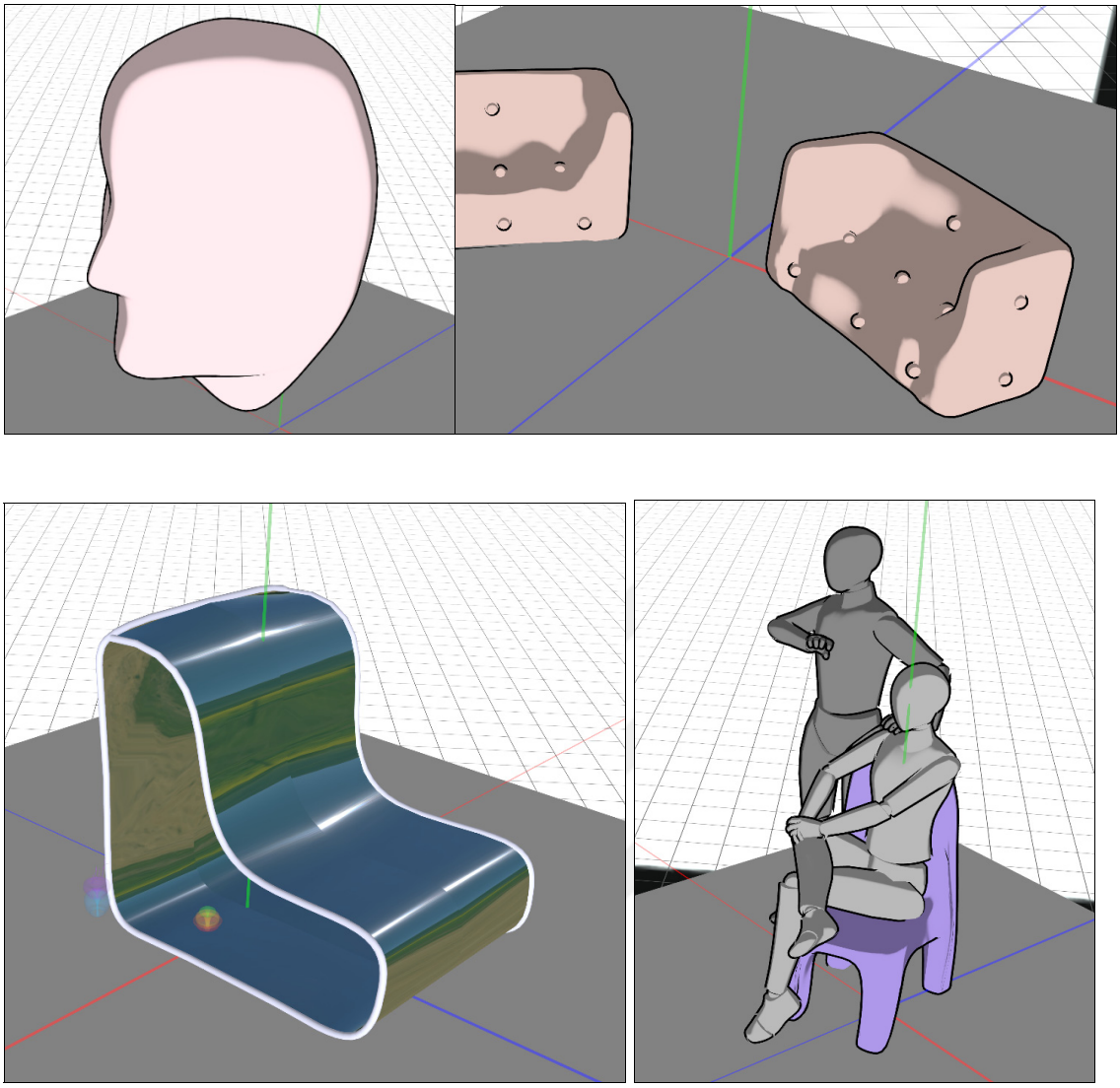
Resim 3.4’te ön araştırma katılımcılarının GS eğitimi sırasında yaptıkları modellemelerden örnekler verilmiştir.



Resim 3.4. Ön araştırma katılımcıları GS eğitimi sırasında yaptıkları modellemelerden örnekler



Resim 3.4. (devam) Ön araştırma katılımcıları GS eğitimi sırasında yaptıkları modellemelerden örnekler



Resim 3.4. (devam) Ön araştırma katılımcıları GS eğitimi sırasında yaptıkları modellemelerden örnekler

Laboratuvar ortamında altı kişi ile başlanan eğitim pandemi nedeniyle ileri bir tarihe ertelenerek eğitimin uzaktan gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Altı katılımcı ile başlanan eğitime pandemiden dolayı katılımcı öğrencilerin şehir değiştirmesi nedeniyle üç kişi ile devam edilmiştir. Pandemi koşulları göz önünde bulundurularak gözlükler katılımcılara araştırmacı tarafından ulaştırılmış ve sürecin katılımcıların kendi çalışma ortamlarında sürdürülmesi sağlanmıştır. Eğitim tümüyle görüntülü görüşme (Zoom ve Whatsapp), telefon görüşmesi, mesajlaşma (Whatsapp ve Discord) ve e-posta gibi iletişim yöntemleri kullanılarak yürütülmüştür. Eğitim, GS uygulaması ile ilgili 30 adet eğitim videosunun izlenerek her birinin uygulamalı olarak tekrar edilmesi ve araştırmacı tarafından hazırlanan GS modelleme örneklerinin takip edilerek belirlenen ürünlerin söz konusu uygulama kullanılarak modellemesini içermektedir. Eğitim videoları; çizim

yaparken atanan kumandaların kullanımı, renk değiştirme, ölçüleri değiştirme, gruplama, çizim araçları, yüzey ve katı model oluşturma araçları, kontrol noktalarının düzenlenmesi, kaydetme ve dışa aktarma, aynalama ve çalışma alanının düzenlenmesi gibi araçları içermektedir. Ön araştırma kapsamında katılımcılarla yürütülen eğitim süreci herhangi bir zaman kısıtlaması olmadan katılımcıların gelişmeleri izlenerek deney süreçlerine hazır olana kadar sürdürülmüştür. Bu sayede üç katılımcı ile gerçekleştirilen eğitimlerle ana çalışmada uygulanacak eğitimin zaman ve içerik planlaması yapılmıştır.

3.2.2. Ön araştırma - deney prosedürü

Fikir üretme deneylerinde fikir üretmeyi etkileyecek değişkenlerin tanımlanması ve ölçülmesi gerektiği belirtilmekte (Shah, Kulkarni ve Vargas-Hernandez, 2000) aksi halde istatiksel analiz yapılamayacağı vurgulanmaktadır (Dinar, Summers, Shah ve Park, 2016). Bu değişkenler tasarımcılar (beceri düzeyleri, yaratıcılık), eserler (karmaşıklık, uyarlanabilirlik, modülerlik), yöntemler (verimlilik, etkinlik), tasarım ekipleri (bileşik kişilik, beceri profili), tasarım fikirleri vb. ile ilgili olabilir (Dinar vd., 2016). Ayrıca Shah vd. (2000) bu değişkenleri yöntem, tasarım problemi, insan faktörleri ve çevre olmak üzere dört değişken sınıf olarak tanımlamaktadır:

Yöntem: Uygulanacak yöntemdeki değişkenler (örneklem büyüklüğü, döngü süresi ve yineleme sayısı gibi) kullanılacak fikir üretme yöntemine bağlıdır. Bir fikir üretme yönteminin etkinliği, bu değişkenlere bağlı olduğundan yöntem değişkenlerinin iyi tasarlanmış olması gerekir (Shah vd., 2000).

Tasarım problemi: Tasarım probleminin niteliği, belirli yöntem değişkenlerinin değerlerini etkileyebilir. Örneğin, fikirleri üretme zamanı tasarım probleminin karmaşıklığı ile ilişkili olabilir (Shah vd., 2000). Bu nedenle tasarım problemlerinin niteliğini karakterize eden değişkenlerin deneylerde incelenmesi gerekir. Literatürde tasarım problemleri için önerilen taksonomiler mevcuttur fakat bunlar daha çok mekanik ve fonksiyona yönelik çözümlere dayalıdır. Bu çalışmalarda karmaşıklık, gereken yenilik derecesi ve ayrıştırılabilirlik olmak üzere üç değişken önemli olarak öngörülmüştür (Shah vd., 2000).

İnsan faktörleri: Tasarımcıların çeşitli özellikleri; kişilik, motivasyon düzeyleri, ruh hali, bireysel yaratıcılık düzeyleri, zekâ, grup etkileşimi becerileri vb. gibi faktörler fikir üretme

sürecini etkiler. Dolayısıyla bu değişkenlerin kontrol edilmesi gerekir. Bu arka planları veya teknik becerileri gibi özelliklerine göre 'eşdeğer' tasarımcı kümeleri oluşturarak ya da deney için seçilen tasarımcıları farklı gruplara rastgele atayarak yapılabilir (Shah, Kulkarni ve Vargas-Hernandez, 2000).

Çevre Değişkenleri: Grubun çalıştığı durum veya tasarım ortamının da fikir oluşumunu etkilemesi muhtemeldir. Zaman kısıtlaması, teslim tarihi, yer, ortam sıcaklığı, aydınlatma, oturma yeri vb. tasarımcıları etkileyebilir. Bu faktörlerin bir deneye katılan tüm gruplar için eşdeğer veya aynı ortam sağlanarak kontrol edilmesi gerekir (Shah, Kulkarni ve Vargas-Hernandez, 2000).

Yukarıda bahsedildiği gibi bu çalışmada yaratıcılık değişkeni açısından 'eşdeğer' tasarımcı kümeleri oluşturmak güçtür. Ayrıca bu çalışma katılımcıların yaratıcılıkları üzerine değil tasarım araçlarının bilişsel tasarım eylem ve tasarım düşüncesi türlerine ve bu eylem ve düşünce türlerinin alternatif sayısı, çeşitlilik ve yenilik ölçeklerine etkileri üzerine odaklandığı için kontrol ve deney grubu oluşturmak yerine her katılımcı her iki deneye de dâhil edilmiştir. Böylelikle tasarımcıların değil tasarım araçlarının etkinlikleri daha güvenilir bir şekilde ölçülebilecektir. Eğitim sürecinden geçerek GS uygulaması ile ilgili yeterli bilgi ve beceri kazanan her bir katılımcının hem Fusion 360 hem de GS kullanarak iki aşamalı deneyi tamamlaması sağlanmıştır. Deneylerin güvenirliliğinin olumsuz etkilenmemesi için Fusion 360 ve GS deneyleri karışık sıra ile gerçekleştirilmiştir.

Literatür taramasında da bahsedildiği gibi SG teknolojilerinin en önemli avantajlarından biri üç boyutlu çevreleyen bir ortamda çizim ve modelleme yapabilme imkânıdır. Dolayısıyla deneylerde katılımcılara verilecek tasarım problemleri formu ile öne çıkan, gerçek ölçülerinde modellemeye uygun ve kısa bir zaman diliminde yeni ve ayrıştırılabilir ürün tasarımı yapılabilmesine imkân verecek aydınlatma, mobilya ve aksesuar ürünleri gibi ürünler arasından seçilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Ön araştırma – deneyler

	Tasarım çalışması 1	Tasarım çalışması 2	Tasarım çalışması 3
Tasarım Problemi	Vazo tasarımı	Masa üstü aydınlatma tasarımı	Oturma birimi tasarımı
Süre	10 dk	20 dk	30 dk
Tasarım parametreleri	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut
Değerlendirme ölçütleri	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik

Formun kontrol edilebilir parametreleri literatürden elde edilen veriler ve uygulamanın kısıtları da göz önünde bulundurularak geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut olarak belirlenmiştir. Katılımcılar kavramsal tasarım sürecinde bu parametreleri göz önünde bulundurmuştur. Her bir deney hem bir BDT programı olan Fusion 360 ile hem de GS uygulaması ile daha önce de bahsedildiği gibi karışık sıra ile gerçekleştirilmiştir. Fusion 360 ile gerçekleştirilen deneyde katılımcılar kendi bilgisayarı ile kendi çalışma ortamlarında, GS ile gerçekleştirilen deneyde ise araştırmacı tarafından ulaştırılan Oculus Quest SG gözlüğü yine katılımcıların gözlüğü rahat kullanabilecekleri kendi belirledikleri çalışma ortamlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Ön araştırma - deney analizi

Deneylerin hem süreçlerinin hem de sonuç ürünlerin değerlendirilebilmesi için her iki oturumda da tasarım süreçleri sırasında ekran videoları ve tasarlanan ürünlerin üç boyutlu modelleri katılımcılar tarafından kaydedilerek araştırmacıya ulaştırılmıştır. Tasarımcıların farklı tasarım araçlarını kullanırken sürecin ve tasarımcıların davranışlarının analiz edilebilmesi için tasarım çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri olan protokol analizi yöntemi kullanılmıştır. Protokol analizi yöntemi Bölüm 3.3.3'te detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2.4. Ön araştırma - deney sonrası anketler ve görüşme

Tüm deneyler tamamlandıktan sonra katılımcılara "Nasa İş yükü İndeksi", "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği", "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi", "Simülatör Rahatsızlığı Anketi", "Tasarım Araçları Değerlendirme Anketi" ve "Teknoloji Kabul Modeli Anketi"

uygulanmıştır. Katılımcılarla ayrıca hem eğitim sırasında yapılandırılmamış görüşmeler hem de anket sonrasında üç açık uçlu soru içeren yarı-yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir.

Ön araştırmada katılımcılarla yapılan GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeleri içeren görüşmelerde alınan cevaplar Hsieh ve Shannon (2005) tarafından tanımlanan geleneksel, yönlendirilmiş ve toplamsal olarak üç farklı içerik analizi yönteminden geleneksel içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İçerik analizi sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi ile ana çalışmada uygulanacak Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi ve görüşme soruları tasarlanmıştır.

İçerik analizi

Nitel içerik analizini kullanan araştırmalar, metnin içeriğine veya bağlamsal anlamına dikkat ederek dilin özelliklerine odaklanır (Budd, Thorp ve Donohew, 1967; Lindkvist, 1981; McTavish ve Pirro, 1990; Tesch, 2013, s.60). Metin verileri sözlü, basılı veya elektronik biçimde olabilir ve açık uçlu anket soruları, röportajlar, odak grupları, gözlemler veya makaleler, kitaplar veya kılavuzlar gibi basılı medyadan elde edilmiş olabilir (Kondracki, Wellman ve Amundson, 2002). Niteliksel içerik analizi, sadece kelimeleri saymanın ötesine geçerek, büyük miktarda metni benzer anlamları temsil eden rasyonel sayıda kategoriye sınıflandırmak amacıyla dili yoğun bir şekilde inceler (Weber, 1990). İçerik analizinin amacı, incelenen olgunun anlaşılmasını sağlamaktır (Downe-Wamboldt, 1992, s. 314).

Hsieh ve Shannon (2005) tarafından geleneksel, yönlendirilmiş ve toplamsal olarak üç farklı içerik analizi yönteminden bahsedilmektedir. Geleneksel içerik analizi yöntemi genellikle bir olgu üzerine mevcut teori veya araştırma literatürü sınırlı olduğunda kullanılır. Araştırmacılar önceden belirlenmiş kategorileri (Kondracki, Wellman ve Amundson, 2002) kullanmak yerine, kategorilerin ve kategorilerin isimlerini verilerden elde ederler. Bu yöntem aynı zamanda tümevarımsal kategori geliştirme olarak da tanımlanır (Mayring, 2004).

Veriler öncelikle görüşmeler yoluyla toplanıyorsa, açık uçlu sorular kullanılır. Araştırmalar önceden var olan bir teori yerine "Bana bundan daha fazla bahsedebilir misin?" gibi açık

uçlu veya katılımcının yorumlarına özgü olma eğilimindedir. Veri analizi, tüm verileri tekrar tekrar okumakla başlar (Tesch, 2013, s.60) ve sonrasında veriler, anahtar düşünceleri veya kavramları yakalayarak kodları türetmek için kelime kelime okunur (Miles ve Huberman, 1994; Morgan, 1993; Morse ve Field, 1995). Bu süreç devam ederken, birden fazla anahtar düşünceyi yansıtan kod etiketleri ortaya çıkar. Bunlar genellikle doğrudan metinden gelir ve daha sonra ilk kodlama şeması haline gelir. Kodlar daha sonra farklı kodların nasıl ilişkili ve bağlantılı olduğuna göre kategorilere ayrılır. Bu ortaya çıkan kategoriler, kodları anlamlı kümeler halinde düzenlemek ve gruplamak için kullanılır (Coffey ve Atkinson, 1996; Patton, 2002). İdeal olarak, kümelerin çok sayıda kodu sıralayacak kadar geniş tutulması için küme sayısı 10 ile 15 arasındadır (Morse ve Field, 1995).

Bu çalışmada katılımcılarla yapılan GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeleri içeren görüşmelerde alınan cevaplar Hsieh ve Shannon (2005) tarafından kategorize edilen geleneksel içerik analizi yöntemi kullanılarak kategorilendirilmiştir. Analiz sonucunda ulaşılan kategoriler tekrar etme sıklığına göre Çizelge 3.2'de verilmiştir.

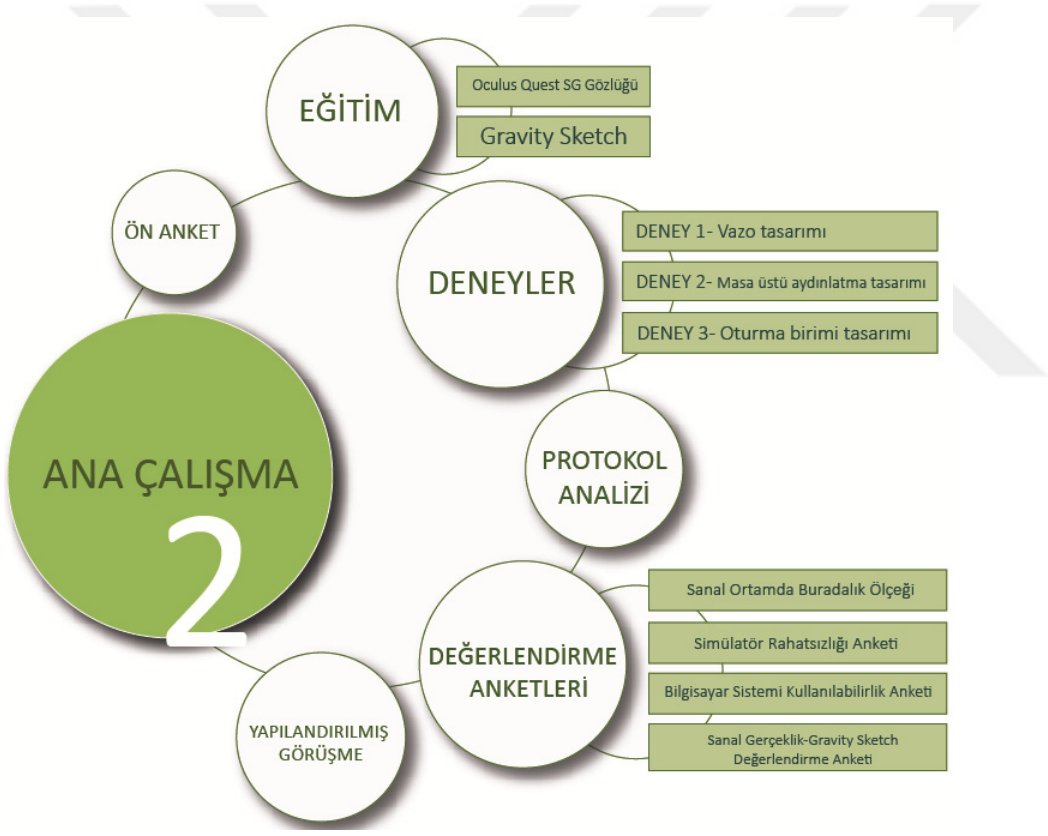
Çizelge 3.2. Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeler

	Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeler
1	Kolay kullanım
2	Hızlı modelleme
3	Üç boyutlu düşünme
4	Yaratıcılık geliştirme
5	Zihindekileri üç boyuta aktarabilme
6	Üretkenlik
7	Doğal etkileşim (gerçek dünyada çizme hissiyatı)
8	Modele her açıdan bakabilme
9	Akışkan modelleme
10	Hayal gücü geliştirme
11	Ergonomik olma
12	Esneklik
13	Programın içinde kendini kaybetme
14	Gerçek boyutunda modelleme
15	Eğlenceli olma

3.3. Ana Çalışma

Ön araştırma sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda eğitim süresi ve içeriği, deneylerde verilen tasarım problemleri, anket ve görüşme soruları revize edilmiş, örneklem büyüklüğüne ve analiz yöntemlerine karar verilmiştir.

Bu bölümde; ana çalışmada kullanılan araçlar, eğitim - deney ortamı ve katılımcılar, Oculus Quest SG gözlüğü ve Gravity Sketch uygulumaası eğitimi, deney prosedürü, deney analizi, deney sonrası anketler ve görüşme alt başlıklarına yer verilmiştir. Ana çalışma aşamaları ayrıca Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Ana çalışma aşamaları

Kullanılan araçlar, eğitim - deney ortamı ve katılımcılar

Ön araştırmada olduğu gibi ana çalışma deneylerinde de GS ve Fusion 360 programı kullanılmıştır. Pandemi koşulları nedeniyle Fusion 360 ile gerçekleştirilen deneyler katılımcıların kendi bilgisayarları ile kendi belirledikleri çalışma ortamlarında gerçekleştirilmiştir. GS ile gerçekleştirilen deneylerde ise araştırmacının sağladığı iki adet

Oculus Quest SG gözlüğü kullanılmıştır. GS ile gerçekleştirilen deneyler katılımcılar tarafından belirlenen, gözlüğü kullanmaya elverişli ortamlarda gerçekleştirilmiştir.

Protokol analizi yöntemi kullanılan çalışmalarda analiz süresinin protokol süresinin 10 ile 1000 kat ve daha fazlası olması dolayısıyla bu yöntemin son derece zaman alan bir araştırma yöntemi olduğu vurgulanmaktadır (Sanderson ve Fisher, 1994). Dolayısıyla protokol verilerini yönetilebilir bir boyutta tutabilmek için analiz edilecek deney süresi ile örneklem büyüklüğü arasında bir denge sağlanması gerekir. Çoğu çalışmada toplam protokol boyutlarının 1000 dakika ve altı ile sınırlandırıldığı görülmektedir (Jiang ve Yen, 2009). Bu bilgilerden yola çıkarak her bir katılımcı ile gerçekleşecek toplam altı deneyin 120 dakika olacağı düşünüldüğünde ve olası olumsuz durumlarda (sağlık problemleri ve benzeri) çalışmanın yarıda bırakılması ihtimali de göz önünde bulundurularak araştırmanın 20 kişi ile yürütülmesinin uygun olacağı öngörülmüştür.

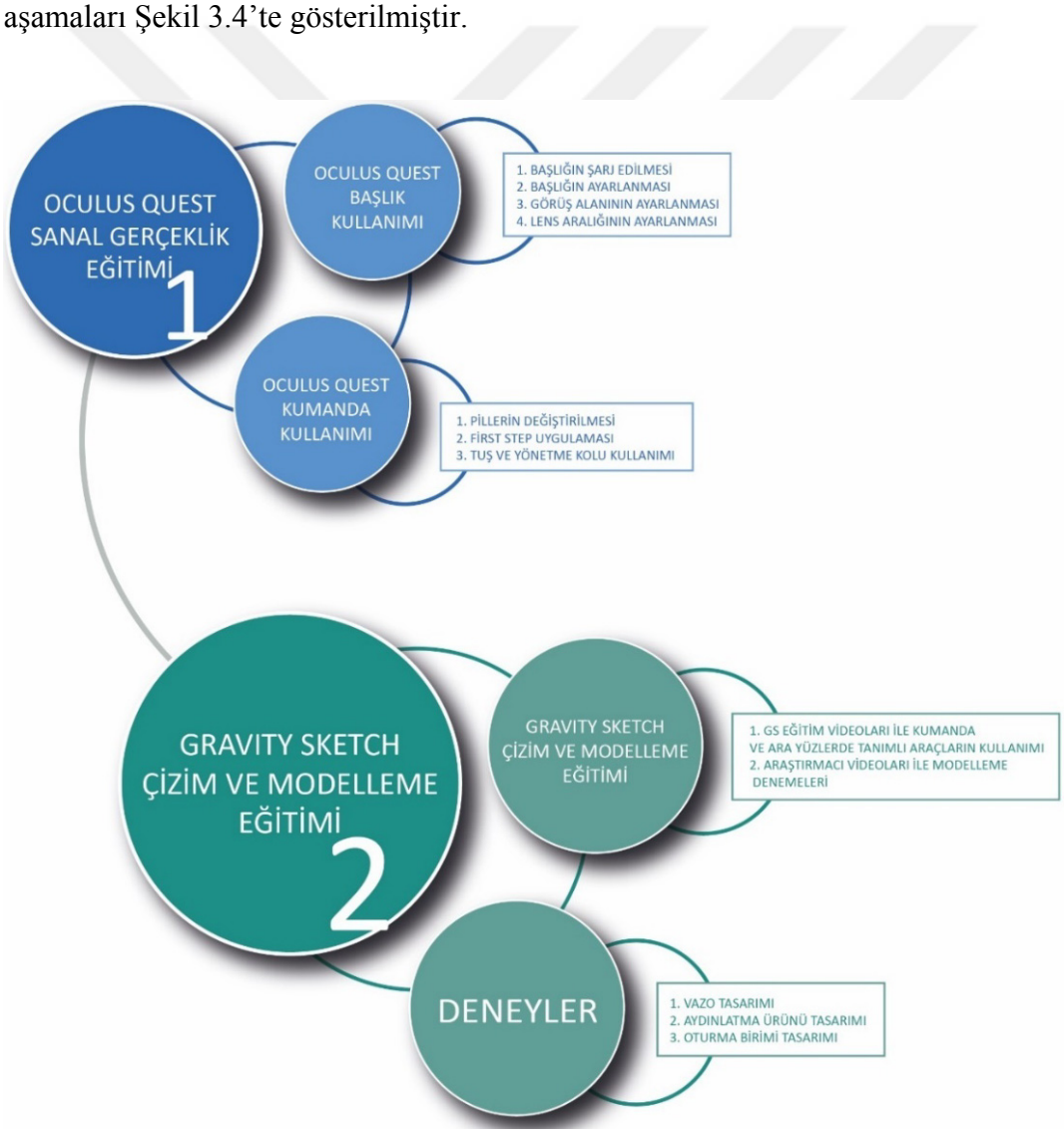
Ana çalışmada da ön araştırmada olduğu gibi katılımcılar Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım 4.sınıf öğrencilerinden Fusion 360 programını orta ve üzerinde kullanma becerisine sahip öğrenciler arasından seçilmiştir. 2'si erkek 18'i kadın olan katılımcıların yaşları 21 ile 25 arasında değişmekte olup yaş ortalamaları 23'tür. Katılımcılara ait demografik bilgiler ve bu katılımcıların Fusion 360 kullanma becerileri Çizelge 3.3'te verilmektedir.

Çizelge 3.3. Katılımcı bilgileri ve Fusion 360 kullanma becerileri

Katılımcı No	Cinsiyet	Yaş	Fusion 360 kullanma becerisi
1	Kadın	22	İyi
2	Kadın	23	Orta
3	Kadın	22	İyi
4	Kadın	24	İyi
5	Kadın	22	İyi
6	Kadın	24	İyi
7	Kadın	22	Çok İyi
8	Kadın	22	Çok İyi
9	Kadın	23	İyi
10	Kadın	24	Orta
11	Kadın	23	İyi
12	Erkek	24	İyi
13	Erkek	23	Çok İyi
14	Kadın	24	İyi
15	Kadın	23	Orta
16	Kadın	23	İyi
17	Kadın	22	İyi
18	Kadın	22	İyi
19	Kadın	25	İyi
20	Kadın	21	Orta

3.3.1. Ana çalışma - Oculus Quest Sanal Gerçeklik gözlüğü ve Gravity Sketch uzaktan eğitimi

Ön araştırma kapsamında eğitim süreci zaman planı açısından esnek bırakılmış ve elde edilen veriler göz önünde bulundurularak ana çalışmada uygulanacak optimum eğitim süresine ve buna bağlı olarak içerik dağılımına karar verilmiştir. Buna göre uzaktan yürütülecek bir haftalık süreçte her gün bir saat olmak üzere toplam yedi saatlik bir eğitimin katılımcıların deney süreçlerine hazır olmaları için yeterli olduğu görülmüştür. Yedi günlük eğitimlerini tamamlayan katılımcılarla her gün ikişer tasarım çalışmasını içeren ve toplam üç gün süren bir deney süreci yürütülmüştür. Eğitim ve deney süreci aşamaları Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Ana çalışma - Oculus Quest SG gözlüğü ve GS uygulaması uzaktan eğitim ve deney süreci aşamaları

Araştırma kapsamında edinilen iki adet Oculus Quest SG gözlüğü araştırmacı tarafından katılımcılara ulaştırılmış her on günlük eğitim ve deney sürecinden sonra tekrar alınarak diğer iki katılımcıya ulaştırılmıştır. İkili çalışma grupları arasında bir gün boşluk bırakılarak bu süre içerisinde gözlükteki veriler toplanmış ve gözlükler dezenfekte edilerek katılımcılara teslim edilmiştir.

Gözlüğün ulaştırıldığı katılımcılara eğitimden önce ön araştırmada olduğu gibi BDT programları ve SG ile ilgili bilgi ve farkındalık seviyelerini ölçmek amacıyla bir ön anket uygulanmıştır. Daha sonra Gravity Sketch Çizim ve Modelleme Uzaktan Eğitimi Ders ve Deney Programı katılımcılara gönderilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Gravity Sketch Çizim ve Modelleme Uzaktan Eğitimi Ders ve Deney Programı

1.GÜN- OCULUS QUEST SANAL GERÇEKLİK EĞİTİMİ
Süre: 60 dk
Bu eğitimin amacı Oculus Quest Sanal Gerçeklik Gözlüğü ara yüz ve kumandalarına hâkim olma becerisini kazandırmaktır. Öncelikle katılımcılara eğitimci tarafından sanal gerçeklikle ilgili genel bir bilgilendirme yapılacaktır. Katılımcılar gözlüğün elverişli kullanılabileceği bir ortam belirleyecek ve eğitimcinin uzaktan yönlendirmeleriyle gözlüğün şarj edilmesi, açılıp kapatılması ve ortamın tanımlanması gibi başlangıç adımları takip edilecektir. Gözlük bünyesinde bulunan "First Steps" uygulaması kullanılarak kumandalar ve ara yüzlerle (tuşlar ve joystickler) ilgili kullanım pratiği geliştirilecektir.
2.GÜN- GRAVITY SKETCH ÇİZİM VE MODELLEME EĞİTİMİ
Süre: 60 dk
Gravity Sketch uygulaması resmî sitesinde (https://www.gravitysketch.com/learn/) bulunan eğitim videoları yardımıyla kumanda ve ara yüzlerde tanımlı çizim ve modelleme araçlarının kullanımı öğrenilecektir. Video 1: Çizim yapılan kumanda ▪ Çizme - Çizgi kalınlaştırma - İnceltme ▪ Tutma - Hareket ettirme - Kopyalama ▪ Geri alma ▪ Renk ve ton Değiştirme Video 2: Çizim yapılmayan kumanda ▪ Zamanı geri alma ▪ Ayarlar menüsü ▪ Araçlar menüsü ▪ Ekranı döndürme, büyütme ve küçültme Video 3: Renk ve malzeme değiştirme Video 4: Büyütme-küçültme Video 5: Gruplama Video 6: Çizim araçlarına hızlı bakış ▪ Çizgi (Ink-Stroke) ▪ Döndürme (Revolve) ▪ Yüzey (Surface) ▪ Hacim (Volume) ▪ Basit nesneler (Primitive objects) Video 7: Mürekkep çizgi aracı (Ink tool) Video 8: Çizgi aracı (Stroke tool) Video 9: Döndürme aracı (Revolve tool) Video 10: Yüzey oluşturma aracı (Surface tool)

Çizelge 3.4.(devam) Gravity Sketch Çizim ve Modelleme Uzaktan Eğitimi Ders ve Deney Programı

3.GÜN- GRAVITY SKETCH ÇİZİM VE MODELLEME EĞİTİMİ - DEVAM
Süre: 60 dk
Video 11: Hacim oluşturma aracı (Volume tool) Video 12: Basit nesneler aracı (Primitive tools) Video 13: Eğriler arası köprü (Bridge Curves) Video 14: Kontrol noktalarını düzenleme (Editing control points) Video 15: İleri düzenleme (Advanced editing) Video 16: Hassas eğri yüzeyler (Precise curved surface) Video 17: Kaydetme ve dışa aktarma Video 18: Ekran görüntüsü alma Video 19: Aynalama Video 20: Grid
4.GÜN- GRAVITY SKETCH ÇİZİM VE MODELLEME EĞİTİMİ - DEVAM
Süre: 60 dk
Video 21: Akıllı taşıma Video 22: Aksı bulma (Recover axis) Video 23: Çalışma alanı Video 24: Referans imajlar Video 25: Referans geometri Video 26: İçe nesne aktarma Video 27: Aktarılan nesnelerin ölçeklendirilmesi Video 28: Katmanlar
5.GÜN- GRAVITY SKETCH ÇİZİM VE MODELLEME EĞİTİMİ - DEVAM
Süre: 60 dk
Toolbelt kullanımı Subd modelleme videoları
6-7. GÜN- GRAVITY SKETCH ÇİZİM VE MODELLEME EĞİTİMİ - DEVAM
Süre: 60 dk
Eğitimci tarafından hazırlanan videolar yardımıyla çizim ve modelleme çalışmaları
8.GÜN- TASARIM ÇALIŞMASI 1
Süre: 20 dk
Belirlenen tasarım çalışmasının Fusion 360 ve Gravity Sketch ile üç boyutlu modellenmesi
9.GÜN- TASARIM ÇALIŞMASI 2
Süre: 40 dk
Belirlenen tasarım çalışmasının Fusion 360 ve Gravity Sketch ile üç boyutlu modellenmesi
10.GÜN- TASARIM ÇALIŞMASI 3
Süre: 60 dk
Belirlenen tasarım çalışmasının Fusion 360 ve Gravity Sketch ile üç boyutlu modellenmesi

Eğitimin ilk gününde katılımcılarla Zoom toplantısı yapılarak SG ile ilgili genel bir bilgilendirme yapılmış ve Oculus Quest SG gözlüğü tanıtılmıştır. Öncelikle gözlük başlığının şarj edilmesi, kumandaların pillerinin değişimi ve cihazın açılıp kapatılması gibi başlangıç adımları anlatılmıştır. Gözlüğün rahat kullanıma imkân verecek şekilde başa nasıl sabitlendiği ve lens uzaklarının göz mesafesine göre nasıl ayarlandığı görseller kullanılarak anlatılmış ve Oculus Quest destek bölümünde yer alan yönergeler takip edilmiştir.

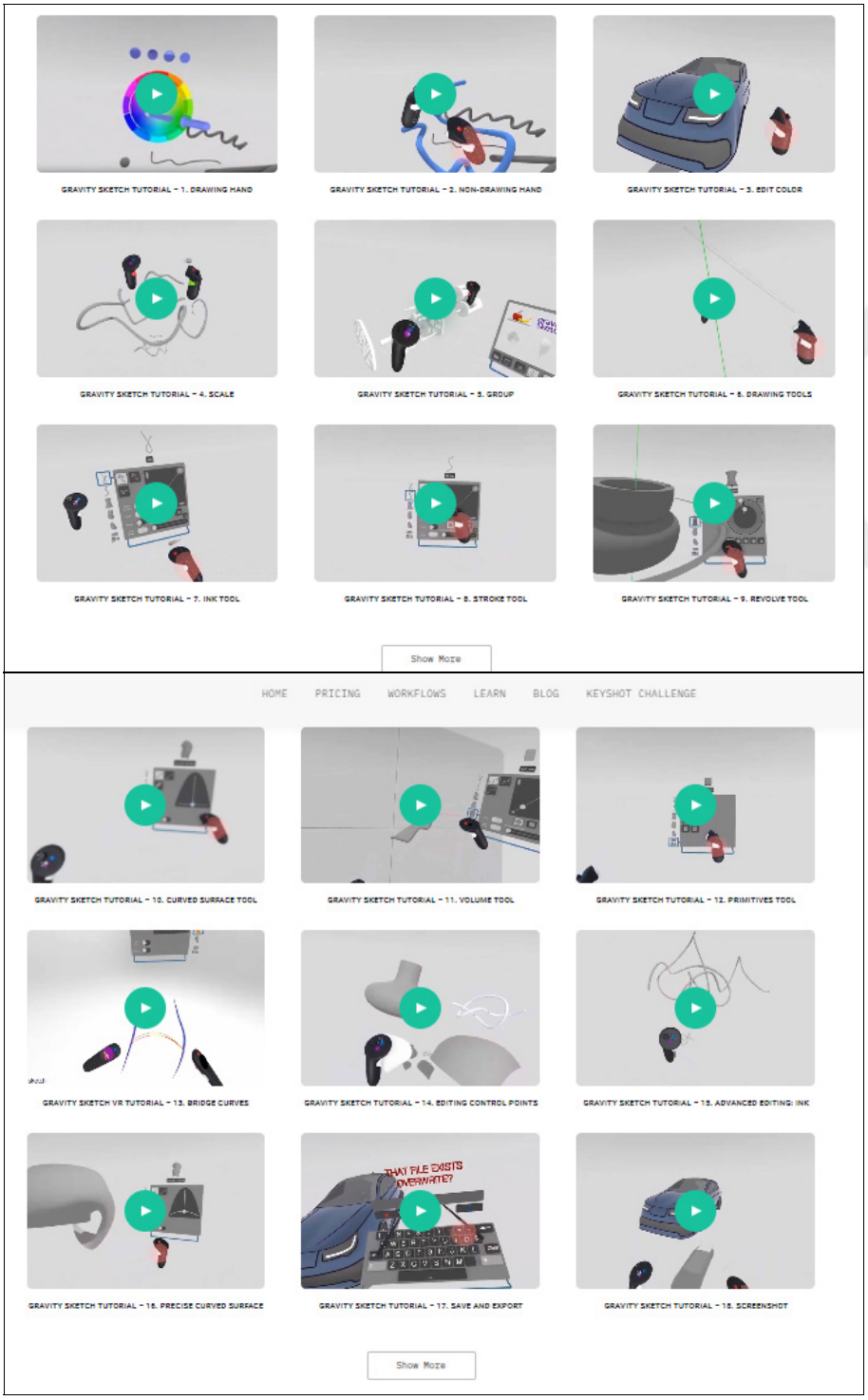
Daha sonra katılımcılardan gözlüğün elverişli kullanılabileceği en az 2 metre x 2 metre büyüklüğünde, güvenli ve engelsiz bir ortam belirlemeleri ve ortamı gözlüğe tanıtmaları istenmiştir. Ana ekranda uygulamalar kısmında gözlük bünyesinde bulunan "First Steps" uygulamasını (Resim 3.5) kullanarak katılımcıların uygulamanın yönlendirdiği şekilde kumandalar ve ara yüzlerle (tuşlar ve yönetme kolu) ilgili kullanım pratiği geliştirmeleri sağlanmıştır.

Resim 3.5. Oculus Quest First Steps uygulaması (Oculus Quest, t.y.)

Resim 3.6'da ana çalışma GS eğitimleri sırasında katılımcıların kaydettiği görüntülerden örneklere yer verilmiştir.

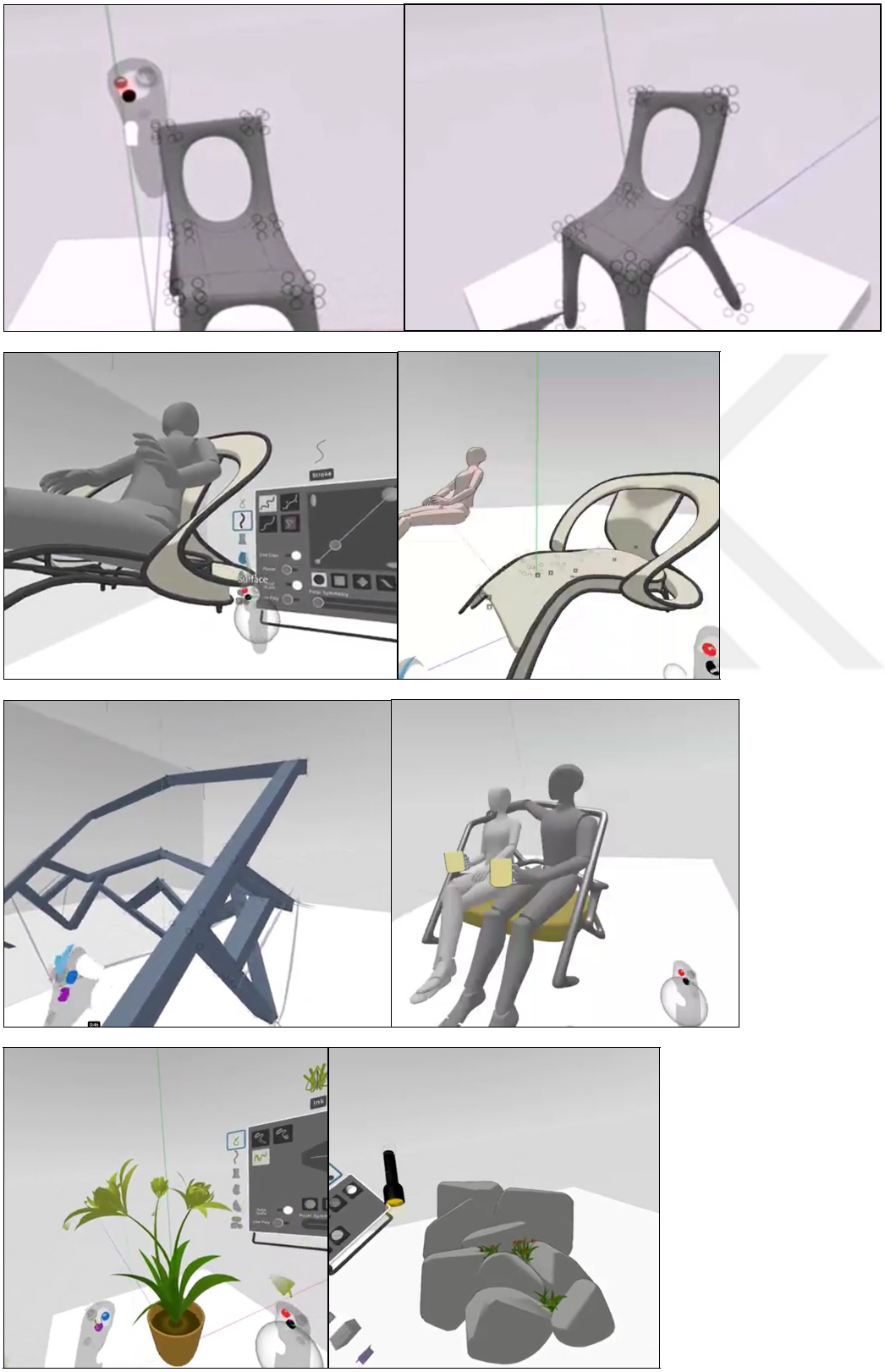
Resim 3.6. Ana çalışma GS eğitimlerinden örnek görüntüler

Çalışmanın ikinci gününden beşinci günün sonuna kadar yine araştırmacının yazılı, sesli ve videolu yönlendirmeleri ile GS uygulaması resmî sitesinde ve sosyal platformlarda bulunan eğitim videoları izlenerek kumanda ve ara yüzlerde tanımlı çizim ve modelleme araçlarının kullanımı öğrenilmiş ve uygulama yapılarak pekiştirilmiştir (Resim 3.7).



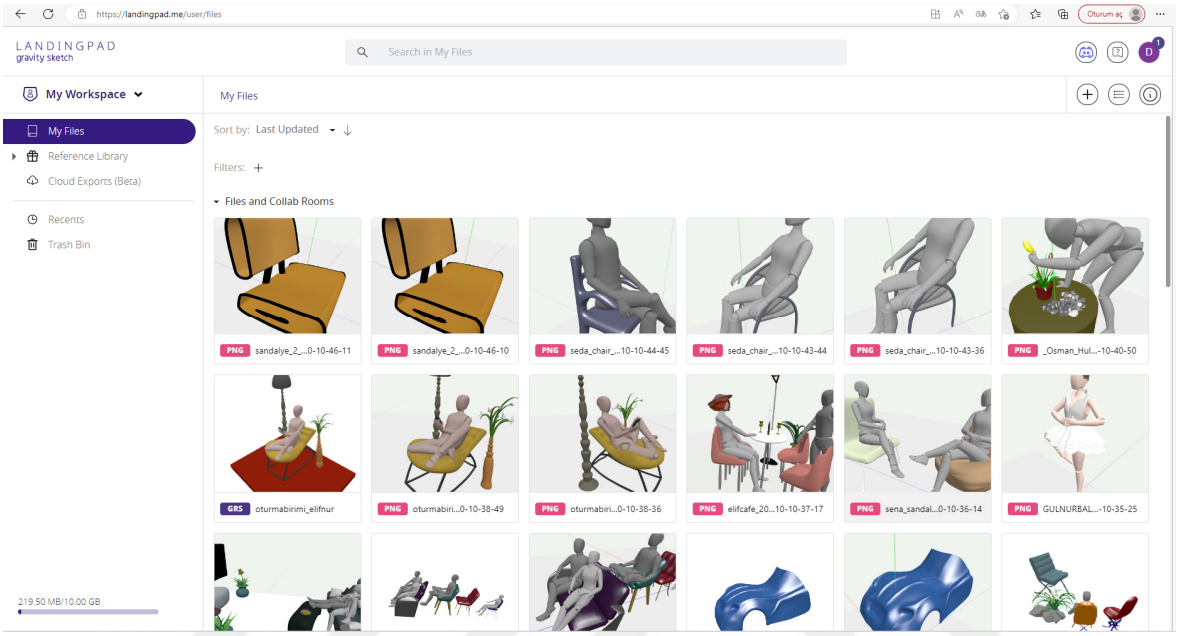
Resim 3.7. GS eğitim videoları (Gravity Sketch, t.y.)

Araştırmacı tarafından tüm çizim ve modelleme araçlarını içine alan ve farklı ürünlerin modellemelerini içeren eğitim videoları hazırlanmıştır (Resim 3.8).



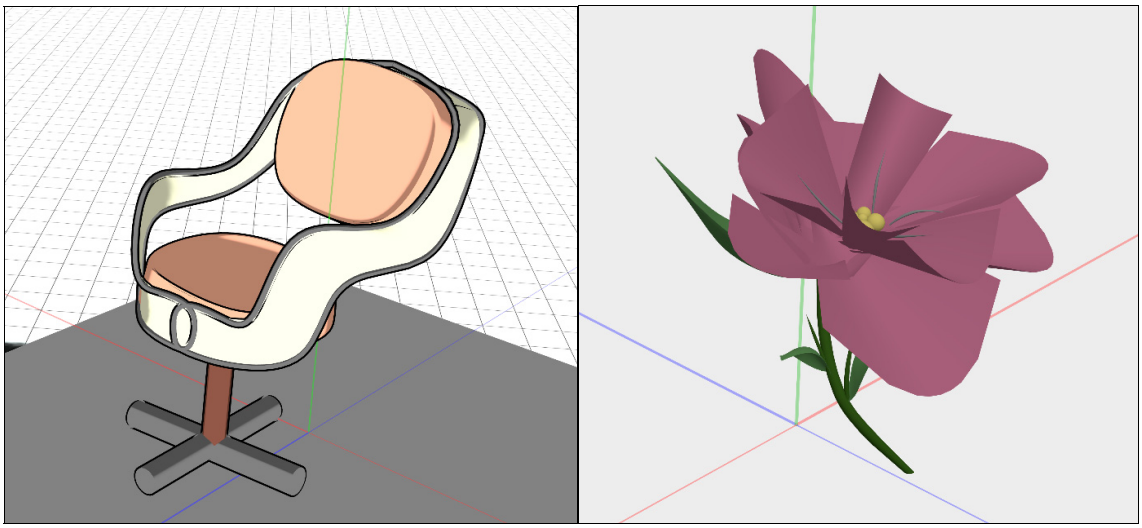
Resim 3.8. Araştırmacı tarafından hazırlanan eğitim videolarından ekran görüntüleri

Bu örnek ürün çizim ve modelleme videoları yardımı ile katılımcıların farklı ürünleri GS uygulaması kullanarak modellemeleri sağlanmıştır (Resim 3.10). Katılımcıların modelledikleri ürünlerin üç boyutlu dosyaları ve görsellerine GS uygulamasının bulut platformu "LandingPad" üzerinden ulaşılmıştır (Resim 3.9).

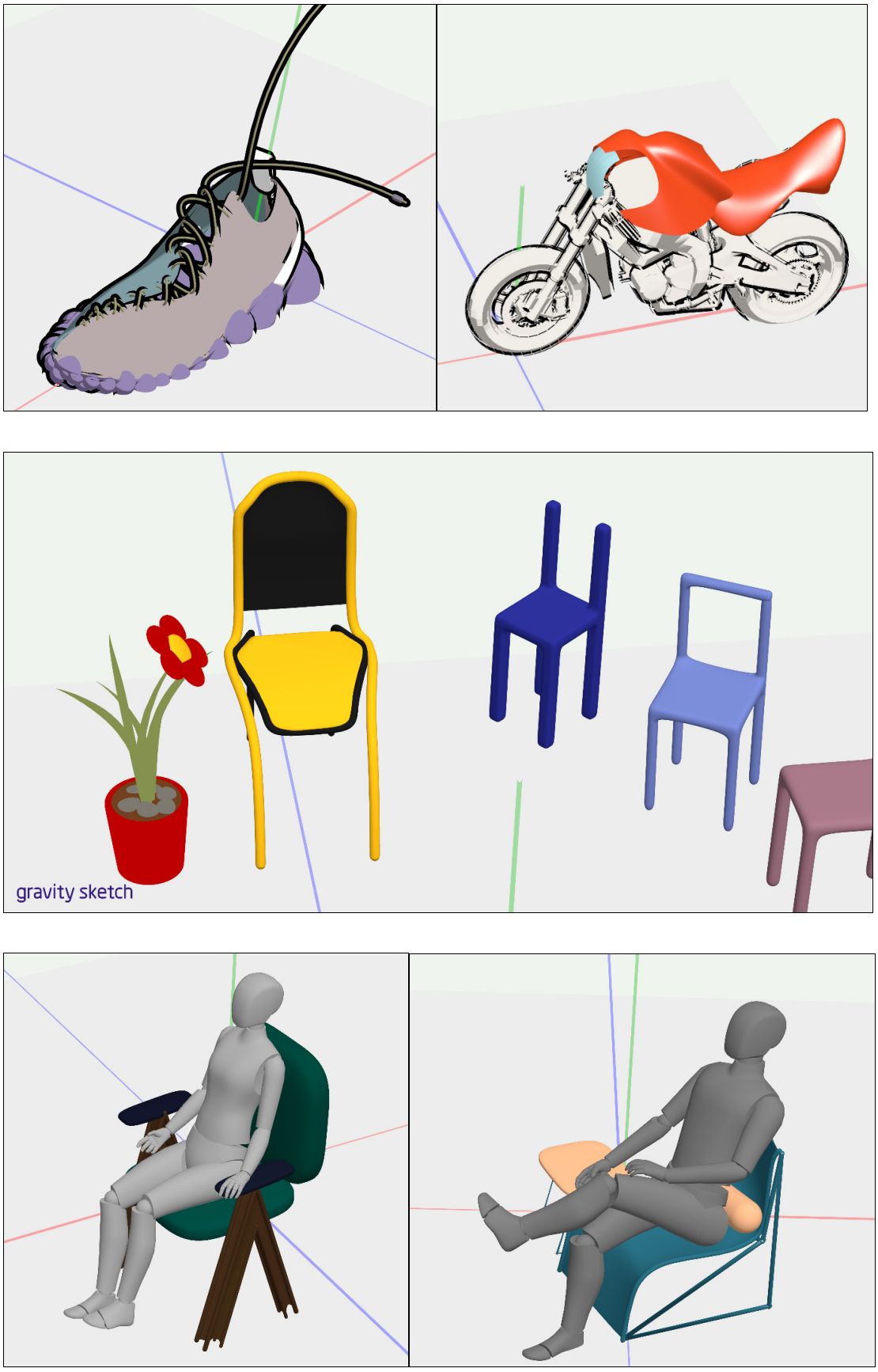


Resim 3.9. LandingPad ekran görüntüsü

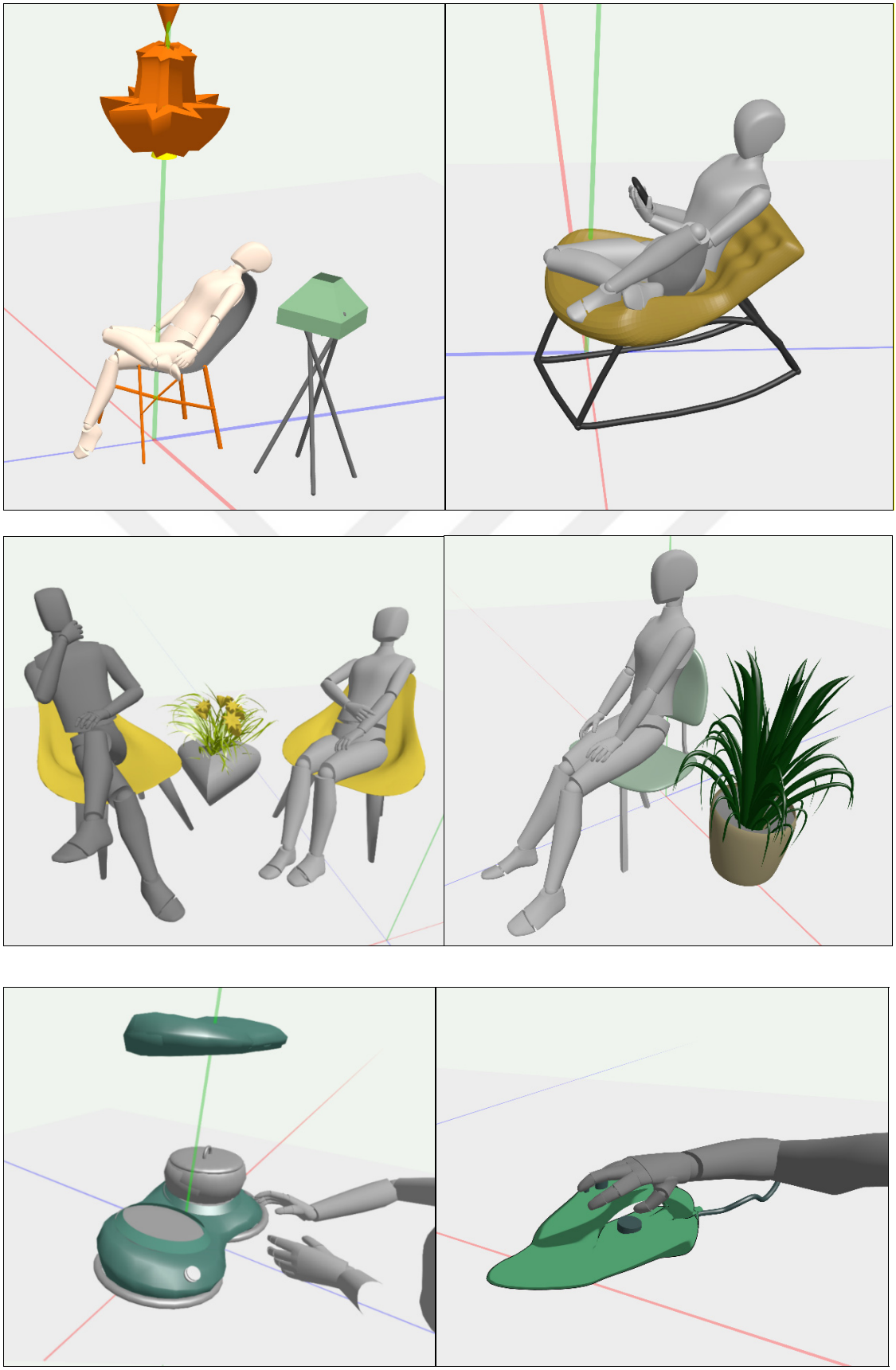
Resim 3.10'da katılımcıların eğitimler sırasında modelledikleri ürünlerin ekran görüntüleri gösterilmektedir.



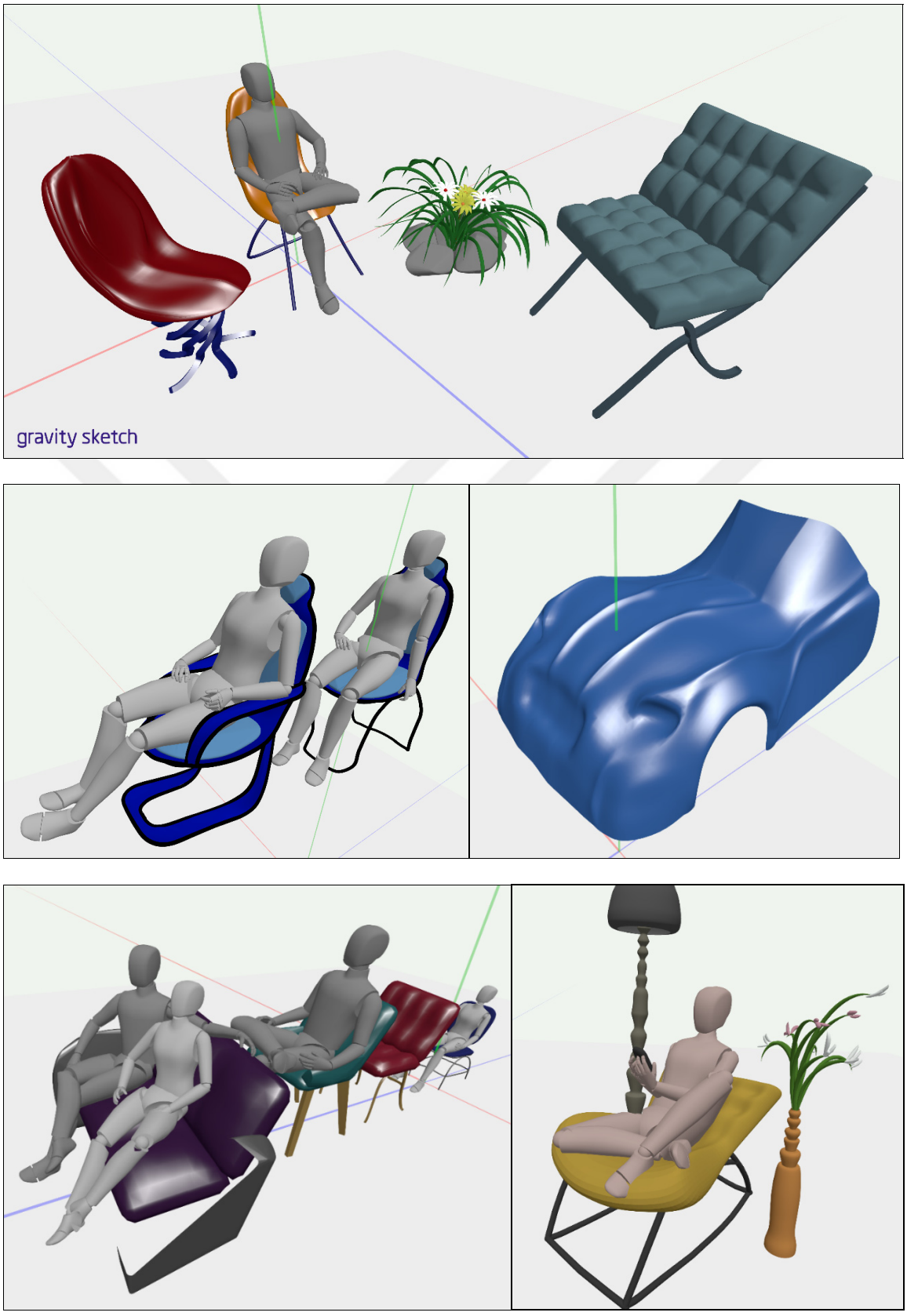
Resim 3.10. Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri



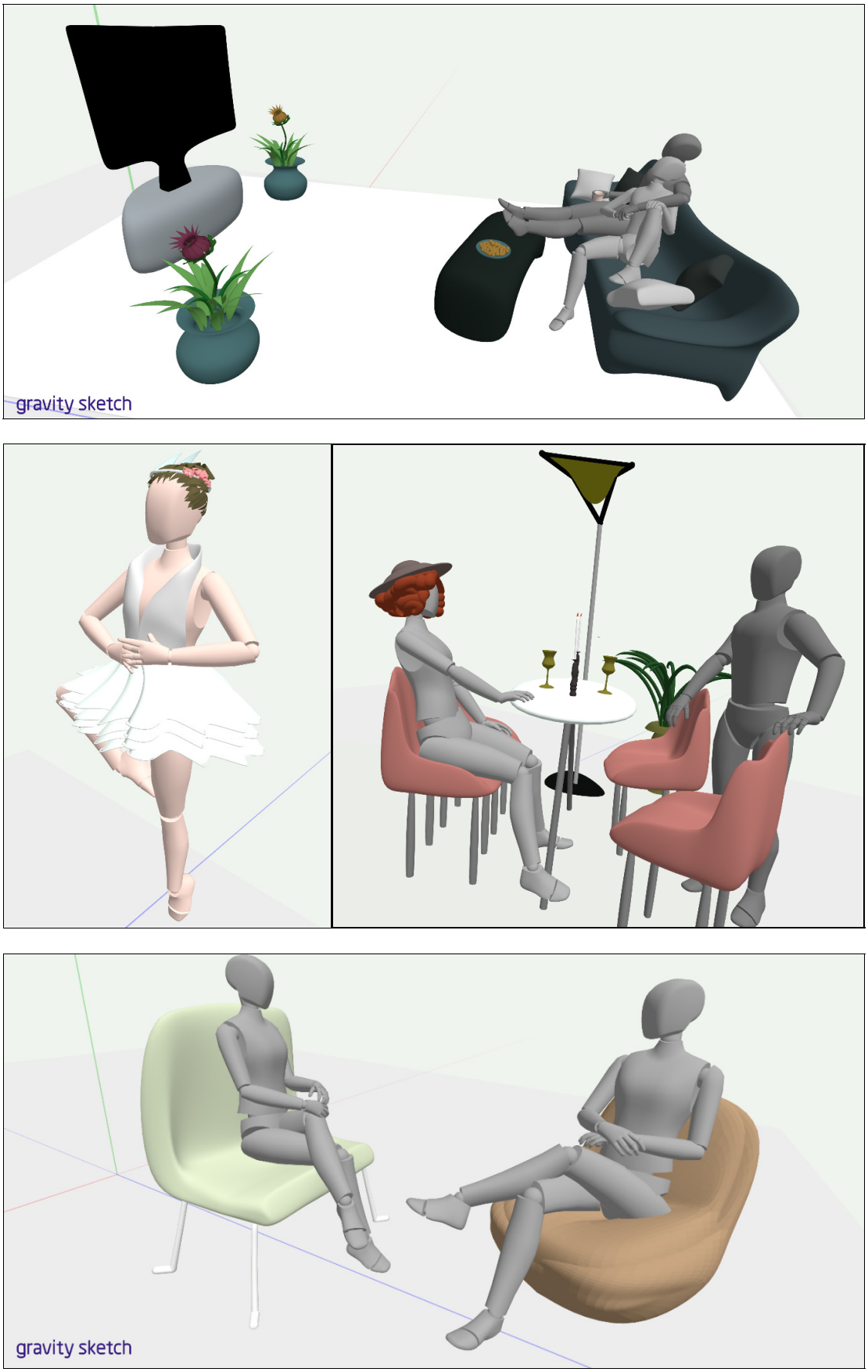
Resim 3.10. (devam) Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri



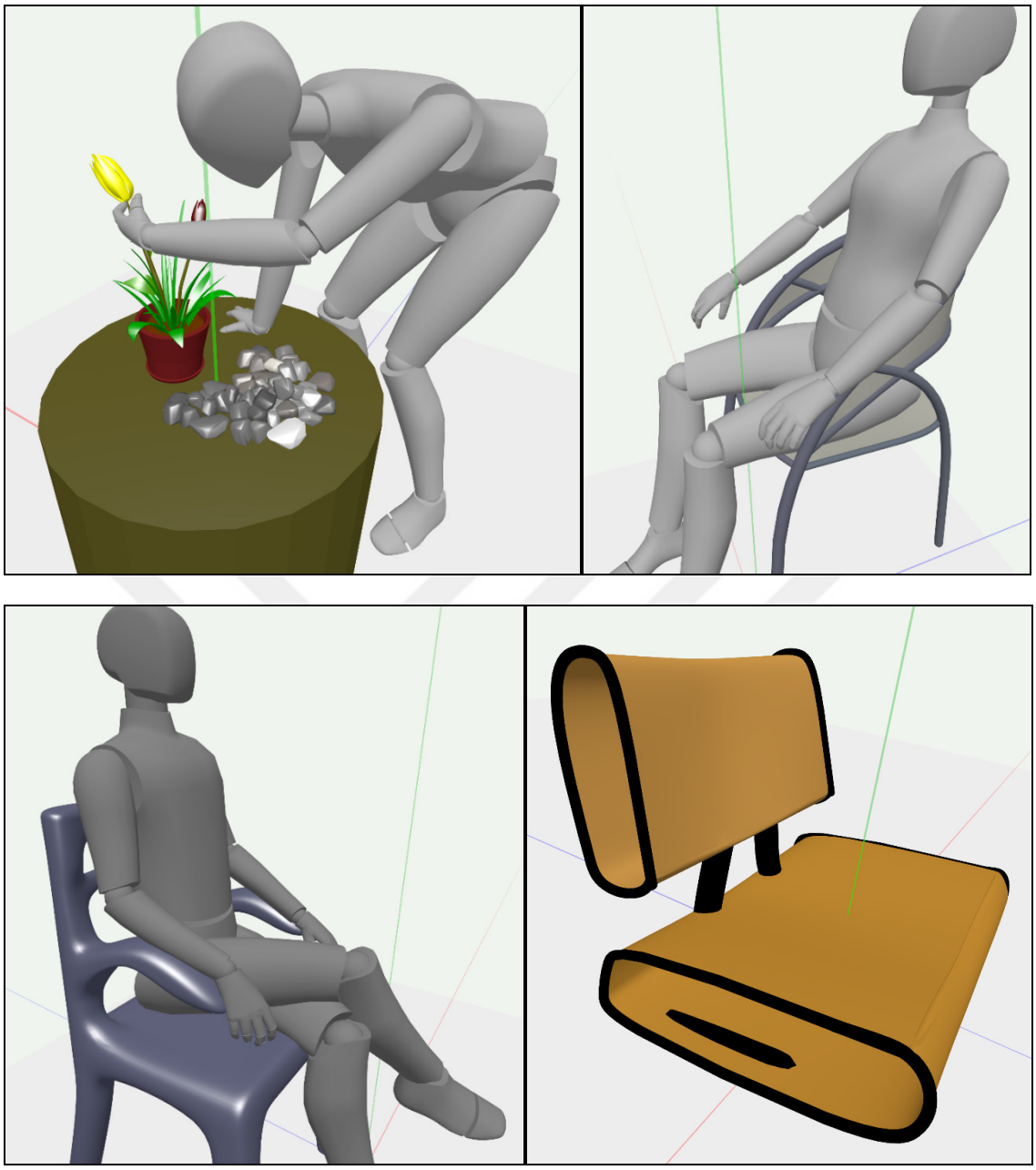
Resim 3.10. (devam) Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri



Resim 3.10. (devam) Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri



Resim 3.10. (devam) Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri



Resim 3.10. (devam) Eğitimler sırasında katılımcıların modelledikleri ürünlerden ekran görüntüleri

3.3.2. Ana çalışma - deney prosedürü

On günlük eğitimin son üç gününde ise her gün ikişer tasarım çalışması olmak üzere altı tasarım çalışmasından oluşan üç deney tamamlanmıştır. Deneylerden önce katılımcılara tasarım problemi, deney süresi ve değerlendirme ölçütleri verilmiş ve verilen süre içerisinde olabildiğince çok ama birbirinden farklı kavramsal tasarım alternatifi geliştirmeleri istenmiştir. Ön araştırmada olduğu gibi katılımcıların yarısı deneylere GS ile başlarken diğer yarısı Fusion 360 ile başlamıştır. Ön araştırmada yürütülen Tasarım

çalışması 1 ve Tasarım çalışması 2 süreç ve sonuçları incelenmiş ve Tasarım çalışması 3'e göre ürün sayısının fazla fakat çeşitliliğin az olduğu görülmüştür. Bu durum göz önünde bulundurularak Tasarım çalışması 1 ve Tasarım çalışması 2'nin iki oturumu için tasarım problemleri kapsam ve karmaşıklık açısından mümkün olduğunca tutarlı tutularak ayrı ama bilişsel yükleri benzer olacak şekilde oluşturulmuştur (Çizelge 3.3). Ön araştırmada her bir tasarım problemi için verilen sürelerin yeteri kadar sayıda tasarım fikrinin görselleştirilmesi için yeterli olduğu görüldüğü için ana çalışmada da Çizelge 3.5'te belirtildiği gibi aynı süreler verilmiştir.

Çizelge 3.5. Ana çalışma – deneyler

	Tasarım çalışması 1	Tasarım çalışması 2	Tasarım çalışması 3
Tasarım Problemi	1- Tek bir gül için vazo tasarımı 2- Bir demet papatya için vazo tasarımı	1- Masa üstü aydınlatma tasarımı (bir taban ve gölgelikten oluşacak) 2- Duvar aydınlatması – aplik tasarımı (bir taban ve gölgelikten oluşacak)	Oturma birimi tasarımı
Süre	10 dk	20 dk	30 dk
Tasarım parametreleri	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut	geometri, kompozisyon, oran-orantı ve boyut
Değerlendirme ölçütleri	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik	Alternatif sayısı Çeşitlilik Yenilik

Ekran kaydına ek olarak tasarım süreçlerinin bilişsel yönden de değerlendirilebilmesi için her iki oturumda (GS ve Fusion 360) da katılımcıların duygu ve düşüncelerini sesli olarak (protokol analizi) ifade etmeleri istenmiştir. Ayrıca GS kullanırken el, kol ve baş hareketlerinin analiz edilebilmesi için tasarım süreci boyunca hareketler katılımcılar tarafından kamera ile kaydedilmiştir.

3.3.3. Ana çalışma - deney analizi

Tasarım etkinliklerini analiz etmek için süreç odaklı ve içerik odaklı analiz olmak üzere iki ana yaklaşım (Coley, Houseman ve Roy, 2007; Dorst, 1997; Dorst ve Dijkhuis, 1995) belirlenmiştir. Süreç odaklı analiz, tasarım faaliyetlerinin süreç yönlerine vurgu yapar ve tasarım süreciyle büyük ölçüde ilgili olan problem çözme eylemlerinden ve tasarım stratejilerinden oluşur; içerik odaklı analiz ise tasarım süreçlerinin altında yatan yapıyı

ortaya çıkarmak yerine tasarımcıların aradıkları, gördükleri, yaptıkları ve düşündükleri üzerine odaklanır (Dorst ve Dijkhuis, 1995).

Bu çalışma farklı tasarım araçlarının tasarım süreçlerine ve sonuç ürünlere etkisini ve süreç ile sonuç arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Dolayısıyla hem süreç odaklı hem de içerik odaklı analiz yaklaşımı benimsenerek deney sırasında elde edilen video kayıtları ve üç boyutlu modeller ile hem tasarım süreci hem de sonuç ürünler analiz edilmiştir. Ayrıca deney sonrasında katılımcılarla gerçekleştirilecek anket ve görüşmeler ile deney sonuçları ve katılımcı değerlendirmeleri arasındaki pozitif veya negatif ilişkiler ortaya konmuştur.

Süreç analizi

Tasarımcıların farklı tasarım araçlarını kullanırken sürecin ve tasarımcıların davranışlarının analiz edilebilmesi için tasarım çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri olan protokol analizi yöntemi kullanılmıştır.

Protokol analizi

Sesli düşünme protokolü olarak da bilinen protokol analizi ve varyantları, tasarım çalışmalarında kullanılan en yaygın yöntemdir. Bu yöntem, tasarım faaliyetlerinde bulunan tasarımcıların doğrudan gözlemlenmesine dayanır. Bu deneylerde, tasarımcılardan tasarım yaparken düşündüklerini dışsallaştırmaları istenir (Dinar, Summers, Shah ve Park, 2016).

Sesli düşünme yöntemi, Ericsson ve Simon tarafından protokol analizi tekniklerine dayalı olarak geliştirilmiştir (1993; 1987; 1980). Fakat Ericsson ve Simon'un protokollerin yürütülmesini önerme biçimleri ile bunların kullanılabilirlik uygulayıcıları tarafından gerçekte nasıl yürütüldüğü arasında bazı önemli farklılıklar vardır (Boren ve Ramey, 2000). Bu farklılıklar, kullanılabilirlik testinin özgül ihtiyaçlarından ve içeriğinden kaynaklanmaktadır. Uygulayıcılar bu farklılıkların farkında olmalı ve verileri toplarken yöntemlerini kendi ihtiyaçları doğrultusunda ayarlamalıdır. Örneğin; uygulayıcıların Ericsson ve Simon'un izin verdiğinden daha sık ek bilgi istemeleri gerekebilir, ancak katılımcıların söylediklerini ve yaptıklarını etkilememeye özen göstermeleri gerekir (Boren ve Ramey, 2000).

Ericsson ve Simon (1984) sözlü ifadenin güvenirliğinin azalma durumuna göre üç seviyeyi şu şekilde tanımlamıştır:

Seviye 1: Bu seviyedeki sözlü ifadeler görev performansı sırasında sözlü hale getirilmeden önce dönüştürülmesi gerekmeyenlerdir. Örneğin; bir matematik problemini çözerken sayı dizilerini sözlü ifade eden denekler 1. seviye verileri üretir çünkü sayılar, orijinal olarak kısa süreli bellekte kodlandıkları gibi aynı biçimde sözlü hale getirilebilir. Bu, Ericsson ve Simon'un modeline göre en güvenilir sözlü ifade türüdür ancak elde edilmesi genellikle zordur.

Seviye 2: Bu seviyedeki sözlü ifadeler görev performansı sırasında sözlü hale getirilmeden önce dönüştürülmesi gerekenlerdir. Örneğin; imgeler veya soyut kavramlar sözlü hale getirilmeden önce kelimelere dönüştürülmelidir. Bu kelimelere dönüştürme kısa süreli bellek ile sözlü ifade arasındaki tek aracı bilişsel süreç olduğu sürece, bu tür sözlü ifadeler Seviye 2 verileri olarak değerlendirilir. Bu veriler aynı zamanda Ericsson ve Simon'un modeline göre güvenilir veri olarak kabul edilir.

Seviye 3: Bu seviyedeki sözlü ifadeler görev performansı veya sözlü ifade için gerekenden daha fazla ek bilişsel işlem gerektirenlerdir. Ek bilişsel süreçlere örnekler arasında filtreleme süreçleri (örneğin, "yalnızca konu X ile ilgili bilgileri sözlü hale getirme"), öznelerin kendi bilişleri hakkında çıkarımlar yapma ve araştırmacının isteği üzerine uzun süreli bellekten alınmış bilgiler yer alır. Nisbett ve Wilson (1977) ile Ericsson ve Simon (1984) bu tür verilerin kullanılmasına karşı çıkarlar. Ek olarak, bu model altında örneğin bilinç akışı, hayaller, duygular ve değer yargıları gibi bazı sözlü ifade türleri hiçbir şekilde veri olarak kabul edilemez çünkü bunlar yorumlama ve analizle ilgili problemler ortaya çıkarır. Kısacası, Ericsson ve Simon modeli altında, Seviye 1 ve 2 verileri doğru bir şekilde toplanırlarsa güvenle kullanılabilir. Ericsson ve Simon'un modeline göre hiçbir koşulda sözlü ifadeler öznel içerikleri açısından değerlendirilmez.

Kuusela ve Pallab (2000)'a göre sesli düşünme protokolü iki farklı deneysel prosedür türüne ayrılmaktadır. Birincisi, görev sırasında toplanan eşzamanlı sesli düşünme protokolüdür. İkincisi, görevden sonra toplanan ve genellikle tasarımcıların kendi video kaydı ile yönlendirildiği geçmişe dönük yüksek sesle düşünme protokolüdür. İki yöntemin de avantaj ve dezavantajları vardır. Genel olarak eşzamanlı bir protokol daha eksiksiz

olabilirken geriye dönük bir protokolün görev performansını engelleme riski daha düşüktür.

Bu çalışmada, görev sırasında toplanan eşzamanlı sesli düşünme protokolü yöntemi benimsenmiş ve deney sırasında tasarımcıların hareketleri, ekran görüntüleri ve sesleri video ve ses kaydı ile kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlar ile protokoller oluşturulmuş ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türlerine göre kategorilere ayrılmıştır. Daha önceki çalışmalara (Chandrasekera, Vo ve D'Souza, 2013; Kavakli ve Gero, 2001; Suwa, Purcell ve Gero, 1998; Suwa ve Tversky, 1997) göre bilişsel tasarım eylemleri fiziksel, algısal, işlevsel ve kavramsal olmak üzere dört kategoriye ayrılmıştır. Bu kategorilere ait açıklamalar ve örnekler Çizelge 3.6'da verilmektedir. Bu kategoriler Suwa ve Tversky'nin bilgi kategorilerinin, gelen bilginin insan bilişinde işlendiği düşünülen seviyelere karşılık gelecek şekilde yenilenmesiyle elde edilmiştir (1997). Bilişsel bilim alanındaki geçmiş literatür, insanın bilişsel süreçlerine gelen bilgilerin önce duyusal, sonra algısal ve anlamsal olarak işlendiği önermesini desteklemektedir. Fiziksel eylemler duyusal seviyeye, algısal eylemler algısal ve hem işlevsel hem de kavramsaldan anlamsallığa karşılık gelir (Suwa, Purcell ve Gero, 1998).

Suwa, Purcell ve Gero (1998) tarafından bu dört kategori ve kodlama yöntemi aşağıda açıklanmaktadır.

Birinci kategori olan fiziksel kategori, kâğıt üzerindeki fiziksel tasvirlerle doğrudan alakalı eylemleri ifade eder. Bu kategoriye ait üç tür eylem vardır. Birincisi, D-eylemleri olarak adlandırılan diyagramlar, şekiller, semboller, notlar ve hatta cümleler gibi kâğıt üzerindeki tasvirleri içerir. İkincisi, M-eylemleri olarak adlandırılan fiziksel tasvirlerle sonuçlanmayan bir kalem veya elin hareketidir. Son tür ise L-eylemleri olarak adlandırılır ve mevcut tasvirlere bakmak olarak tanımlanır. Tasarımcının eskiz etkinliklerinin video kayıtları incelenerek ilk iki eylem türü kodlanır. L-eylemleri ve algısal, işlevsel ve kavramsal kategorilere ait diğer eylemler için sözlü protokollerin anlamsal içeriklerindeki kanıtlar aranır.

Algısal olan P-eylemleri olarak adlandırılan ikinci kategori, eskizler üzerinde tasvir edilen elemanların görsel-uzamsal özelliklerine ait eylemleri ifade eder. Bu kategori üç alt sınıftan oluşur. Birinci sınıf; öğelerin şekilleri, boyutları ve dokuları gibi görsel

özellikleridir. İkinci sınıf; yakınlık, uzaklık, hizalama, kesişme, bağlantılılık vb. gibi öğeler arasındaki uzamsal ilişkilerdir. Üçüncü sınıf; öğelerin gruplanması ve öğelerin görsel özelliklerinin benzerliği / tekdüzeliği ve farklılığı / zıtlığı gibi birden fazla öğe arasındaki organizasyonlar ve karşılaştırmalardır. Örneğin; bir tasarımcı ikisinin arasındaki yakınlığa bakarak mevcut bir tasvirin yanında yeni bir tasvir yaptığında yeni tasvir D-eyleminin kanıtı olarak, mevcut tasvire olan ilgisi L-eyleminin kanıtı olarak ve uzamsal ilişkiye olan ilgisi, yakınlığı P-eyleminin kanıtı olarak kodlanır. Ayrıca, P-eylemleri doğası gereği fiziksel eylemlere bağlıdır.

İşlevsel olan üçüncü kategori, öğeleri tasvir eden ve görsel-uzamsal özelliklerinin taşıyabildiği görsel olmayan bilgiyi kavrama eylemlerine atıfta bulunur. Bu kategori iki alt sınıftan oluşur. Birincisi, tasarlanan eserler ve insanlar arasındaki veya tasarlanmış eserler ile çevredeki doğal kaynaklar arasındaki etkileşim ile ilgilidir. Örneğin; bir tasarımcı bir eserin işlevini insanların onu nasıl kullandığını düşündüğünde, pratik anlamda insanlarla eser arasındaki etkileşim konusunu ele alır.

İşlevsel eylemlerin ikinci alt sınıfı insanların çeşitli duyularda tasarlanmış nesnelerle etkileşime girdiklerinde verdikleri psikofiziksel veya psikolojik tepkilerdir. İşlevsel eylemler aslında tasvir edilen öğelerin görünümünde ve / veya görsel-uzamsal özelliklerinde değil, tasarımcıların görsel bilgileri ilişkilendirdiği bir özellikte verilmektedir. Bunlar F-eylemleri olarak adlandırılır.

Dördüncü kategori olan kavramsal eylemler, öğelerin fiziksel tasvirleri veya görsel-mekânsal özellikleri tarafından doğrudan önerilmeyen bilişsel eylemleri ifade eder. Üç tür kavramsal eylem vardır. İlki E-eylemleri olarak adlandırılan tür, tasarımcının tercihli (beğenme-beğenme) veya estetik (güzel-çirkin, iyi-kötü vb.) açılardan değerlendirmeleridir. Örneğin; bir tasarımcı insan akışının uzamsal bir modelini mükemmel olarak değerlendirirse, "mükemmel" yargısı bir E-eylemi olarak kodlanır. F-eylemleri unsurların görsel-mekânsal özelliklerini insanların psikolojik tepkileriyle ilişkilendirme eylemleri iken E-eylemleri tasarımcının kendi standardına göre öznel yargıya varma eylemleridir.

G-eylemleri olarak adlandırılan ikinci kavramsal eylem türü, hedef belirlemeye yönelik eylemlerdir. Bir hedef belirlendikten sonra yukarıdan aşağıya diğer eylemleri doğurur.

Diğer hedeflerin doğmasına katkıda bulunabilir, bilginin geri kazanılmasını tetikleyebilir veya F-, P- veya fiziksel eylemleri motive edebilir. Üçüncü tür kavramsal eylem, bilginin bellekten geri çağrılmasıdır. Bunlar da K-eylemleri olarak adlandırılır.

Çizelge 3.6. Bilişsel tasarım eylem kategorileri (Suwa, Purcell ve Gero, 1998)

Kategoriler	Adlar	Açıklamalar	Örnekler
Fiziksel	D	Tasvir yapma	Her türden eskiz (çizgiler, daireler, oklar, kelimeler)
	L	Önceki tasvirlere bakma	-
	M	Diğer hareketler	El veya yüzü hareket ettirme veya hareketsiz kalma (Bir kalemi hareket ettirme, öğeleri hareket ettirme, jestler)
Algısal	P	Elemanların görsel özelliklerine bakma	Şekiller, boyutlar, dokular, ilişkiler
		Öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma	Yakınlık, hizalama, kesişim
		Elemanları düzenleme ve karşılaştırma	Gruplama, benzerlik, kontrast
İşlevsel	F	Eserler ve insan/doğa arasındaki etkileşimin araştırılması	İşlevler
		İnsanların psikolojik tepkilerinin değerlendirilmesi	Çekicilik, motivasyon, neşe
Kavramsal	E	Tercih yapma, estetik değerlendirme	Sevme-sevmeme, iyi-kötü, güzel-çirkin
	G	Hedef belirleme	
	K	Bilgiyi düzeltme	

Tasarım düşüncesi türleri daha önceki çalışmalara göre (Cross, 2000; 2008) ıraksak ve yakınsak olarak ikiye ayrılmıştır. Çizelge 3.7'de bazı araştırmacıların kısa tanımları verilmiştir.

Çizelge 3.7. Iraksak ve yakınsak düşünme türlerinin nitelikleri (Goldschmidt, 2016)

	Iraksak Düşünme	Yakınsak Düşünme
Basadur (1995)	İdeleştirme	Değerlendirme
Sloman (1996)	İlişkisel, benzerliğe dayalı	Sembolik, kural tabanlı
Gabora (2010)	İlişkisel: sezgisel	Analitik: kurala dayalı
Kahneman (2011)	Hızlı: Sezgisel, hafızaya ve duygulara dayalı	Yavaş: Rasyonel, sonuçları hesaplamak
Goel (2014)	Yanal dönüşümler	Dikey dönüşümler

Iraksak düşünme, seçim ölçütlerinin görece belirsiz olduğu ve birden fazla çözümün doğru olduğu bir bağlamda fikir üretmeye izin veren bir düşünme tarzını temsil eder. Dolayısıyla ıraksak düşünme zihnin esnek olduğu bir düşünce tarzıdır (Guilford, 1950; Runco, 2010). Guilford (1967), akıcılığın (fikir sayısı), esnekliğin (fikirlerin çeşitliliği), özgünlüğün ve fikir ayrıntılandırmasının ıraksak düşünmenin dört ana kategorisi olarak değerlendirilmesi

gerektiğini öne sürmüştür. Buna karşılık yakınsak düşünme, daha fazla ısrar ve odaklanma gerektiren, iyi tanımlanmış bir soruna tek tek çözümler bulmaya izin veren bir düşünme tarzını temsil eder (Guilford, 1950; Runco, 2010). Gabora (2010), ıraksak (ilişkisel) düşüncenin odaklanmamış dikkat üzerine kurulu olduğunu ve yakınsak (analitik) düşüncenin odaklanmış dikkatle ilişkili olduğunu ifade etmiştir.

Iraksak ve yakınsak düşünceye olan ilgi, esas olarak yaratıcılık çalışmalarından kaynaklanmaktadır (Goldschmidt, 2016). Iraksak düşünceler, yaratıcı düşüncenin ayırt edici özelliği olarak görülmüştür (Finke, Ward ve Smith, 1992; Mednick, 1962). Pek çok psikometrik yaratıcılık testi aynı zamanda ıraksak düşünceye odaklanır (Torrance, 1974, 1988). Ancak bugün, yaratıcılığın yalnızca ıraksak düşünmeyi değil, aynı zamanda kapsamlı bir şekilde çalışılmayan yakınsak düşünmeyi de gerektirdiği konusunda geniş bir kabul vardır (Goldschmidt, 2016).

Lee vd. (2018) yaptıkları çalışmada bu iki tasarım düşüncesi türüne yansıtıcı tasarım türünü eklemiştir (Çizelge 3.8). Yansıtıcı düşünme, tasarım odaklı düşünme sürecini tanımlamak için kullanılan diğer bir temel kavramdır. Yansıtıcı düşünme, tasarım problemi çözme sürecinde de önemli bir faktör olarak kabul edilir (Schön, 1987). Hong ve Choi (2011) tarafından tasarım problemlerini çözme bağlamında yansıtıcı düşünme bir tasarım süreci boyunca belirli durumlarda tasarımcıların eylemlerini, kararlarını ve içsel benliklerini inceleyen bilinçli zihinsel etkinlikler olarak tanımlamaktadır. Tasarımcılar problem çözme sürecinde genellikle deneyime, ilgili duygulara, kökleşmiş inançlara, hedeflere, bağlamlara ve koşullara dayalı olarak değerlendirir ve karar verir (Hong ve Choi, 2011; Jonassen, 2008; Norman, 2004; Boud, Keogh ve Walker, 1985). Yansıtıcı düşünme, tasarım problemi çözme sürecinde yüksek kaliteli ve tatmin edici tasarım sonuçları elde etmeye yönelik yinelemeler şeklinde ortaya çıkar (Cross, 2004; Adams, Turns ve Atman, 2003).

Çizelge 3.8. Tasarım düşüncesi türleri (Lee vd., 2018)

Türler	Açıklamalar
Iraksak Düşünme	Tasarım ilerledikçe tek tek yeni ve farklı tasarımlar üretilir. Tasarımcının bu tür bir eskiz yoluyla yanal ve farklı düşündüğü varsayılabilir.
Yakınsak Düşünme	Tasarımcı, belirli bir fikri ifade etmeye odaklanır. Karmaşıklık ve somutluk içinde kademeli bir artışla yakınsak bir şekilde düşünür.
Yansıtıcı Düşünme	Tasarımcı, yeniden çerçevelendirmeyi düşünmek için önceki bir eskizin kopyasını çıkararak fikrine geri döner. Bu durumda tasarımcının yansıtıcı düşünme ile meşgul olduğu varsayılabilir.

Sonuç analizi

Kavramsal tasarım süreci sonunda ortaya çıkan sonucun değerlendirilmesi için birçok metrik geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanlarından biri Shah vd. (2000) tarafından geliştirilen üretilen fikirlerin miktarı, kalite, yenilik ve çeşitlilik ölçeklerini içeren ve bir metodun ya da aracın etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan dörtlü metriktir.

Miktar, belirli bir fikir üretme yöntemi kullanıldığında bir grup tarafından üretilen toplam fikir sayısıdır. Çok fikir üretmenin daha iyi fikirlerin ortaya çıkma olasılığını arttırdığına inanıldığından, üretilen fikirlerin miktarı önemli bir karşılaştırmadır (Shah vd. 2003; Vargas-Hernandez vd., 2012).

Kalite, bir fikrin fizibilitesinin ve tasarım spesifikasyonlarını karşılamaya ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsüdür. Kalite, eskizlerin analizinde yaygın olarak kullanılan başka bir metriktir fakat araştırmacılar arasında farklı yorumlanmaktadır. Örneğin, bir kullanıcı çalışmasında kalite, genel teknik fizibilite ve zorluğa dayalı üç noktalı bir ölçek kullanılarak ölçülür (Linsey vd., 2011). Başka bir çalışmada kalite, her gereksinim için geliştirilen çözümlere dayanarak yüksek, orta ve düşük olarak ölçülmektedir (Ramachandran, Caldwell ve Mocko, 2011). Bir kavramın kalitesinin ölçülmesi özneldir ve tipik olarak tanımlanan protokoller ve değerlendiriciler arası analizlerle desteklenir.

Yenilik, fikrin yeniliğini ifade eder (Linsey vd. 2011). Dolayısıyla, tasarım benzersiz veya olağandışı bir fikri temsil ediyorsa, yeni kabul edilir (Nelson, Wilson, Rosen ve Yen, 2009; Shah vd., 2000; 2003). Bir fikir, katılımcılar tarafından üretilen fikirler arasında düşük tekrarlama sıklığına sahipse yeni kabul edilebilir (Schmidt, Vargas, Kremer ve Linsey, 2010; Shah vd., 2003).

Çeşitlilik, bir dizi fikrin benzersizliğini ifade eder ve bu nedenle, iki fikrin birbirinden ne kadar farklı olduğunun bir ölçüsüdür (Shah vd., 2003). Benzer fikirlerin üretilmesi düşük çeşitliliği ve dolayısıyla çözüm alanının diğer alanlarında daha iyi fikirler bulma olasılığını gösterir (Shah vd., 2000). Çeşitlilik, çözümlerin bölümlere ayrılarak kapladığı bölümlerin yüzdesi kullanılarak ölçülebilmektedir (Linsey vd., 2011).

Kalite ölçeği daha çok ürünün fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu çalışmadaki deneylerde verilen tasarım problemleri biçim üzerine yoğunlaştığı için kalite ölçeği çıkarılarak alternatif sayısı, yenilik ve çeşitlilik ölçekleri kullanılmıştır. Deney sonucunda tasarlanan ürünler bu ölçekler üzerinden endüstriyel tasarım alanında uzman beş kişi tarafından değerlendirilmiştir.

3.3.4. Ana çalışma - deney sonrası anketler ve görüşme

Tüm deneyler tamamlandıktan sonra katılımcılara ön araştırmada uygulanan "Nasa İş yükü İndeksi", "Tasarım Araçları Değerlendirme Anketi"" ve Teknoloji Kabul Modeli Anketi" çıkarılarak sırasıyla "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği", "Simülatör Rahatsızlığı Anketi", "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi" ve ön araştırma sonrasında elde edilen verilerin içerik analizi yöntemiyle ve deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle tasarlanan Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi uygulanmıştır.

"Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği", "Simülatör Rahatsızlığı Anketi" ve "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi" geçerlilik ve güvenirlik hesaplamalarının yüksek olması ve Türkçe uyarlamalarının bulunması nedeniyle seçilmiştir.

<u>Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği</u>

Bu çalışmada Özdinç (2010) tarafından Türkçeye uyarlanan "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği" kullanılmıştır (EK-2). Sanal ortamların etkinliği genellikle kullanıcıları tarafından bildirilen buradalık duygusuyla ilişkilendirilmiştir. Buradalık, birinin fiziksel olarak başka bir yerde olsa bile bir yerde veya çevrede olmanın öznel deneyimi olarak tanımlanır. Witmer ve Singer'e göre (1998) sanal ortamda buradalık kişinin dikkatinin fiziksel ortamdan sanal ortama kaymasına bağlıdır, ancak dikkatin fiziksel bölgeden tamamen kaydırılmasını gerektirmez. Sanal ortamı deneyimleyen bireyler aynı anda hem sanal ortama ve fiziksel çevrelerindeki olaylara katılabilirler. Kullanıcıların dikkatlerini sanal ortama ne kadar keskin bir şekilde odakladıkları, o ortama ne ölçüde dahil olacaklarını ve ne kadar varlık bildireceklerini kısmen belirler. Sanal ortamda buradalık algısı Witmer ve Singer (1998) tarafından geliştirilen "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği" (Presence Questionnaire) ile Katılım (Involvement), Uyum/Çevreleme (Adaptation/Immersive),

Duyusal Bağlılık (Sensory Fidelity) ve Arayüz Kalitesi (Interface Quality) olmak üzere dört faktör kapsamında 32 maddeden oluşmakta ve 7'li Likert ile ölçülmektedir.

Buradalık algısını etkileyen faktörler ise kavramsal benzerliklere dayalı olarak kontrol faktörleri, duyusal faktörler, dikkat dağıtma faktörleri ve gerçekçilik faktörleri olmak üzere dört ana kategoride gruplandırılmıştır.

Kontrol faktörleri

Kontolün derecesi: Genel olarak, bir kişinin görev ortamı üzerinde veya sanal ortam ile etkileşiminde ne kadar fazla kontrolü varsa, buradalık deneyimi o kadar büyük olur.

Kontrolün açıklığı: Bir kişi bir çevrede hareket ettiğinde bu eylemin sonuçları beklenen süreklilikleri sağlayarak aktör için uygun şekilde açık olmalıdır (McGreevy, 1992). Eylem ile sonuç arasındaki gözle görülür gecikmeler sanal ortamda buradalık hissini azaltmalıdır (Held ve Durlach, 1992).

Sezinleme: Bireyler kişisel kontrol altında olsun ya da olmasın bir sonraki adımda ne olacağını tahmin edebiliyorlarsa muhtemelen bir ortamda daha büyük bir buradalık duygusu yaşarlar.

Kontrol modu: Kişinin çevreyle etkileşim biçimi, o ortam için doğal veya iyi uygulanmış bir yöntemse bu durumda buradalık algısı artabilir. Kontrol modu yapaysa veya özellikle çevrede yeni tepkilerin öğrenilmesini gerektiriyorsa, bu tepkiler iyice öğrenilene kadar buradalık algısı azalabilir (Held ve Durlach, 1992).

Fiziksel çevresel değiştirilebilirlik: Kişinin o ortamdaki fiziksel nesneleri değiştirme yeteneği arttıkça buradalık algısı artmalıdır (Sheridan, 1992). Örneğin, kişinin kapıları açabilmeyi, nesneleri hareket ettirebilmeyi ve kili kalıplayabilmeyi deneyimlemesi bu kişinin sanal ortam içinde sahip olduğu kontrolü doğrular.

Duyusal faktörler

Duyusal modalite: Bilgilerimizin çoğu tipik olarak görsel kanallardan geldiği için görsel bilgiler buradalık algısını güçlü bir şekilde etkileyebilir. Diğer duyusal kanallar yoluyla sunulan bilgi de görsel bilgi kadar olmasa da buradalık deneyimine katkıda bulunur.

Çevresel zenginlik: Gözlemcinin uygun sensörlerine iletilen duyusal bilginin kapsamı ne kadar fazlaysa buradalık duygusu o kadar güçlü olacaktır (Sheridan, 1992). Duyuları uyarmak için çok miktarda bilgi içeren bir ortam, güçlü bir buradalık duygusu oluşturmalıdır; tersine, duyulara çok az bilgi aktaran bir ortam buradalık algısını azaltır.

Çok modlu sunum: Tüm duyular ne kadar tam ve tutarlı bir şekilde uyarılırsa buradalık algısı deneyimleme kapasitesi o kadar yüksek olur. Örneğin, kinestetik hareket ve propriyoseptif geri bildirimle birlikte normal hareketin eklenmesi, buradalık algısını geliştirmelidir (Held ve Durlach, 1992).

Çok modlu bilginin tutarlılığı: Tüm modaliteler aracılığıyla alınan bilgi aynı nesnel dünyayı tanımlamalıdır (Held ve Durlach, 1992). Bir modaliteden gelen bilgi, farklı bir modalitede deneyimlenenden farklı bir mesaj veriyorsa buradalık algısı azalabilir.

Hareket algılama derecesi: Gözlemci sanal ortam yoluyla kendi hareketini ne kadar algılar ve nesneler gözlemciye göre ne kadar hareket ederse o ölçüde buradalık algısı geliştirebilir.

Aktif arama: Bir ortam, gözlemcilerin algılayıcılarının çevreyle ilişkisini kontrol etmelerine izin verdiğinde buradalık algısı geliştirmelidir (Sheridan, 1992). Gözlemciler gördüklerini değiştirmek için bakış açılarını değiştirebildikleri veya çift kulaklı işitmeyi etkilemek için kafalarını yeniden konumlandırabildikleri veya çevreyi dokunsal olarak araştırabildikleri ölçüde daha fazla buradalık algısı deneyimlemelidirler.

Dikkat dağıtma faktörleri

İzolasyon: Kullanıcıları gerçek, fiziksel ortamlarından izole eden cihazlar sanal ortamda buradalık algısını artırabilir. Örneğin, kullanıcıları gerçek dünyadan izole eden başa takılan bir ekran, standart bir iki boyutlu düz ekrana kıyasla sanal ortamda buradalık algısını artırabilir.

Seçici dikkat: Gözlemcinin sanal ortam uyaranlarına odaklanma ve sanal ortamın dışındaki dikkat dağıtıcı unsurları görmezden gelme istekliliği veya yeteneği, o ortamda deneyimlenen buradalık algısı miktarını artırmalıdır.

Ara yüz farkındalığı: Held ve Durlach (1992), doğal olmayan, acemi, artefakt yüklü ara yüz cihazlarının sanal ortamda doğrudan ve zahmetsizce yorumlanmasına (ve onunla etkileşime) müdahale ettiğini ve dolayısıyla buradalık algısını azalttığı görüşündedir.

Gerçeklik faktörleri

Sahne gerçekçiliği: Buradalık algısı sanal ortamın sahne gerçekçiliğinin bir fonksiyonu olarak artmalıdır (sahne içeriği, doku, çözünürlük, ışık kaynakları, görüş alanı (FOV), boyutluluk, vb.). Sahne gerçekçiliği, gerçek dünya içeriği gerektirmez, ancak deneyimlenen uyaranların bağlılığına ve sürekliliğine atıfta bulunur.

Bilginin nesnel dünyayla tutarlılığı: Bir sanal ortam tarafından iletilen bilgi, gerçek dünya deneyimi yoluyla öğrenilenle ne kadar tutarlıysa, o sanal ortamda o kadar fazla buradalık algısı deneyimlenir (Held ve Durlach, 1992).

Deneyimin anlamlılığı: Sunulan durum kişi için daha anlamlı hale geldikçe buradalık algısı artmalıdır. Anlamlılık genellikle öğrenme veya gerçekleştirme motivasyonu, görevin belirginliği ve önceki deneyimler gibi diğer birçok faktörle ilişkilidir.

Ayrılma kaygısı/oryantasyon bozukluğu: Sanal ortam kullanıcıları, sanal ortamdan gerçek dünyaya dönerken yönelim bozukluğu veya kaygı yaşayabilir. Sanal ortamda yaşanan buradalık arttıkça bu yönelim bozukluğunun miktarı artabilir.

<u>Simülatör Rahatsızlığı Anketi</u>

"Simülatör Rahatsızlığı Anketi" (Simulator Sickness Questionnaire) Kennedy vd. (1993) tarafından geliştirilmiş simülasyon maruziyetinden sonra üç kategori (bulantı, okulomotor bozukluk ve oryantasyon bozukluğu) altında 16 semptomun (genel rahatsızlık, huzursuzluk, yorgunluk, bitkinlik, tükenmişlik, baş ağrısı, göz yorgunluğu, odaklanma zorluğu, artan tükrük salgısı, terleme, mide bulantısı, konsantrasyon zorluğu, kafa dolgunluğu, bulanık görme, sersemlemiş, yönünü şaşırmış, baş dönmesi, mide farkındalığı,

geğirme) şiddet derecelerinin ölçülmesi için geliştirilmiştir. Katılımcılar bu 16 semptomu şiddet derecesine göre “yok, hafif, orta, şiddetli” olmak üzere puanlamaktadır. Genel olarak, her kategoride alınan yüksek puanlar, altta yatan semptomların daha güçlü algılandığını gösterir ve bu nedenle istenen bir durum değildir. Askeri pilotlardan toplanan geniş bir “Simülatör Rahatsızlığı Anketi” verisi örneğine dayanarak, toplam puanların ihmal edilebilir (<5), minimum (5 - 10), ciddi (10 - 15) ve endişe verici (15 - 20) semptomlar ile ilişkilendirilebileceği önerilmektedir. Toplam puanı 20'nin üzerinde olan bir simülatör "kötü" olarak kabul edilir (Stanney, Kennedy ve Drexler, 1997). Bu çalışmada Özuzun (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan “Simülatör Rahatsızlığı Anketi” kullanılmıştır (EK-3).

Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi

En yaygın kullanılan İngilizce kullanılabilirlik anketleri; Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (System Usability Scale), Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi” (Computer System Usability Questionnaire), Kullanıcı Etkileşimi Memnuniyeti Anketi (Questionnaire for User Interaction Satisfaction) ve Yazılım Kullanılabilirlik Ölçümü Envanteri (Software Usability Measurement Inventory)'dir (Sauro ve Lewis, 2012). Erdinç ve Lewis (2013)’e göre Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi arzu edilen psikometrik niteliklere sahip olması, pratik ve akademik uygulamalardaki başarısı, güncel araştırmacılar için uygunluğu, çeşitli alanlarda bilgisayar sistemlerinin kullanılabilirlik değerlendirmesinde uygulanabilirliği ve ticari olmaması ve dolayısı ile araştırmacılar için erişilebilir olması sebebiyle öne çıkmaktadır. “Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi” kullanıcıların bilgisayar sistemlerinden duydukları memnuniyeti değerlendirmek amacıyla tasarlanmış 19 maddelik bir araçtır. 7’li Likert ölçeği kullanılan bu araçtaki 19 ifade ile sistem kullanışlılığı (1-8), bilgi kalitesi (9-15), ara yüz kalitesi (16-18) alt boyutları ve genel tatmin seviyesi (19) ölçülebilmektedir. Bu çalışmada Erdinç ve Lewis (2013) tarafından Türkçeye çevrilmiş versiyonu kullanılmıştır (EK-4).

Son olarak katılımcılara ön araştırma sonrasında elde edilen verilerin içerik analizi yöntemiyle ve deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle 7’li Likert ölçeğinde tasarlanan Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi uygulanmıştır (EK-5).

Anket sonrasında katılımcılarla dokuz açık uçlu sorudan oluşan yapılandırılmış görüşme Zoom uygulaması kullanılarak uzaktan videolu görüşme şeklinde gerçekleştirilmiştir (EK-6).

4. BULGULAR

Bu bölümde ön araştırma ve ana çalışmaya ait ön anket, son anket, görüşme ve deney bulgularına yer verilmektedir.

4.1. Ön Araştırma Bulguları

Bu bölümde ön araştırma kapsamında uygulanan ön anket, son anket, görüşme ve deney bulgularına yer verilmektedir.

4.1.1. Görüşme bulguları

Ön araştırmada katılımcılarla yapılan GS uygulaması ile ilgili değerlendirmeleri içeren görüşmelerde alınan cevaplar Hsieh ve Shannon (2005) tarafından tanımlanan geleneksel içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ulaşılan kategoriler tekrar etme sıklığına göre Bölüm 3.2.4'te verilmiştir.

4.1.2. Anket bulguları

Deney öncesinde katılımcıların bilgisayar destekli tasarım (BDT) ve sanal gerçeklik (SG) ile ilgili bilgi ve farkındalık seviyelerinin ölçülmesi ve ön araştırma için örneklem grubunun oluşturulması amacıyla uygulanan ön anket sonuçlarına göre katılımcıların tamamı iyi derecede Fusion 360 kullanmaktadır. Katılımcıların yine tamamı SG ile ilgili bilgi sahibi olmakla birlikte katılımcılardan ikisi SG teknolojilerini daha önce deneyimlediklerini belirtmiştir. Katılımcıların tümü SG teknolojilerinin tasarım sürecinde kullanımının faydalı olduğu ve söz konusu teknolojilerin tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olmadığı görüşündedir.

Ön araştırma kapsamında deney sonrasında katılımcılara uygulanan "Nasa İş yükü İndeksi", "Tasarım Araçları Değerlendirme Anketi" ve Teknoloji Kabul Modeli Anketi" analizler sonucunda kapsam dışı görülerek çıkarılmıştır. Dolayısıyla bu bölümde "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği", "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi" ve "Simülatör Rahatsızlığı Anketi" bulgularına yer verilmiştir.

Bu çalışmada Witmer ve Singer (1998) tarafından geliştirilen Özdinç (2010) tarafından Türkçeye uyarlanan ve 27 madde olarak uygulanan "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği" kullanılmıştır. Lucia, Francese, Passero ve Tortora (2009) araştırmalarında Witmer ve Singer'in 7'li Likert türünde cevaplanan "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği"nin 30 maddesini kullanmış ve sanal ortamın kullanıcılarda oluşturması beklenen buradalık algısı eşik değerini 120 olarak belirlemiştir (30 madde x 4 puan). Bu çalışmada ölçek 27 madde olarak uygulandığından eşik değer (27 madde x 4 puan) 108 olarak belirlenmiştir. Ölçek analiz edilirken olumsuz anlam içeren maddeler ters çevrilerek toplanmıştır. Buna göre ön araştırma kapsamında üç katılımcıdan elde edilen değerlerin (148, 157 ve 162) eşik değerin (108) çok üstünde olduğu dolayısıyla uygulamanın katılımcılarda yüksek seviyede buradalık algısı yarattığı görülmüştür.

Bu çalışmada "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi" (Computer System Usability Questionnaire)'nin Erdinç ve Lewis (2013) tarafından Türkçeye çevrilmiş versiyonu kullanılmıştır. Bu anketten alınan veriler için üç alt boyut puanlarının ortalaması veya tüm maddelerin toplam puanının ortalaması kullanılabilmektedir.

Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi verileri sistem kullanışlılığı, bilgi kalitesi ve ara yüz kalitesi alt boyutlarına ve tüm maddelerin ortalamasına göre incelendiğinde Çizelge 4.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. 7'li Likert ölçeği kullanılan ankette 1 rakamı kesinlikle katılmıyorum, 7 rakamı ise kesinlikle katılıyorum ifadesini belirtmektedir.

Çizelge 4.1. Bilgisayar sistemi kullanılabilirlik anketi verileri

	Katılımcı 1	Katılımcı 2	Katılımcı 3	$\bar{x}$
Sistem kullanışlılığı (1-8)	6,79	6,375	6,375	6,51
Bilgi kalitesi (9-15)	6	7	7	6,66
Ara yüz kalitesi (16-18)	5	6,33	6,33	5,88
Tümü	5,78	6,63	6,63	6,34

Çizelge 4.1'e göre ara yüz kalitesine verilen puanların ortalamasının katılıyorum (6)'a yakın tüm alt boyutların ve genel ortalamanın katılıyorum (6) ve üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sonuç katılımcıların sistemin kullanılabilirliği ile ilgili yüksek derecede memnuniyetini göstermektedir.

Bu çalışmada Özuzun (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan “Simülatör Rahatsızlığı Anketi” kullanılmıştır (EK-3). Toplam puanların ihmal edilebilir (<5), minimum (5 - 10), ciddi (10 - 15) ve endişe verici (15 - 20) semptomlar ile ilişkilendirilebileceği önerilmektedir. Toplam puanı 20'nin üzerinde olan bir simülatör "kötü" olarak kabul edilir (Stanney vd., 1997).

Çizelge 4.2. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri

	Katılımcı 1	Katılımcı 2	Katılımcı 3	$\bar{x}$
Toplam puan	9	8	9	8,66

Çizelge 4.2’ye bakıldığında her üç katılımcının da SG ile ilgili rahatsızlık seviyelerinin minimum olduğu görülmektedir.

4.1.3. Deney bulguları

Hem süreç odaklı hem de içerik odaklı analiz yaklaşımı benimsenen bu çalışmada deney sırasında elde edilen video kayıtları ve üç boyutlu modeller ile hem tasarım süreci hem de sonuç ürünler analiz edilmiştir. Deney sonrasında ortaya çıkan son ürünler endüstriyel tasarım alanında en az 5 yıl uzmanlığı olan iki kişi tarafından değerlendirilmiştir. Deneylere ait veriler kısa videolar haline getirilmiş katılımcı numaraları ile dosyalanmış ve değerleyicilere bulut ortamında *Tasarım çalışması değerlendirme formu* ile birlikte (Bknz. Ek 7) iletilmiştir. Tasarım sürecinde uygulanan protokol analizi yöntemi sonrasında elde edilen veriler ise araştırmacı tarafından bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türlerine göre kodlanarak analiz edilmiştir.

<u>Son ürün bulguları</u>

Ön araştırma deneyleri sonrasında katılımcılar tarafından hem Fusion 360 hem de GS kullanılarak tasarlanan ürünler alternatif sayısı, yenilik ve çeşitlilik ölçekleri üzerinden endüstriyel tasarım alanında uzman iki kişi tarafından değerlendirilmiştir.

Alternatif sayısı her bir tasarım problemi için ayrı ayrı olmak üzere Fusion 360 ve GS kullanılarak tasarlanan toplam ürün sayısını ifade etmektedir.

Yenilik ölçeği için Weaver, Caldwell ve Sheafer (2019) tarafından geliştirilen Çizelge 4.3'te verilen 5li değerlendirme ölçeği kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Yenilik ölçeği (Weaver, Caldwell ve Sheafer, 2019)

Derece	Açıklama
5	Var olduğunu bildiğimiz birçok çözümün aksine, son derece orijinal
4	Orijinal ama bildiğimiz ortak bir çözüm ilkesinin benzersiz bir uygulaması değil
3	Bilinen veya yaygın olmasına rağmen orijinal sayılabilecek benzersiz bir yönü veya bileşeni var
2	Yaygın ancak tamamen sıradan değil
1	Çok yaygın, orijinal olmayan bir çözüm

Çeşitlilik ölçeği için Joshi ve Sinha (2017) tarafından kullanılan Çizelge 4.4'te verilen değerlendirme ölçeği kullanılmıştır.

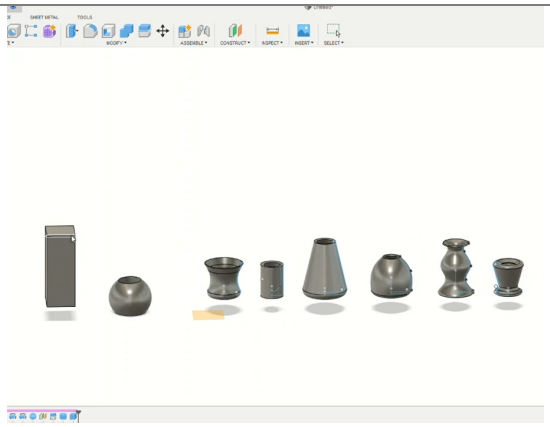
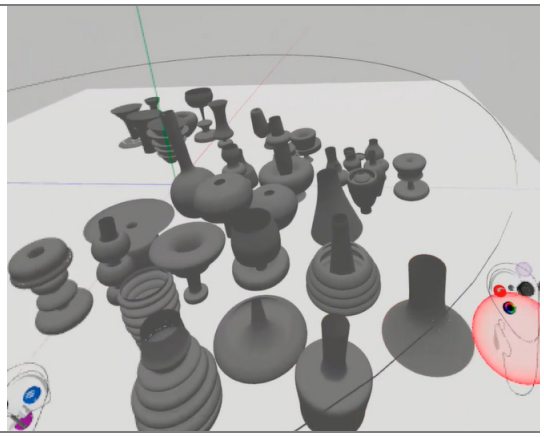
Çizelge 4.4. Çeşitlilik ölçeği (Joshi ve Sinha, 2017)

Derece	Açıklama
3	Birçok farklı fikir denenmiş
2	Fikir çeşitliliği maksimumun yaklaşık yarısı kadar
1	Çok farklı fikir yok

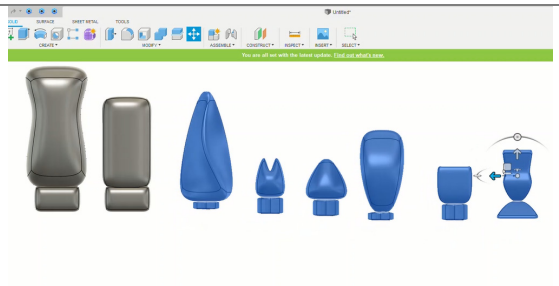
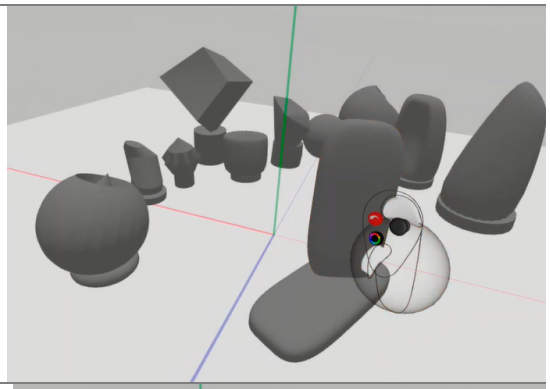
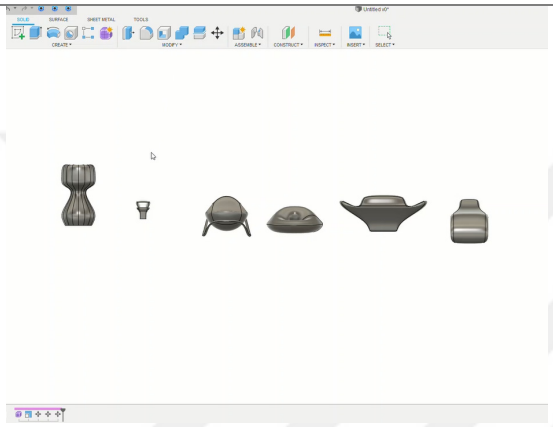
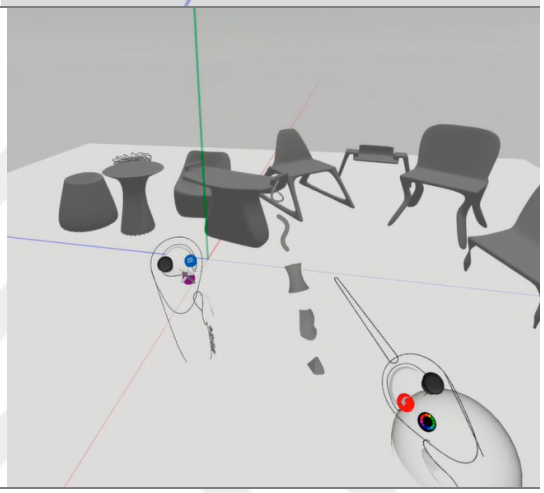
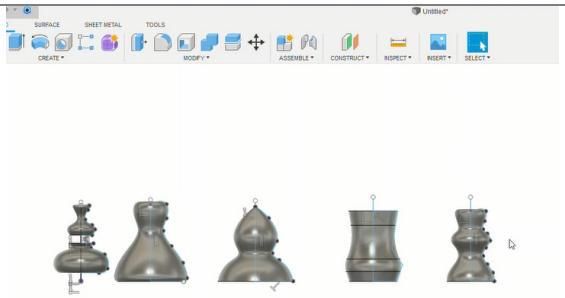
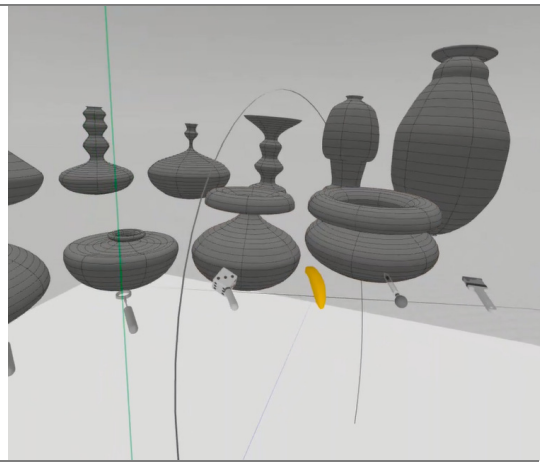
Değerlendirme için EK 7'de verilen değerlendirme formu kullanılmıştır.

Çizelge 4.5'te ön araştırma sırasında katılımcıların deneyler sırasında ürettiği tasarımların ekran görüntüleri verilmiştir.

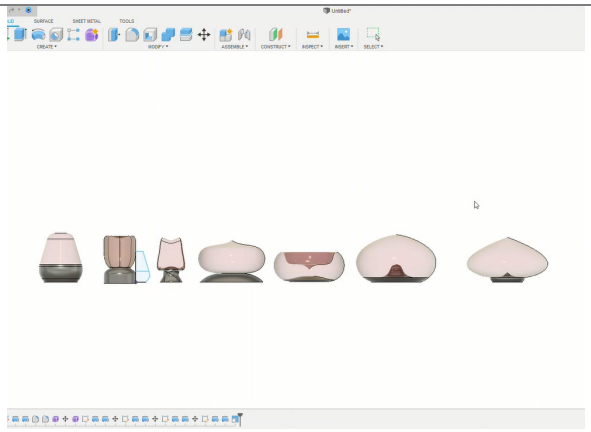
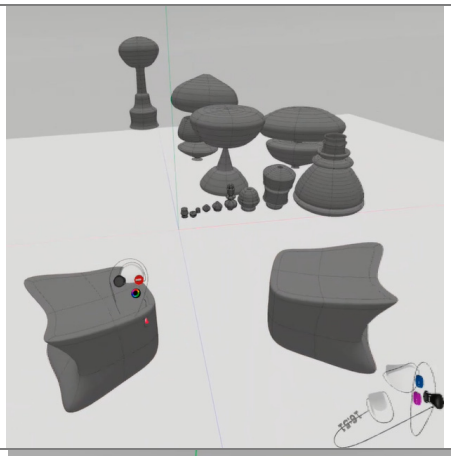
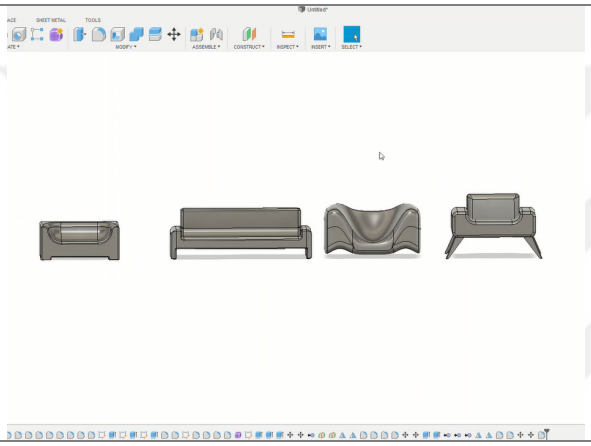
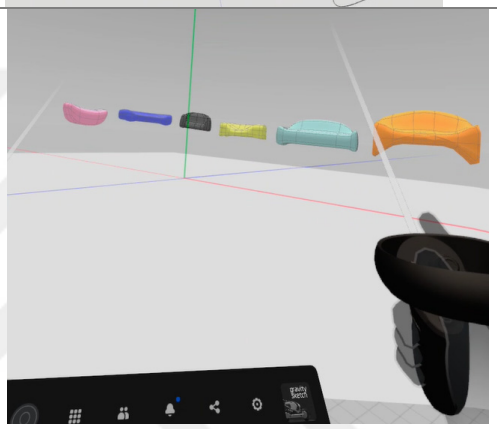
Çizelge 4.5. Ön araştırma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

	K1	
	Fusion 360	GS
Vazo		

Çizelge 4.5. (devam) Ön araştırma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

Aydınlatma		
Oturma birimi		
	K2	
	Fusion 360	GS
Vazo		

Çizelge 4.5. (devam) Ön araştırma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

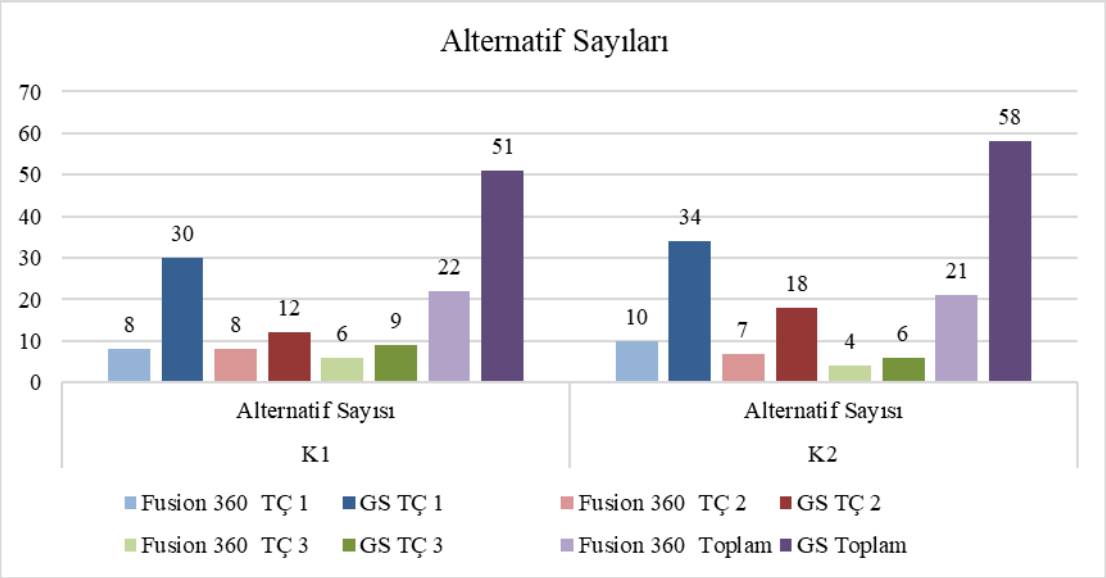
Aydınlatma		
Oturma birimi		

Katılımcılar tarafından üretilen son ürünler değerlendirme formuna göre iki uzman tarafından değerlendirilmiş ve verilen puanların ortalaması Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Son ürün değerlendirme verileri

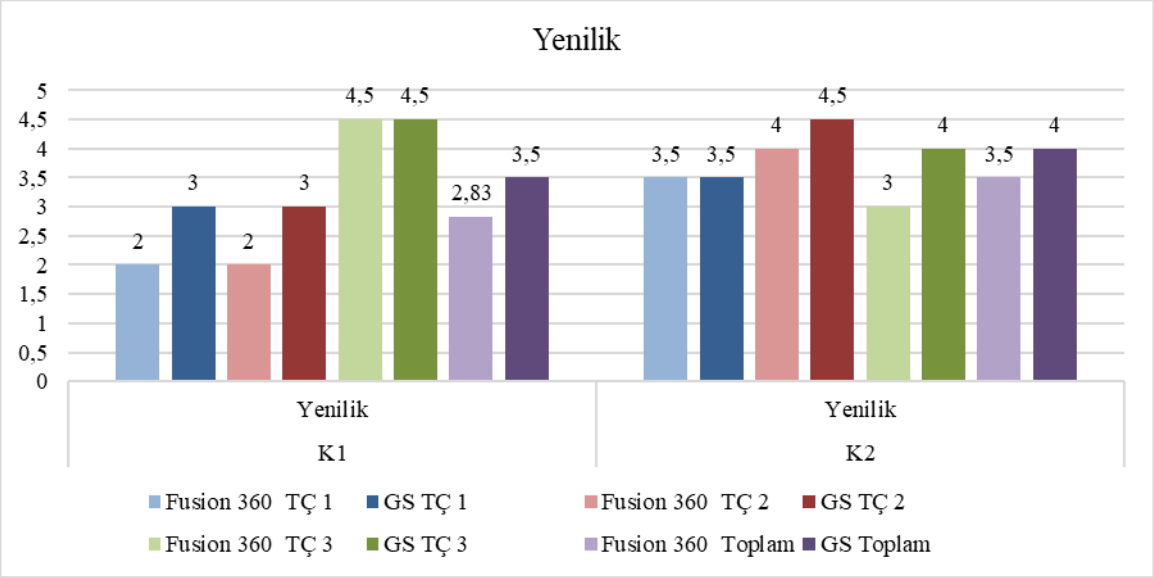
		Fusion 360			**GS**		
		TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3	TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3
K1	AS	8	8	6	30	12	9
	Y	2	2	4,5	3	3	4,5
	Ç	1	2	3	3	3	3
K2	AS	10	7	4	34	18	6
	Y	3,5	4	3	3,5	4,5	4
	Ç	2,5	2,5	2	3	3	2,5

Şekil 4.1'de katılımcıların Fusion ve GS kullanarak her bir tasarım çalışması için ürettiği toplam alternatif sayısı grafik ile gösterilmiştir. Grafiğe göre Katılımcı 1 (K1) ve Katılımcı 2 (K2) her bir tasarım çalışmasında ve toplamda en fazla alternatifi GS kullanarak üretmiştir. Her iki katılımcının GS ile ürettiği toplam alternatif sayısı (51,58) Fusion 360 ile ürettiği alternatif sayısının (22,21) iki katından fazladır.



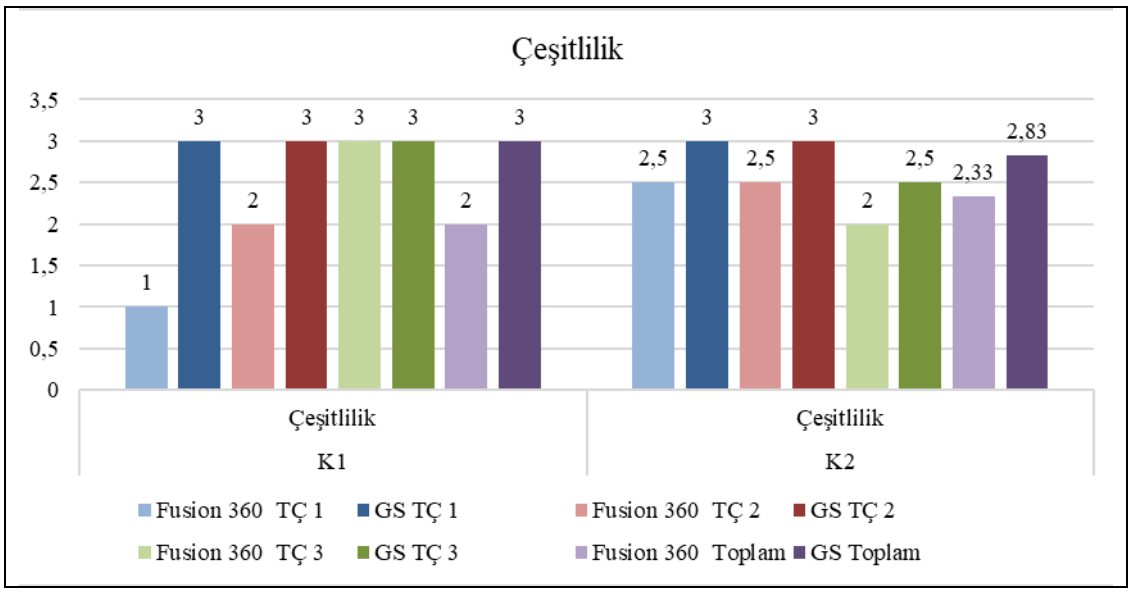
Şekil 4.1. Fusion 360 ve GS ile üretilen alternatif sayıları

Şekil 4.2'de katılımcıların Fusion 360 ve GS kullanarak geliştirdikleri tasarımlar için 5li yenilik ölçeğine göre aldıkları puanlar ve ortalamaları grafik ile gösterilmiştir. Buna göre yenilik ölçeğinde her iki katılımcının GS ile geliştirdikleri ürünlerden aldıkları puan (3,5-4) Fusion 360 ile geliştirdikleri ürünlerden aldıkları puana (2,83-3,5) göre daha yüksektir. Dolayısıyla katılımcıların GS ile geliştirdikleri ürünlerin daha yenilikçi olduğu söylenebilir.



Şekil 4.2. Fusion 360 ve GS ile üretilen ürünlerin yenilik ölçeği puanları

Şekil 4.3'te katılımcıların Fusion 360 ve GS kullanarak geliştirdikleri tasarımlar için çeşitlilik ölçeğine göre aldıkları puanlar ve ortalamaları grafik ile gösterilmiştir. Üç tasarım çalışmasına verilen puanların ortalamalarına bakıldığında her iki katılımcının da GS ile ürettikleri ürünler çeşitlilik ölçeğinde 3 ve 3'e yakın (2,83) puanlanmış, "birçok farklı fikir denenmiş" şeklinde değerlendirilmiştir. Fusion 360 ile ürettikleri tasarımlar ise 2 ve 2'e yakın (2,33) puanlanmış, "fikir çeşitliliği maksimumun yaklaşık yarısı kadar" şeklinde değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3. Fusion 360 ve GS ile üretilen ürünlerin çeşitlilik ölçeği puanları

Süreç bulguları

Sesli düşünme protokolü yöntemi kullanılarak katılımcıların Fusion 360 ve GS kullandıkları deney sırasında kayıt altına alınan ekran görüntüleri ve sesleri protokoller oluşturularak bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türlerine göre kategorilere ayrılmıştır. Çizelge 4.7'de birinci tasarım çalışması (vazo tasarımı) sırasında her iki katılımcının Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türüne ayırdığı zaman ve toplamları saniye cinsinden rakamsal olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler

	Fusion 360						GS					
K1	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	126	20	86	D	L	M	80	4	213
	391	130	79				230	40	250			
K2	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	96	0	130	D	L	M	8	0	356
	364	50	186				194	10	306			
Toplam	755	180	265	222	20	216	424	50	556	88	4	569
%	%45,53	%10,85	%15,98	%13,38	%1,20	%13,02	%25,07	%2,95	%32,87	%5,20	%0,23	%33,64

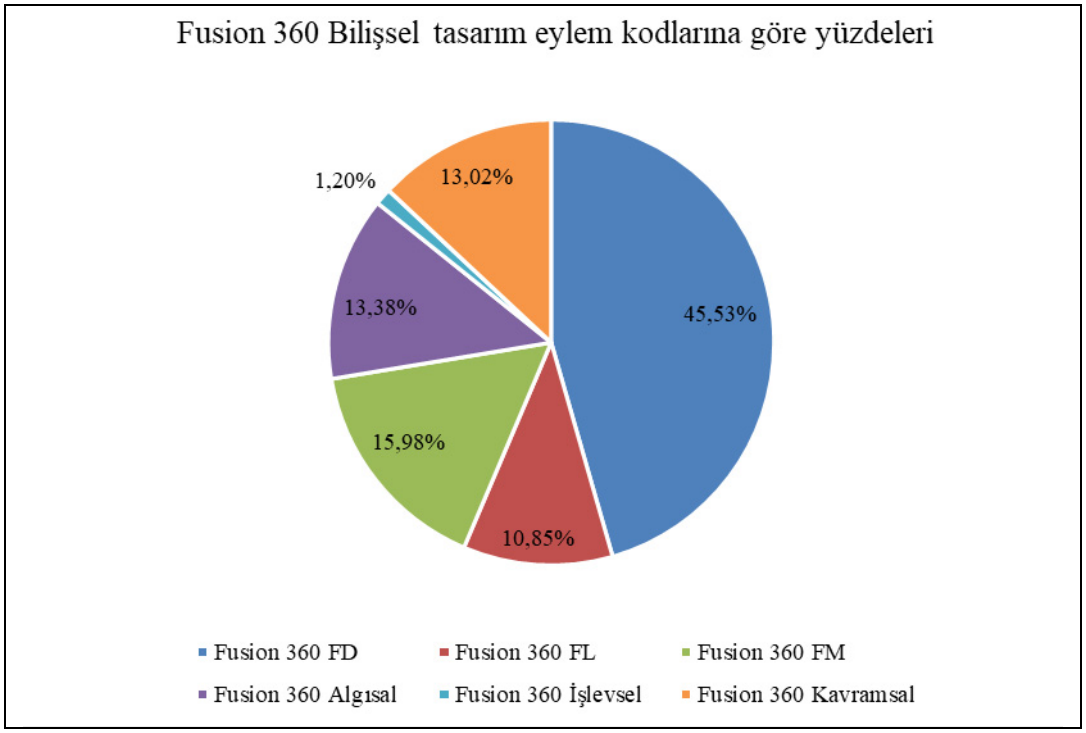
Şekil 4.4'te iki katılımcının deney sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türünde geçirdikleri toplam süreler yüzde cinsinden grafik ile gösterilmiştir. Buna göre fiziksel eylemlerden D eylemlerine (Tasvir yapma: Her türden eskiz (çizgiler, daireler, oklar, kelimeler)) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre (%45,53) GS kullanırken ayırdığı sürenin (%25,07) yaklaşık iki katıdır. Bu veri bir önceki bölümde verilen toplam alternatif sayıları (Fusion 360;43, GS; 109) ile ilişkilendirildiğinde Fusion 360 kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalama 17,55 sn. (755/43) GS kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalamasının ise (424/109) 3,88 sn. olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle GS kullanırken katılımcıların 5 kat daha hızlı ürün geliştirdikleri söylenebilir.

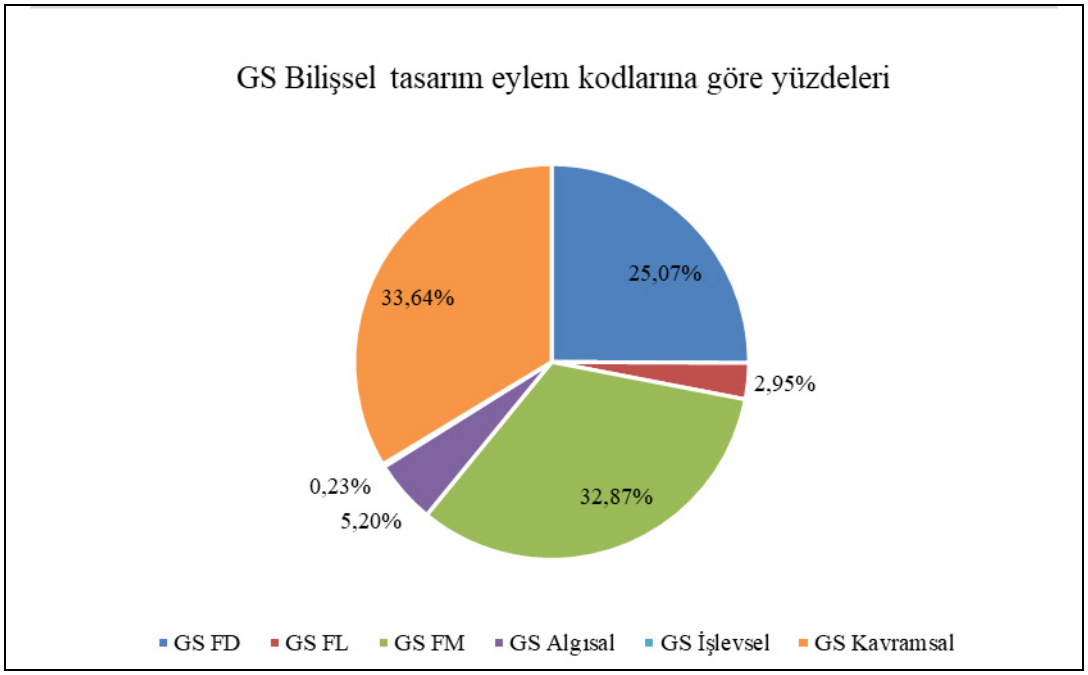
Diğer bir fiziksel eylem olan L eylemlerine (Önceki tasvirlere bakma) Fusion 360 kullanırken ayrılan sürenin (%10,85) GS kullanırken ayrılan sürenin (%2,95) üç katından daha fazla olduğu görülmektedir.

Diğer bir eylem türü olan algısal eylemlere bakıldığında (Elemanların görsel özelliklerine bakma: şekiller, boyutlar, dokular, ilişkiler; öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma: yakınlık, hizalama, kesişim ve elemanları düzenleme ve karşılaştırma: gruplama, benzerlik, kontrast) Fusion 360 kullanırken ayrılan sürenin (%13,38) GS kullanırken ayrılan sürenin (%5,20) üç katına yakın olduğu görülmektedir.

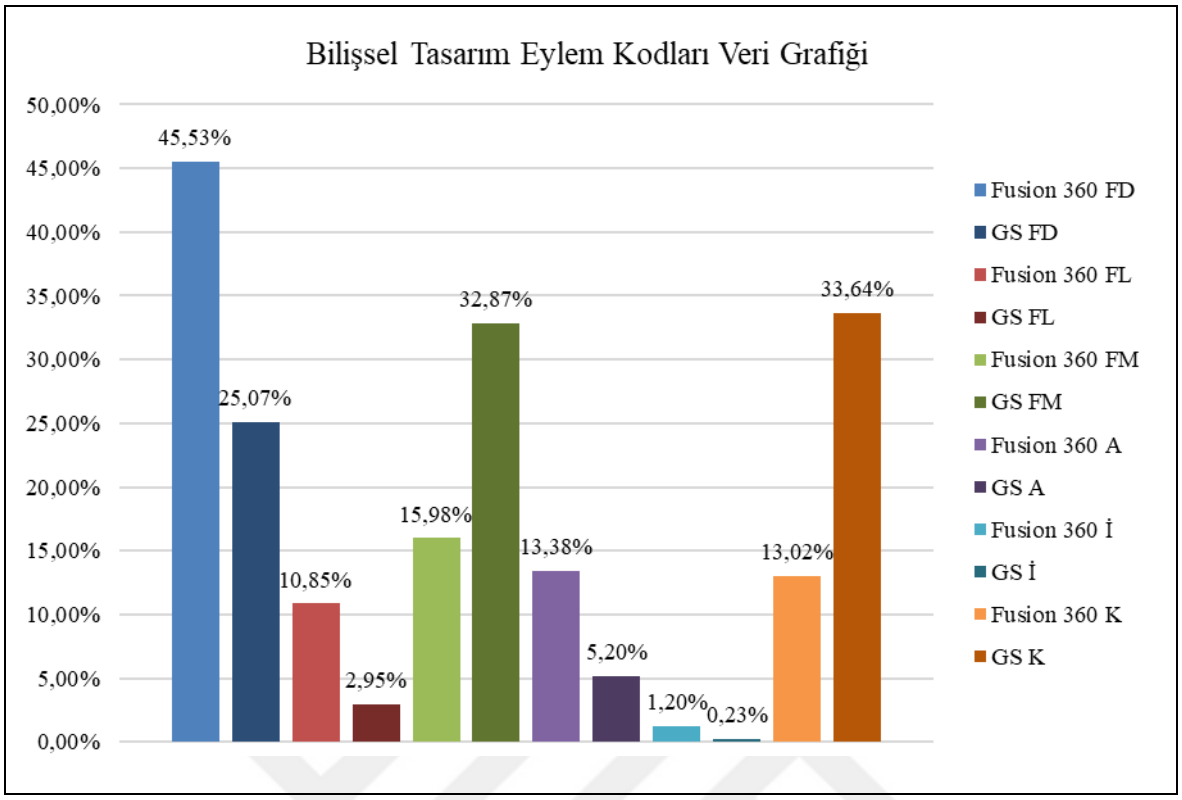
Hem Fusion 360 hem de GS kullanırken işlevsel eylem türüne ayrılan süre çok düşüktür. Bu durum tasarım çalışmasının (vazo tasarımı) form odaklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Katılımcıların GS kullanırken kavramsal tasarım eylem türüne (Tercih yapma, estetik değerlendirme; hedef belirleme ve bilgiyi düzeltme) ayırdıkları süre (%33,64) Fusion 360 kullanırken ayırdıkları sürenin (%13,02) iki katından daha fazladır. Diğer bir deyişle GS katılımcılara tasarım aşamasında tekrarlayan değerlendirmeler yapmaya teşvik etmiştir denebilir.





Şekil 4.4. Bilişsel Tasarım Eylem Kodları Veri Grafiği



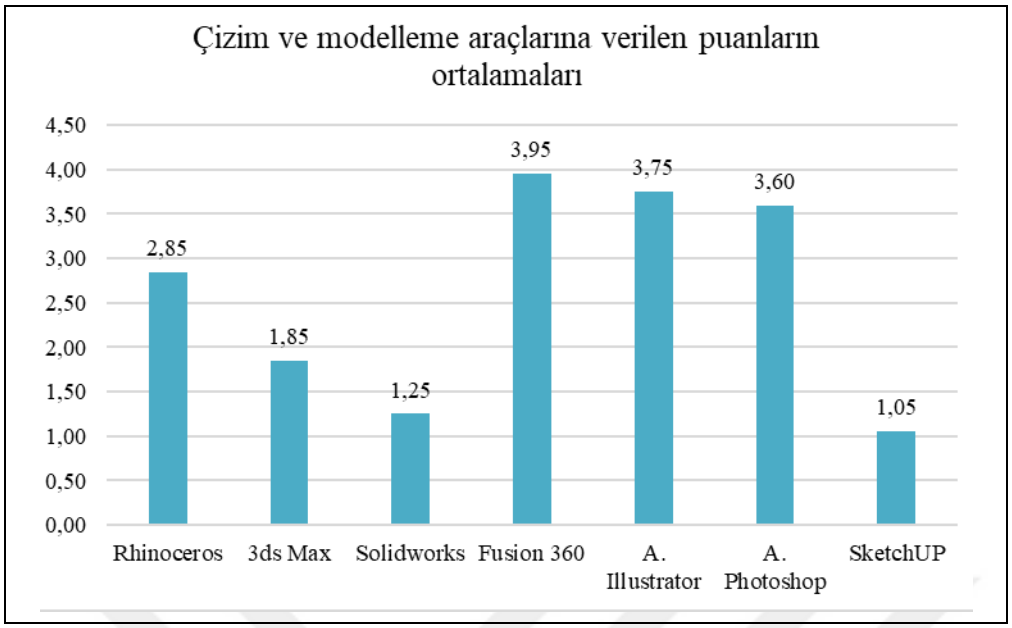
Şekil 4.4. (devam) Bilişsel Tasarım Eylem Kodları Veri Grafiği

4.2. Ana Çalışma Bulguları

Bu bölümde ana çalışma kapsamında uygulanan ön anket, son anket, görüşme ve deney bulgularına yer verilmiştir.

4.2.1. Ön anket bulguları

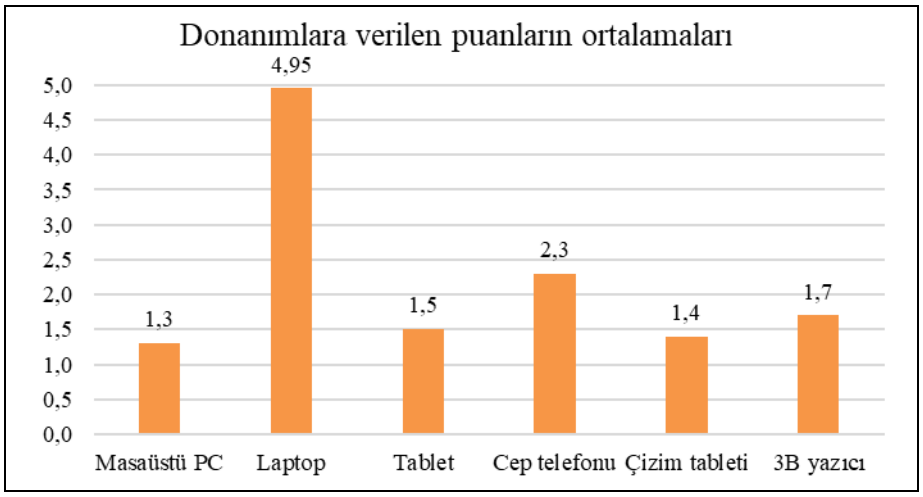
20 katılımcı ile yürütülen ana çalışmanın ön anket soruları demografik sorular ile başlamaktadır. Bu katılımcılara ait demografik bilgilere (yaş ve cinsiyet) Bölüm 3.3'te yer verilmiştir. Demografik sorulardan sonra katılımcılardan verilen çizim ve modelleme araçları ile ilgili yeterlilik seviyelerini 5li Likert ölçeğine göre (1=hiç, 2=az, 3=orta, 4=iyi, 5=çok iyi) puanlamaları istenmiştir. Katılımcıların verilen araçlar ile ilgili yeterlilik seviyelerine verdikleri puanların ortalamaları Şekil 4.5'te sütun grafiği ile gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Katılımcıların verilen çizim ve modelleme araçları ile ilgili yeterlilik seviyelerine verdikleri puanların ortalamaları

Şekil 4.5'e bakıldığında katılımcıların yeterliliklerine göre puanladıkları üç boyutlu araçlar arasında (Rhinoceros, 3ds Max, Solidworks, Fusion 360 ve Sketchup) ortalaması en yüksek (3,95) Fusion 360'tır. Katılımcılardan 3'ü Fusion 360 yeterlilik seviyelerini "5=çok iyi" 13'ü "4=iyi" 4'ü "3=orta" şeklinde puanlamıştır (Bknz. Bölüm 3.3). Diğer üç boyutlu araçlara verilen puanların ortalamaları yüksekten düşüğe doğru sırasıyla Rhinoceros (3,95), 3ds Max (1,85), Solidworks (1,25) ve Sketchup (1,05) şeklindedir. Katılımcılar verilen iki boyutlu araçları ise yeterliliklerine göre 3,95 (A. Illustrator) ve 3,60 (A. Photoshop) şeklinde puanlamıştır.

Katılımcılardan verilen donanımları tasarım süreçlerinde kullanma sıklığına göre 5li likert ölçeğine göre (1=hiç, 2=az, 3=orta, 4=sık, 5=çok sık) puanlamaları istenmiştir. Katılımcıların verilen donanımları tasarım süreçlerinde kullanma sıklığına verdikleri puanların ortalamaları Şekil 4.6'da sütun grafiği ile gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Katılımcılardan verilen donanımları tasarım süreçlerinde kullanma sıklığına göre verdiklerin puanların ortalamaları

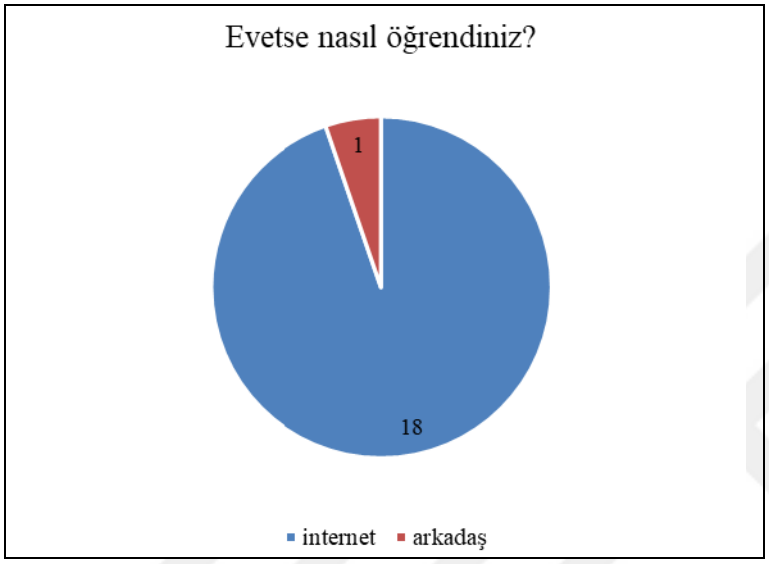
Şekil 4.6'ya göre katılımcılar tarafından tasarım süreçlerinde en sık kullanılan donanım 4,95 puanla dizüstü bilgisayardır. Diğer donanımlar kullanım sıklığına göre sırasıyla cep telefonu (2,3), 3B yazıcı (1,7), tablet (1,5), çizim tableti (1,4) ve masaüstü PC (1,3) şeklindedir.

Ön anketin devamında katılımcılara SG ile ilgili sorular yöneltilmiştir. İlk olarak SG ile ilgili bilgi sahibi olup olmadıkları sorulmuştur. Verilen yanıtlar Şekil 4.7'de pasta grafiği ile gösterilmektedir.

Şekil 4.7. Katılımcıların "Sanal gerçekliğin ne olduğunu biliyor musunuz?" sorusuna verdikleri cevapların dağılımı

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi 20 katılımcı arasından 19 katılımcı SG'nin ne olduğunu bildiğini ifade etmiştir.

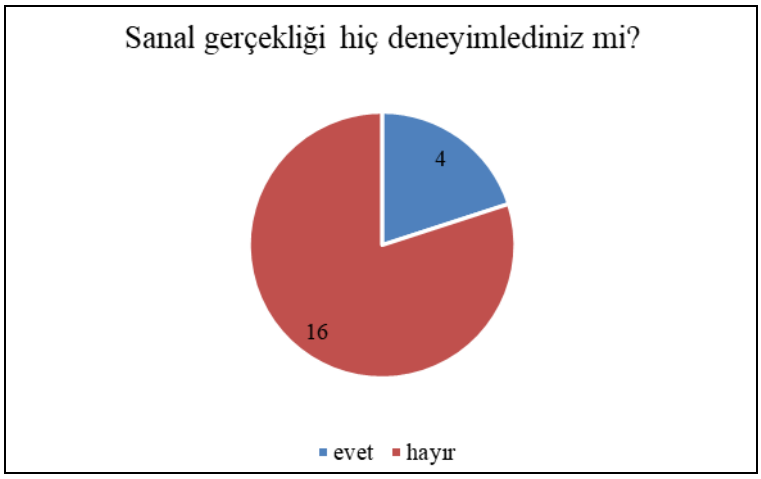
SG ile ilgili sorulardan ikincisinde katılımcılara SG bilgisini hangi yolla edindikleri sorulmuştur. İşaretlenmesi için verilen seçenekler; internet, reklam, arkadaş, eğitimci ve diğer şeklindedir. Verilen cevaplar Şekil 4.8'de pasta grafiği ile verilmiştir.



Şekil 4.8. Katılımcıların sanal gerçekliği öğrenme yollarına verdikleri cevapların dağılımı

Şekil 4.8'e göre SG ile ilgili bilgi sahibi olan 19 katılımcının 18'i bu bilgiyi internet yoluyla elde ettiğini ifade etmiştir.

Daha sonra katılımcılara SG'yi daha önce deneyimleyip deneyimlemedikleri, deneyimleyenlerin nasıl ve hangi yazılım ve donanımları deneyimledikleri sorulmuştur. Katılımcıların verdikleri cevaplar Şekil 4.9'da pasta grafiği ile verilmiştir.



Şekil 4.9. Katılımcıların "Sanal gerçekliği hiç deneyimlediniz mi?" sorusuna verdikleri cevapların dağılımı

Şekil 4.9'a göre katılımcılardan 4'ü SG'yi daha önce deneyimlemiş 16'sı ise bu teknolojiyi daha önce hiç deneyimlememiştir. Deneyimleyen katılımcıların nasıl ve hangi yazılım ve donanımları deneyimlediklerine dair cevapları şu şekildedir:

"Design week etkinliğinde bir defile seyrettim."

"HTC vive ile sanal sürüş ve ürün simülasyonu deneyimledim."

"Oyun oynamak amaçlı kullanmıştım."

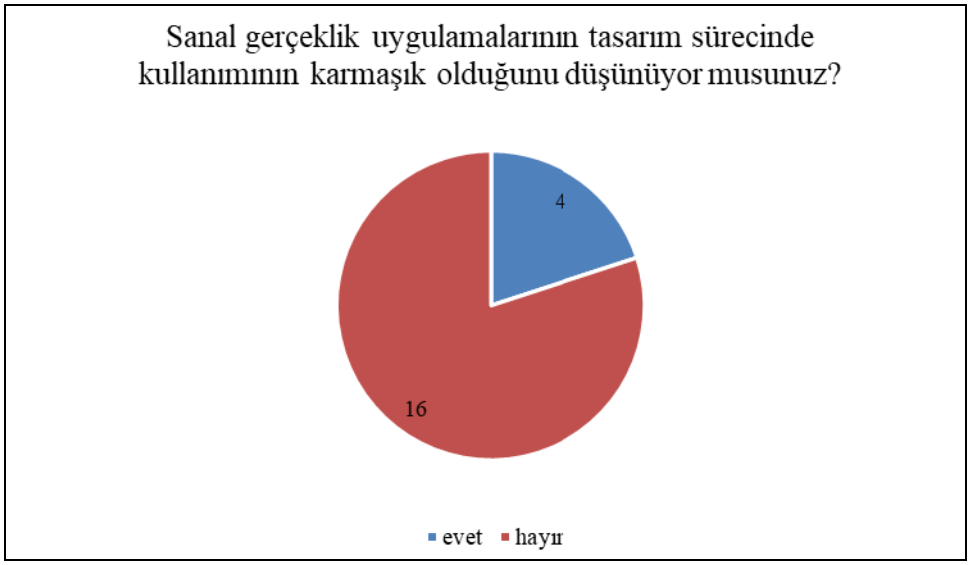
Ön anketin devamında katılımcılara SG'nin tasarım sürecinde kendilerine faydalı olabileceğini düşünüp düşünmedikleri sorulmuştur. Katılımcıların tamamı bu soruyu olumlu şekilde yanıtlayarak söz konusu teknolojinin tasarım sürecinde kendilerine faydalı olabileceğini düşündüklerini belirtmiştir. Katılımcıların SG ile ilgili öngörüleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Tasarım kararlarını en kısa sürede vermeye yardımcı olabileceği, gerçekçi ve etkileşimli deneyimler yaratılmasına olanak sağlayabileceği
- Tasarımın gerçeğe yakın bir görüntü ile görülebileceği
- İfade özgürlüğünün çok daha verimli olabileceği
- Ürünü varmış gibi görmeyi sağlayabilmesi
- Tasarım çıktısının daha ayrıntılı ve gerçekçi gözlemlenebilmesi

- Modelleme yaparken hakimiyetin daha iyi olabileceği ve bunun da hayal gücünü geliştirebileceği
- Eş zamanlı modeli görmenin tasarım sürecini hızlandırabileceği
- Daha gerçekçi modelleme hissi vererek modellemeyi kolaylaştırabileceği
- Tasarım sürecinde yaratıcılığı destekleyebileceği
- Yüzey modellemede daha özgür hissettirebileceği
- Ürünü modellerken bilgisayar destekli çizim programlarından farklı olarak sonuçlarının her açıdan daha rahat görülebileceği
- Tasarladığımız ürünleri üç boyutlu olarak daha net biçimde görmemizi sağladığı için tasarım sürecinde faydalı olabileceği
- Keyifli vakit geçirmeyi sağlayabileceği

Katılımcıların yukarıda verilen öngörülerine baktığımızda çoğunun SG uygulamalarının tasarım sürecinde ürünleri her açıdan üç boyutlu olarak görmedeki avantajları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Ön anket kapsamında son soru olarak katılımcılara SG uygulamalarının tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olup olmayacağı sorulmuş ve verilen cevaplar Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Şekil 4.10'a baktığımızda katılımcılardan 4'ü SG uygulamalarının tasarım sürecinde karmaşık olabileceğini ifade etmiştir.



Şekil 4.10. Katılımcıların "Sanal gerçeklik uygulamalarının tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna verdikleri cevapların dağılımı

Katılımcılardan SG uygulamalarının tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olmayacağı ile ilgili yorumları şu şekildedir:

“İlk kullanımda alışık olmadığım bir arayüz ve araçlar olacak olsa da kısa bir sürede uyum sağlayabileceğimi düşünüyorum.”

“Öncesinde deneyimlemediğim için karmaşık olup olmadığını net olarak bilemiyorum fakat karmaşık olduğunu düşünmüyorum. Sanal gerçeklik ile modellerken ürünü gerçekçi bir görünümde modellediğimiz için belki daha kolay bile olabilir.”

“Aslında bir 3d modelleme programı kullanmak gibi sadece alışılmış değil.”

“3 boyutlu çıktıları 3 boyutta algılama hizmeti sunabilen bir cihazın tasarım sürecini kolaylaştıracağını düşünüyorum.”

“Birebir çizim araçlarına dokunarak modellemek kolay olabilir.”

“İlk kullanmayı öğrenirken biraz karmaşık gelebileceğini düşünsem de alıştıktan sonra araçlara erişim ve kontrolün daha kolay olacağına inanıyorum.”

“Tasarım sürecinde karmaşadan çok ürünü tüm haliyle görebilmeye ve üzerinde kolayca müdahaleler yapabilmeye imkân sunabileceğini düşünüyorum.”

“Henüz deneyimlemediğim için bazı endişelerim var.”

4.2.2. Son anket bulguları

Ana çalışma kapsamında deney sonrasında katılımcılara ilk olarak katıldıkları uygulamada ortama ne kadar dâhil olduklarını ölçmeyi amaçlayan “Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği” uygulanmıştır. Ön araştırmada olduğu gibi ana çalışmada da Witmer ve Singer (1998) tarafından geliştirilen Özdinç (2010) tarafından Türkçeye uyarlanan ve 27 madde olarak uygulanan “Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği” kullanılmıştır. Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği 7’li Likert türünde cevaplanmaktadır. Ölçekteki olumlu cümleler için verilen en yüksek puan 7 iken olumsuz cümleler için verilen en yüksek puan 1’dir. Çizelge 4.8’de her bir SOBÖ anket sorusunun hangi alt faktöre ait olduğu, 20 katılımcının verdikleri cevapların ortalamaları ($\bar{x}$), modu ve standart sapması verilmiştir.

Buna göre olumlu cümle yapısındaki sorulara verilen cevapların ortalamalarına bakıldığında en düşük ortalamanın 4,80 olduğu ve orta derecenin üzerinde olduğu görülmektedir. Olumsuz cümle yapısındaki sorulara bakıldığında ise en yüksek ortalamanın 3,45 olduğu ve orta derecenin altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. SOBÖ anket verileri ortalamaları, mod ve standart sapmaları

Soru No	SOBÖ soruları	SOBÖ faktörü	n	x̄	mod	s
23	Görsel görüntü kalitesi, verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmekten sizi ne ölçüde alıkoydu?	Dikkat dağıtma	20	2,30	1	1,55
19	Kontrol mekanizması(kumandalar) ne ölçüde dikkat dağıtıcıydı?	Dikkat dağıtma	20	2,45	1	1,32
7	Çevrenizde gerçek ortamda olan olayların (etrafınızdaki kişilerin hareket etmesi, lab içerisinde olup bitenler) ne kadar farkındaydınız?	Dikkat dağıtma	20	3,45	4	1,54
24	Kontrol aygıtları (kumandalar), verilen görevlerin ya da diğer eylemlerin gerçekleştirilmesine ne ölçüde müdahale etti?	Dikkat dağıtma Kontrol	20	4,90	7	1,91
25	Verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmek için kullanılan mekanizmalardan ziyade bu görev ve eylemlere ne ölçüde odaklandınız?	Dikkat dağıtma	20	5,50	4	1,14
8	Kullandığınız gösterim ve kontrol araçlarının (örneğin kumanda) ne kadar farkındaydınız?	Dikkat dağıtma	20	5,55	7	1,23
9	Sanal ortamda hareket eden nesneleri algılamanız ne ölçüde zorlayıcıydı?	Duyusal	20	2,35	1	1,35
14	Sanal ortamda etrafta hareket etme sezginiz ne ölçüde zorlandı?	Duyusal	20	3,15	2	1,39
4	Tüm duyularınız ne ölçüde tam olarak olaya dâhildi?	Duyusal	20	5,30	5	1,30
16	Nesneleri çoklu bakış açılarından ne ölçüde inceleyebildiniz?	Duyusal	20	5,80	6	1,11
15	Nesneleri ne ölçüde yakından inceleyebildiniz?	Duyusal	20	6,15	7	0,81
5	Ortamın görsel yanları sizi ne ölçüde olaya dâhil etti?	Duyusal	20	6,20	6	,83
10	Farklı duyularınızdan gelen bilgi ne ölçüde tutarsız ya da bağıntısızdı?	Gerçeklik	20	2,15	3	0,99
17	Uygulamanın sonunda, kendinizi ne ölçüde kafası karışmış ve yolunu kaybetmiş hissettiniz?	Gerçeklik	20	3	1	1,81
18	Sanal ortam deneyiminin ne ölçüde içindeydiniz?	Gerçeklik	20	6,25	7	0,91

Çizelge 4.8. (devam) SOBÖ anket verileri ortalamaları, mod ve standart sapmaları

Soru No	SOBÖ soruları	SOBÖ faktörü	n	x̄	mod	s
13	Görme duyusunu kullanarak ortamı aktif bir şekilde ne ölçüde tam olarak inceleyebildiniz ya da araştırabildiniz?	Gerçeklik Kontrol Duyusal	20	6,10	6	0,64
11	Sanal ortamdaki deneyimleriniz gerçek dünyadaki deneyimlerinizle ne ölçüde tutarlı görünmekteydi?	Gerçeklik, Kontrol	20	4,80	4	1,11
20	Eylemleriniz ve beklenen sonuçları arasında ne kadarlık bir gecikme yaşadınız?	Kontrol	20	1,65	1	0,67
3	Ortamla olan etkileşiminiz ne ölçüde doğal görünüyordu?	Kontrol	20	5	4	1,56
12	Gerçekleştirdiğiniz eylemlerin sonucu olarak nelerin meydana gelebileceğini tahmin edebildiniz mi?	Kontrol	20	5,30	5	1,03
6	Ortamda hareketi kontrol eden mekanizma (kumandalar) ne kadar doğaldı?	Kontrol	20	5,35	5	1,04
21	Sanal ortam deneyimine ne kadar çabuk uyum sağladınız?	Kontrol	20	5,35	6	1,34
1	Olayları ne ölçüde kontrol edebiliyordunuz?	Kontrol	20	5,4	5	,940
22	Deneyiminizin sonunda sanal ortamda hareket etme ve sanal ortamla etkileşime geçme konusunda kendinizi ne ölçüde yetkin hissettiniz?	Kontrol	20	5,60	6	1,10
2	Ortam sizin başlattığınız (ya da gerçekleştirdiğiniz) eylemlere ne ölçüde cevap veriyordu?	Kontrol	20	6,15	6	,671
26	Sanal ortamda yeni bilgiler öğrendiniz mi?	Kontrol	20	6,25	7	0,96
27	Uygulamaya zamanın geçtiğini fark etmeyecek kadar kendinizi kaptırdınız mı?	Kontrol	20	6,25	7	1,01

Bölüm 4.1.2'de de belirtildiği gibi 7'li Likert türünde cevaplanan "Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği" 27 madde olarak uygulandığından eşik değer (27 madde x 4 puan) 108 olarak belirlenmiştir. Ölçek analiz edilirken olumsuz anlam içeren maddeler ters çevrilerek toplanmış ve her bir katılımcının toplam puanı ve ortalaması Çizelge 4.9'da verilmiştir. Buna göre katılımcılar tarafından verilen en düşük toplam puanın 115, en yüksek toplam puanın 149 olduğu ve 20 katılımcının verdiği puanların toplamının ortalamasının 127,7 olduğu görülmektedir. Sonuç olarak hem bireysel toplam puanların hem de ortalamanın

eşik değerin (108) üzerinde olduğu görülmüştür. Dolayısıyla tüm katılımcıların katıldıkları bu çalışmada sanal ortamda buradalık algılarının yüksek olduğu, kendilerini uygulamaya yüksek seviyede dahil edebildikleri söylenebilir. Riva vd. (2014) bir eylemi gerçekleştirirken daha yüksek buradalık deneyimleyen katılımcıların yalnızca aktivite sırasında daha meşgul hissetmekle kalmayıp, aynı zamanda başarmaya çalıştıkları şeyde potansiyel olarak daha başarılı olacaklarını belirtmiştir. Benzer şekilde, SG sistemi içinde deneyimlenecek buradalık seviyesinin sistemin kendisinin kullanılabilirliği üzerinde de bir etkiye sahip olabileceği savunulmuştur (Fontaine, 1992; Zeltzer, 1992). Bulgular analiz edildiğinde katılımcıların GS kullanırken hem alternatif sayısı, yenilik ve çeşitlilik ölçeğinde aldığı yüksek puanlar hem de Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi sonucuna göre GS uygulamasının kullanılabilirliği ile ilgili katılımcıların memnuniyetinin yüksek olması yukarıda bahsedilen literatürü desteklemektir.

Çizelge 4.9. Katılımcıların SOBÖ toplam puanları ve ortalamaları

Katılımcı No	SOBÖ toplam puan
K1	149
K2	119
K3	137
K4	121
K5	122
K6	131
K7	140
K8	115
K9	142
K10	133
K11	124
K12	135
K13	132
K14	115
K15	122
K16	120
K17	125
K18	115
K19	123
K20	134
$\bar{x}$	127,7

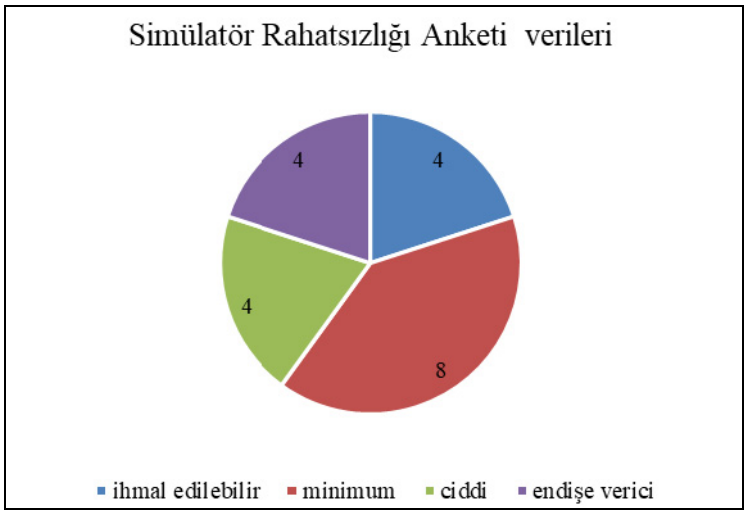
Ön araştırmada olduğu gibi ana çalışmada da Özuzun (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan "Simülatör Rahatsızlığı Anketi" kullanılmıştır (EK-3). Katılımcılar her bir rahatsızlığı yok=0, hafif=1, orta=2, şiddetli=3 olacak şekilde puanlamıştır. Toplam puanların ihmal edilebilir (<5), minimum (5 - 10), ciddi (11 - 15) ve endişe verici (16 - 20) semptomlar ile ilişkilendirilebileceği önerilmektedir. Toplam puanı 20'nin üzerinde olan

bir simülatör "kötü" olarak kabul edilir (Stanney vd. 1997). Çizelge 4.10'da katılımcıların her birinin Simülatör Rahatsızlığı Anketi toplam puanları ve ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Katılımcıların SRA toplam puanları ve ortalamaları

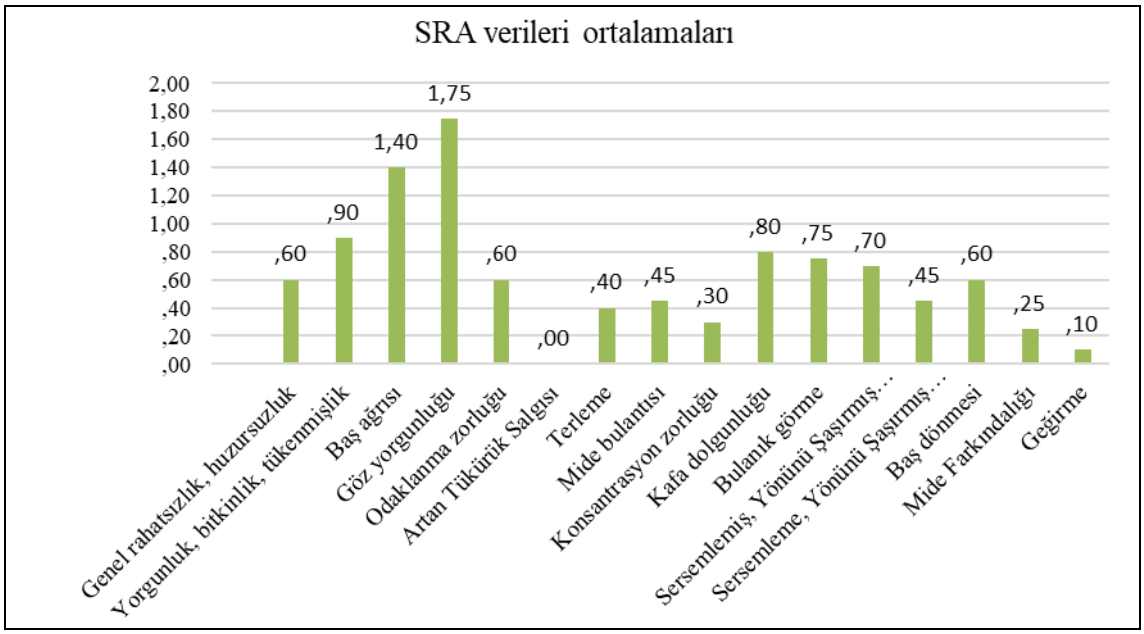
Katılımcı No	SRA Toplam puan	Semptomlar
K1	7	minimum
K2	6	minimum
K3	13	ciddi
K4	4	ihmal edilebilir
K5	10	minimum
K6	8	minimum
K7	6	minimum
K8	15	ciddi
K9	9	minimum
K10	17	endişe verici
K11	9	minimum
K12	4	ihmal edilebilir
K13	10	minimum
K14	4	ihmal edilebilir
K15	6	minimum
K16	3	ihmal edilebilir
K17	8	minimum
K18	12	ciddi
K19	9	minimum
K20	10	minimum
$\bar{x}$	9	minimum

Çizelge 4.10'a bakıldığında katılımcıların uygulama sırasında yaşadıkları rahatsızlıkları puanladıkları ankette ortalamanın 9=minimum seviyede olduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların bireysel rahatsızlık seviyeleri pasta grafiği ile Şekil 4.11'de verilmiştir. Buna göre rahatsızlık seviyelerine göre 4 katılımcının "ihmal edilebilir", 12 katılımcının "minimum", 3 katılımcının "ciddi", 1 katılımcının ise rahatsızlık seviyelerinin "endişe verici" olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri dağılımı

Ayrıca Şekil 4.12'de her bir rahatsızlık türünde katılımcıların ortalama rahatsızlık seviyeleri verilmiştir. Buna göre katılımcılar uygulama sonrasında en fazla (hafif-orta seviye arasında) göz yorgunluğu (1,8) ve baş ağrısı (1,40) yaşamıştır. Dijital içerikli tüm uygulamalar için bahsedilen bu rahatsızlıklar beklenen bir durumdur. En az yaşanan rahatsızlıklar ise artan tükürük salgısı (0) ve geğirme (0,10) olarak saptanmıştır.



Şekil 4.12. Simülatör Rahatsızlığı Anketi verileri ortalamalarının dağılımı

Simülatör rahatsızlık seviyesini "endişe verici" olarak puanlayan Katılımcı 10'un alternatif sayısı ve çeşitlilik ölçeğinde aldığı ortalama puanlara bakıldığında tüm katılımcıların bu ölçeklerde aldığı puanların ortalamasından yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu

durum söz konusu katılımcının yaşadığı rahatsızlığın deneyler sırasındaki performansını olumsuz etkilemediğini göstermektedir.

Ana çalışmada da ön araştırmada olduğu gibi "Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi" (Computer System Usability Questionnaire)'nin Erdinç ve Lewis (2013) tarafından Türkçeye çevrilmiş versiyonu kullanılmıştır. Bu anketten alınan veriler için üç alt boyut puanlarının ortalaması veya tüm maddelerin toplam puanının ortalaması kullanılabilmektedir.

Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi verileri her bir katılımcı için sistem kullanışlılığı, bilgi kalitesi ve ara yüz kalitesi alt boyutları, genel tatmin seviyesi ve tüm maddelerin ortalamaları Çizelge 4.11'de verilmiştir. 7'li Likert ölçeği kullanılan ankette 1 rakamı kesinlikle katılmıyorum, 7 rakamı ise kesinlikle katılıyorum ifadesini belirtmektedir.

Çizelge 4.11. Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi verileri

	Sistem kullanışlılığı (1-8)	Bilgi kalitesi (9-15)	Ara yüz kalitesi (16-18)	Genel tatmin	$\bar{x}$
K1	6,38	5,57	6,67	6	6,11
K2	5,50	4,86	4,67	5	5,11
K3	5,88	5,43	6,33	6	5,79
K4	4,00	4,71	4,00	4	4,26
K5	5,63	5,71	4,00	4	5,32
K6	5,25	5,57	6,00	6	5,53
K7	6,75	6,14	6,67	7	6,53
K8	5,88	6,00	6,67	7	6,11
K9	7,00	7,00	7,00	7	7,00
K10	5,75	4,14	4,67	5	4,95
K11	6,88	7,00	6,33	6	6,79
K12	6,63	6,71	6,67	7	6,68
K13	6,38	4,14	3,33	5	5,00
K14	6,50	3,71	5,00	6	5,21
K15	6,00	6,86	6,67	6	6,42
K16	6,38	5,29	5,67	5	5,79
K17	5,50	5,14	5,67	6	5,42
K18	5,00	5,57	7,00	6	5,58
K19	3,63	2,86	2,00	2	3,00
K20	5,50	3,71	5,67	6	4,89
$\bar{x}$	5,82	5,31	5,53	5,6	5,57

Çizelge 4.11'e bakıldığında 20 katılımcı tarafından sistem kullanılabilirliği alt boyutu ortalama 5,82 ile "katılıyorum"a yakın, bilgi kalitesi alt boyutu ortalama 5,31 ile "kısmen

katılıyorum” a yakın, ara yüz kalitesi alt boyutu ise ortalama 5,53 ile “katılıyorum”a yakın puanlanmıştır. Sistemin genel tatmin ediciliği ile ilgili soruya ise katılımcılar ortalama 5,6 ile “katılıyorum”a yakın cevap vermiştir. Tüm alt boyutların ortalamasının (5,57) ise yine “katılıyorum”a yakın olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla GS uygulamasının kullanılabilirliği ile ilgili katılımcıların memnuniyetinin yüksek olduğu söylenebilir.

Son olarak katılımcılara GS uygulamasının değerlendirilmesine yönelik, ön araştırma içerik analizleri sonucunda araştırmacı tarafından hazırlanan “Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi” uygulanmıştır. GS ile ilgili 24 ifadeden oluşan anket 7’li Likert ölçeği ile 1 rakamı kesinlikle katılmıyorum, 7 rakamı ise kesinlikle katılıyorum olacak şeklinde cevaplanmıştır.

Bu anketin güvenilirliğinin test edilebilmesi için SPSS 20 kullanılarak “Cronbach alfa güvenirlik katsayısı” hesaplanmıştır. “Cronbach alfa güvenirlik katsayısı” psikolojik özellikleri ölçmek için kullanılan ölçeklerin güvenilirliğini belirlemek için sıklıkla kullanılmaktadır. 1951 yılında Cronbach tarafından geliştirilen alfa katsayısı yöntemi, sıralı (ordinal) veriler için kullanılabilen iç tutarlılığı değerlendirme yöntemidir. Cronbach alfa katsayısı, bir ölçeğin maddelerinin varyansları toplamının toplam varyansa bölünmesiyle elde edilen standart sapmanın ağırlıklı ortalamasıdır (Cronbach, 1951; Dawson ve Trap, 2004, aktaran Kılıç, 2016).

Her bir maddeye tek bir alfa değeri atanabilir veya tüm ölçek maddelerine ortalama bir alfa değeri atanabilir. Tüm maddeler için elde edilen alfa değeri bu anketin genel güvenilirliğini gösterir ve genellikle bu değerin 0,7 ve üzerinde olması beklenir. Literatürde Cronbach'ın alfa katsayısını yorumlamak için farklı sınıflandırmalar bulunmaktadır. Alfa değerinin 0,9 ve üzerinde olması durumunda ölçek güvenilirliği “mükemmel” olarak yorumlanmaktadır (George ve Mallery, 2003, aktaran Kılıç, 2016).

Çizelge 4.12’de Cronbach alfa katsayısına (0,947) baktığımızda 1’e çok yakın olması nedeniyle güvenilirliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.12. Güvenilirlik istatistikleri

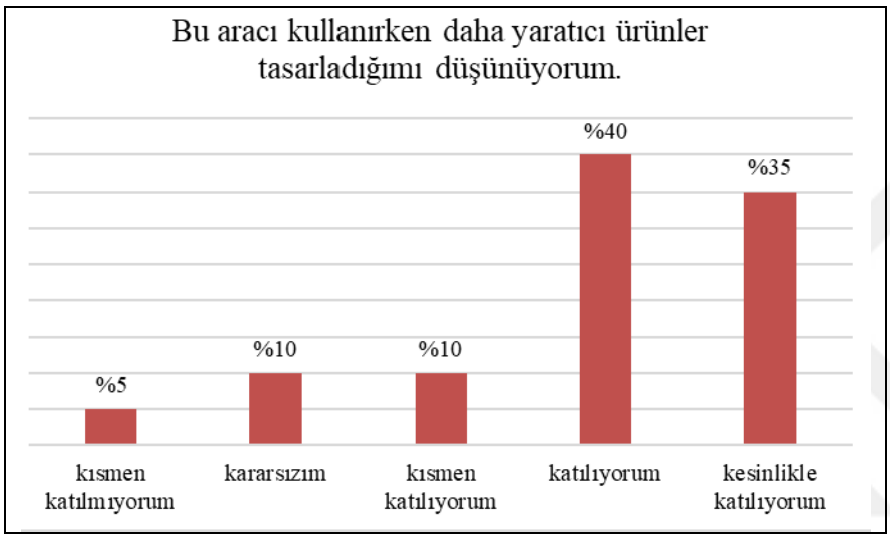
Güvenilirlik İstatistikleri	
Cronbach's Alpha	İfade sayısı
,947	24

Test setindeki herhangi bir maddenin diğerlerinin ortalama davranışıyla tutarsız olup olmadığını ve bu nedenle çıkarılabilir olup olmadığını kontrol etmek için madde-toplam korelasyon testi yapılır. Analiz, yapıyı temsil eden faktörleri, yani ortalama ölçümün anlamını belirlemeden önce çıkarılabilir maddeleri eleyerek ölçümü saflaştırmak için yapılır (Churchill, 1979). Madde-toplam korelasyonu, Cronbach alfa düzeylerini iyileştirmek için minimum 0,3 değeri dikkate alınarak kullanılır (Nurosis, 1994; aktaran, Cristobal, Flavian ve Guinaliu, 2007). Çizelge 4.13'te madde-toplam korelasyon değerlerine bakıldığında tüm maddelerin 0.3 değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Her bir madde çıkarıldığında elde edilen Cronboah alfa değeri, ölçeğin hangi maddeler çıkarıldığında güvenilirliğinin artırılabileceğini göstermektedir. Çizelge 4.13'te her bir madde için elde edilen "Cronbach's Alpha if Item Deleted" değeri verilmiştir. Buna göre her maddenin 0,7 değerinin üzerinde olduğu görülmüş ve tüm maddelerin testte kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 4.13. Öğe-toplam istatistikleri

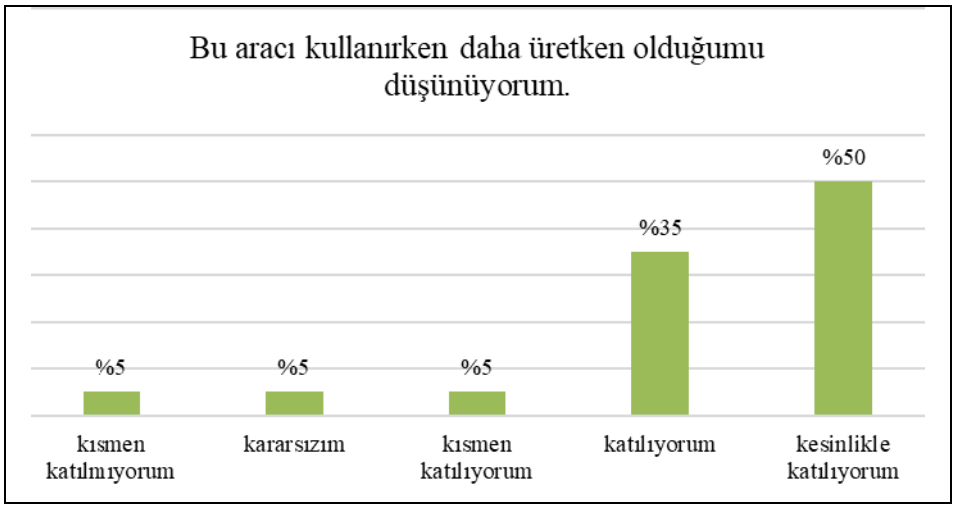
Madde-Toplam İstatistikleri				
	Öğe Silindiğinde Ölçek Ortalaması	Öğe Silindiğinde Ölçek Varyansı	Madde-Toplam Korelasyonu	Öğe Silindiğinde Cronbach Alfası
1	136,3500	340,345	,768	,944
2	136,0500	339,734	,829	,943
3	136,1500	344,345	,735	,944
4	136,0000	349,474	,771	,944
5	137,5000	329,632	,777	,943
6	137,3500	330,345	,804	,943
7	136,0000	347,368	,599	,946
8	137,4000	332,779	,584	,947
9	136,5500	334,997	,584	,947
10	136,6000	329,200	,797	,943
11	135,8500	343,187	,785	,944
12	136,1500	349,503	,633	,945
13	135,6000	355,411	,857	,945
14	136,4000	348,042	,530	,947
15	136,6500	348,976	,548	,946
16	136,8000	347,116	,479	,948
17	136,3500	352,661	,581	,946
18	136,9000	327,674	,706	,945
19	136,1000	350,516	,628	,945
20	136,0000	346,316	,599	,946
21	136,0000	361,263	,475	,947
22	135,6500	360,661	,723	,946
23	135,6000	356,989	,784	,945
24	135,7500	351,882	,662	,945

Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi “Bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladığımı düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.13’te verilmiştir. Buna göre katılımcıların %35’i “kesinlikle katılıyorum”, %40’ı “katılıyorum”, %10’u “kısmen katılıyorum”, %10’u “kararsızım”, %5’i ise “kısmen katılıyorum” şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların %75’inin bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladıklarını düşündükleri söylenebilir.



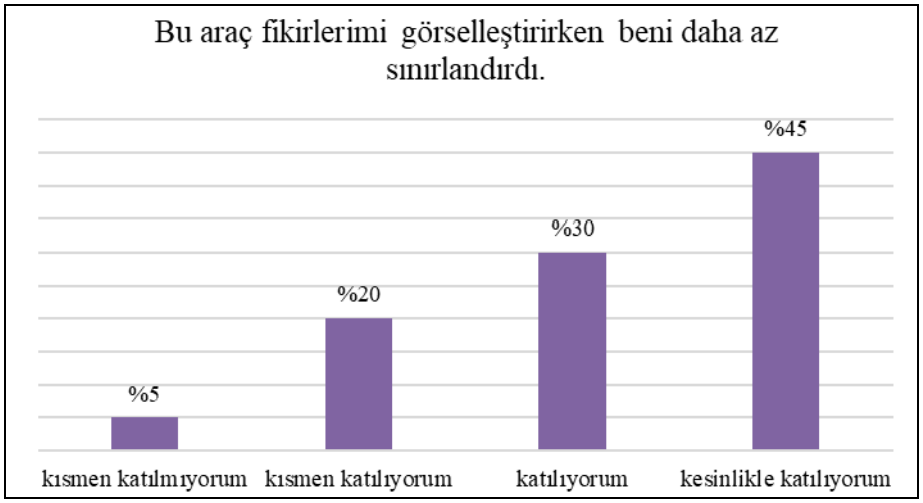
Şekil 4.13. “Bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladığımı düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

“Bu aracı kullanırken daha üretken olduğumu düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.14’te verilmiştir. Buna göre katılımcıların %50’si “kesinlikle katılıyorum”, %35’i “katılıyorum”, %5’i “kısmen katılıyorum”, %5’i “kararsızım”, %5’i ise “kısmen katılıyorum” şeklinde cevaplamıştır. Katılıcımaların %85’inin bu aracı kullanırken daha üretken olduklarını düşündüklerini söylenebilir.



Şekil 4.14. "Bu aracı kullanırken daha üretken olduğumu düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

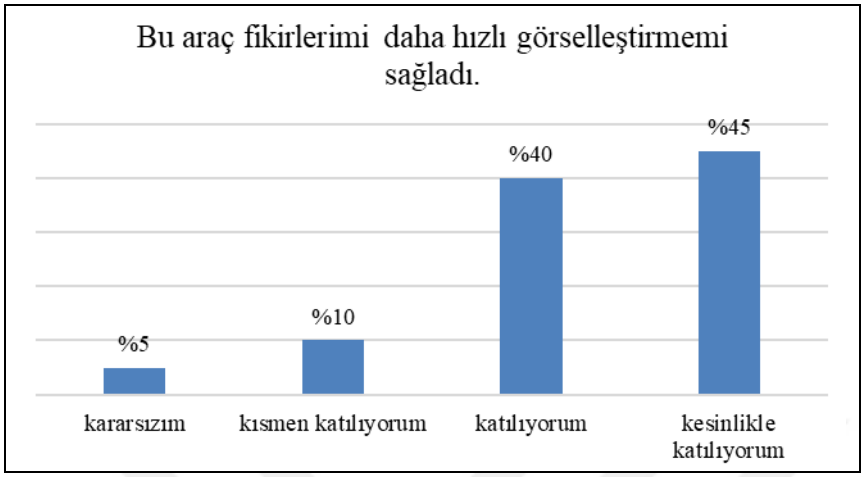
Şekil 4.15'te "Bu araç fikirlerimi görselleştirirken beni daha az sınırlandırdı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %45'i "kesinlikle katılıyorum", %30'u "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %5'i ise "kısmen katılıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Katılımcıların %75'inin bu aracın fikirlerini görselleştirirken daha az sınırlandırdığını düşündüğü görülmektedir.



Şekil 4.15. "Bu araç fikirlerimi görselleştirirken beni daha az sınırlandırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

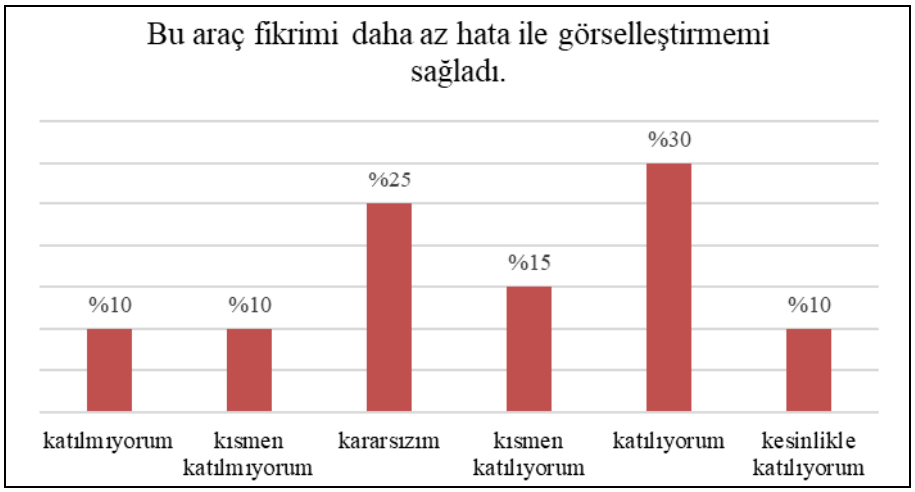
Şekil 4.16'da "Bu araç fikirlerimi daha hızlı görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %45'i "kesinlikle katılıyorum", %40'ı "katılıyorum", %10'u "kısmen

katılıyorum", %5'i ise "kararsızım" şeklinde cevaplamıştır. Katılımcıların %85'inin bu aracın fikirlerini daha hızlı görselleştirmelerini sağladığı ortaya çıkmıştır.



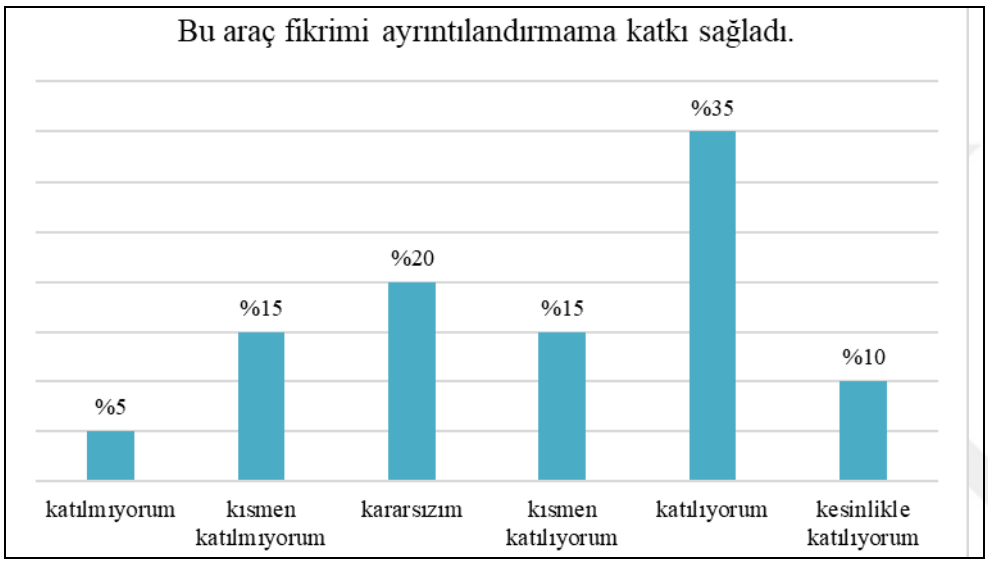
Şekil 4.16. "Bu araç fikirlerimi daha hızlı görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.17'de verilmiştir. Buna göre katılımcıların %10'u "kesinlikle katılıyorum", %30'u "katılıyorum", %15'i "kısmen katılıyorum", %25'i "kararsızım", %10'u "kısmen katılmıyorum", %10'u ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Katılımcıların %55'inin bu aracın fikirlerini daha az hata ile görselleştirmelerini sağladığını düşünürken, %20'si olumsuz düşünce bildirmiştir.

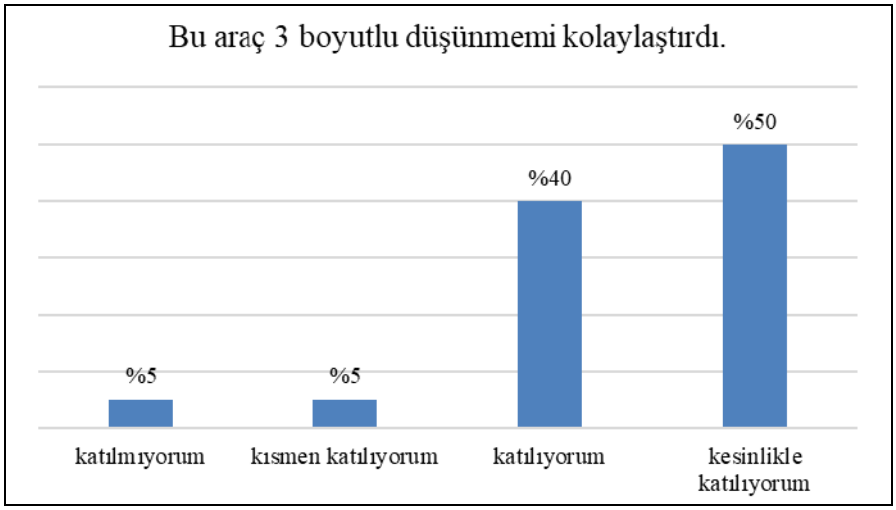


Şekil 4.17. "Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

"Bu araç fikrimi ayrıntılandırmama katkı sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.18'de verilmiştir. Buna göre katılımcıların %10'u "kesinlikle katılıyorum", %35'i "katılıyorum", %15'i "kısmen katılıyorum", %20'si "kararsızım", %15'i "kısmen katılmıyorum", %5'i ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların %60'i bu aracın fikirlerini ayrıntılandırmaya katkı sağladığını düşünürken, %20'si olumsuz görüş bildirmiştir.



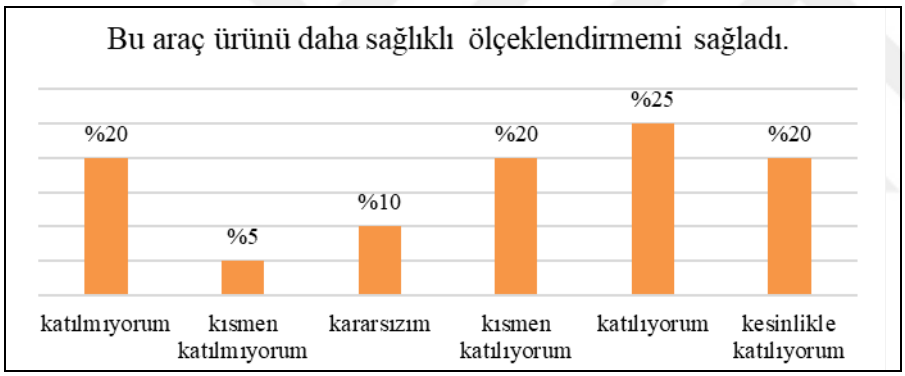
Şekil 4.18. "Bu araç fikrimi ayrıntılandırmama katkı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı



Şekil 4.19. "Bu araç 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

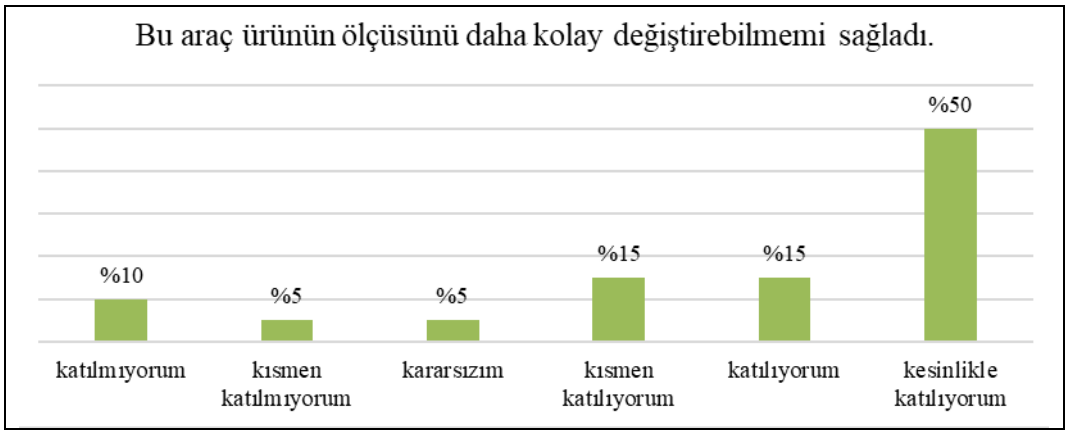
Şekil 4.19'da "Bu araç 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %50'si "kesinlikle katılıyorum", %40'ı "katılıyorum", %5'i "kısmen katılıyorum", %5'i ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Diğer bir deyişle katılımcıların %90'ının bu aracın 3 boyutlu düşünmelerini kolaylaştırdığını, %5'sinin ise olumsuz düşündüğünü söyleyebiliriz.

Şekil 4.20'de "Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %20'si "kesinlikle katılıyorum", %25'i "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %10'u "karasızım", %5'i "kısmen katılıyorum", %20'si ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların %25'inin bu aracın ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmeyi sağlamadığı görüşünde olduğu ortaya çıkmıştır.



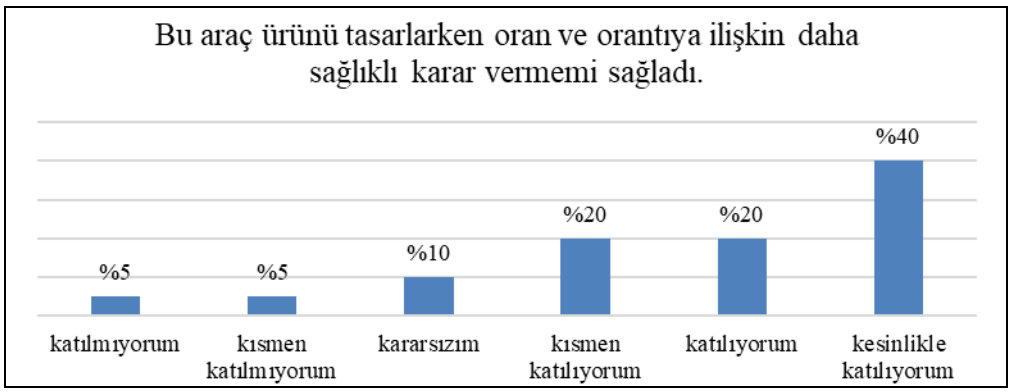
Şekil 4.20. "Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.21'de "Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %50'si "kesinlikle katılıyorum", %15'i "katılıyorum", %15'i "kısmen katılıyorum", %5'i "karasızım", %5'i "kısmen katılmıyorum", %10'u ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların %80'inin bu aracın ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmeyi sağladığı görüşünde olduğu görülmektedir.



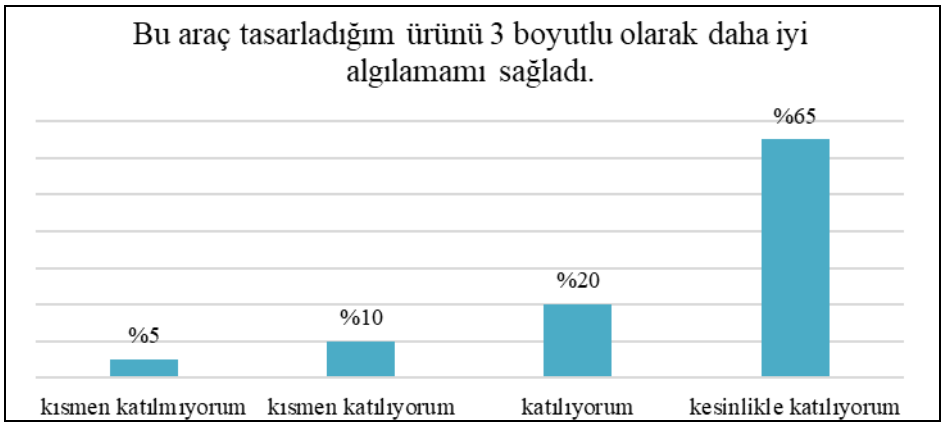
Şekil 4.21. "Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

"Bu araç ürünü tasarlarken oran ve orantıya ilişkin daha sağlıklı karar vermemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.22'de verilmiştir. Buna göre katılımcıların %40'ı "kesinlikle katılıyorum", %20'si "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %10'u "karasızım", %5'i "kısmen katılıyorum", %5'i ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların sadece %10'u bu soruya olumsuz görüş bildirmiştir.



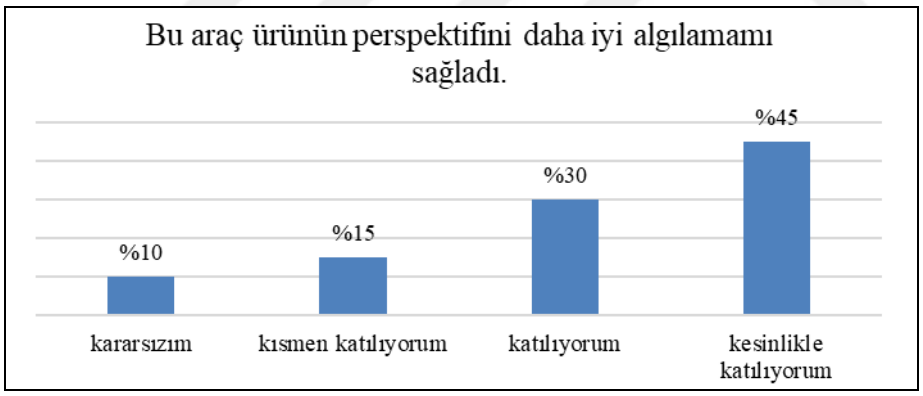
Şekil 4.22. "Bu araç ürünü tasarlarken oran ve orantıya ilişkin daha sağlıklı karar vermemi sağladı."ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

"Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.23'de verilmiştir. Buna göre katılımcıların %65'i "kesinlikle katılıyorum", %20'si "katılıyorum", %10'u "kısmen katılıyorum", %5'i "kısmen katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların sadece %5'i bu soruyu olumsuz yanıtlamıştır.



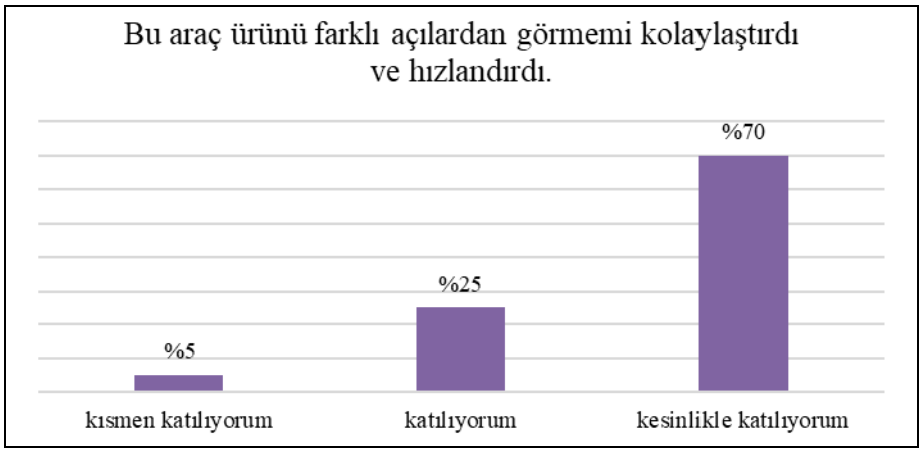
Şekil 4.23. "Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.24'te "Bu araç ürünün perspektifini daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %45'i "kesinlikle katılıyorum", %30'u "katılıyorum", %15'i "kısmen katılıyorum", %10'u "karasızım" şeklinde yanıtlamıştır. Diğer bir deyişle bu ifadeyi olumsuz cevaplayan olmamıştır.



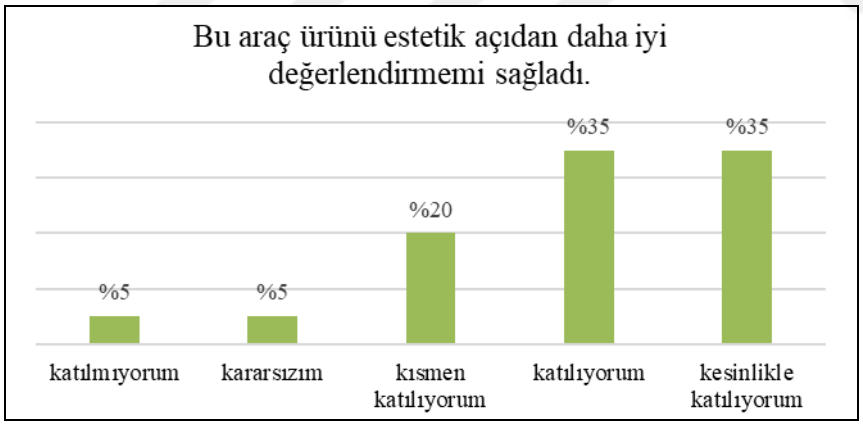
Şekil 4.24. "Bu araç ürünün perspektifini daha iyi algılamamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.25'te "Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %70'i "kesinlikle katılıyorum", %25'i "katılıyorum", %5'i ise "kısmen katılıyorum" şeklinde yanıtlamıştır. Diğer bir deyişle bu ifadeyi tüm katılımcılar olumlu şekilde yanıtlamıştır.



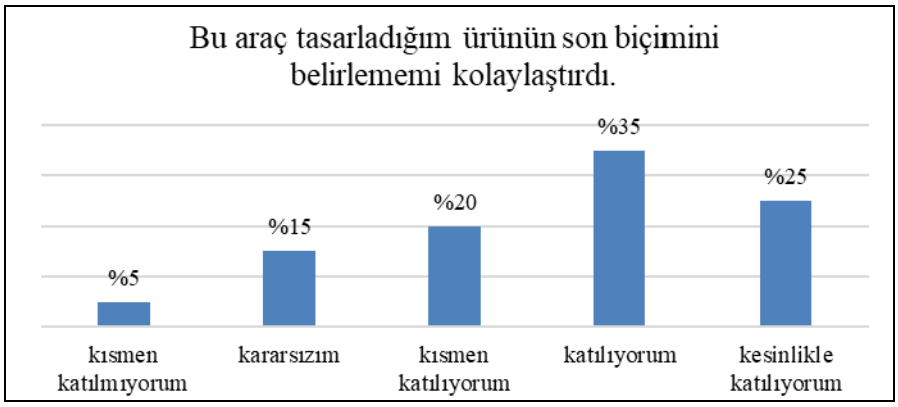
Şekil 4.25. "Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

"Bu araç ürünü estetik açıdan daha iyi değerlendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.26'da verilmiştir. Buna göre katılımcıların %35'i "kesinlikle katılıyorum", %35'i "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %5'i "kararsızım", %5'i ise "kısmen katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların sadece %5'i bu soruyu olumsuz yanıtlamıştır.



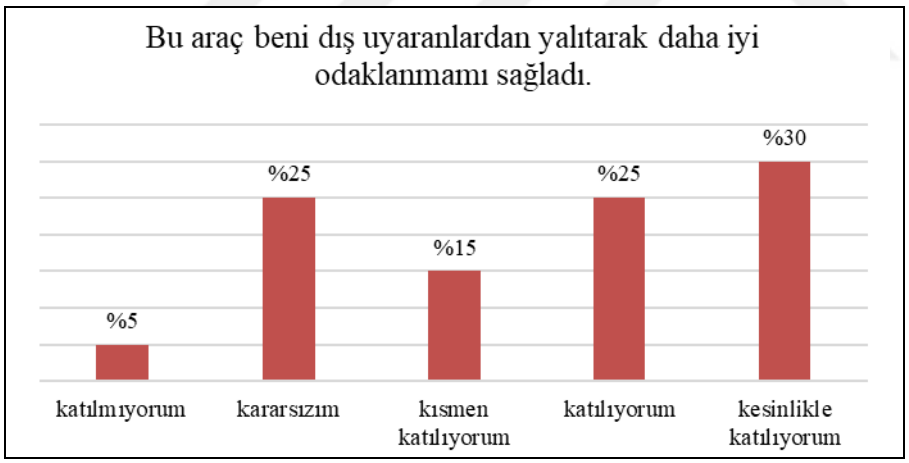
Şekil 4.26. "Bu araç ürünü estetik açıdan daha iyi değerlendirmemi sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.27'de "Bu araç tasarladığım ürünün son biçimini belirlememi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %25'i "kesinlikle katılıyorum", %35'i "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %15'i "kararsızım" ve %5'i "kısmen katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcıların sadece %5'i olumsuz şekilde cevaplamıştır.



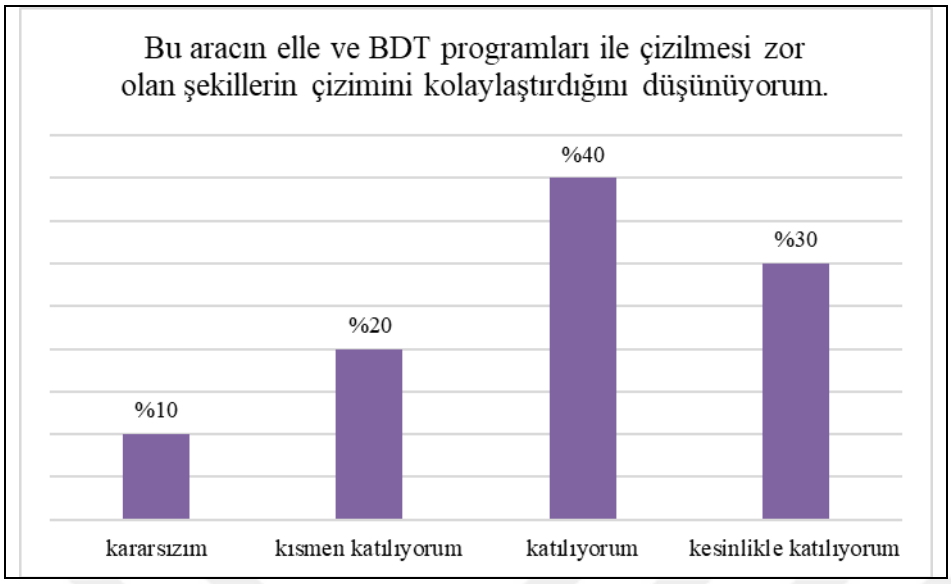
Şekil 4.27. "Bu araç tasarladığım ürünün son biçimini belirlememi kolaylaştırdı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.28'de "Bu araç beni dış uyaranlardan yalıtarak daha iyi odaklanmamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %30'u "kesinlikle katılıyorum", %25'i "katılıyorum", %15'i "kısmen katılıyorum", %25'i "kararsızım" ve %5'i ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcıların sadece %5'i olumsuz şekilde cevaplamıştır.



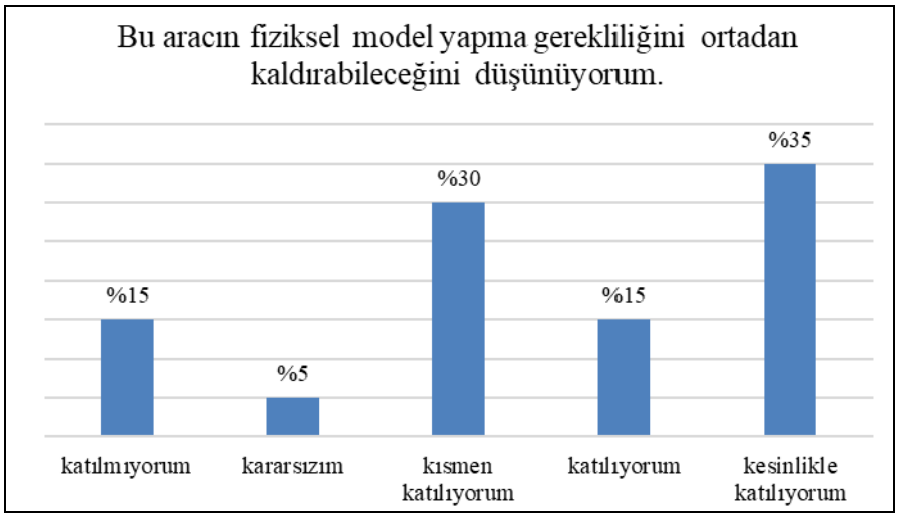
Şekil 4.28. "Bu araç beni dış uyaranlardan yalıtarak daha iyi odaklanmamı sağladı." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.29'da "Bu aracın elle ve BDT programları ile çizilmesi zor olan şekillerin çizimini kolaylaştırdığını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %30'u "kesinlikle katılıyorum", %40'ı "katılıyorum", %20'si "kısmen katılıyorum", %10'u ise "kararsızım" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcılardan olumsuz yanıtlayan olmamıştır.



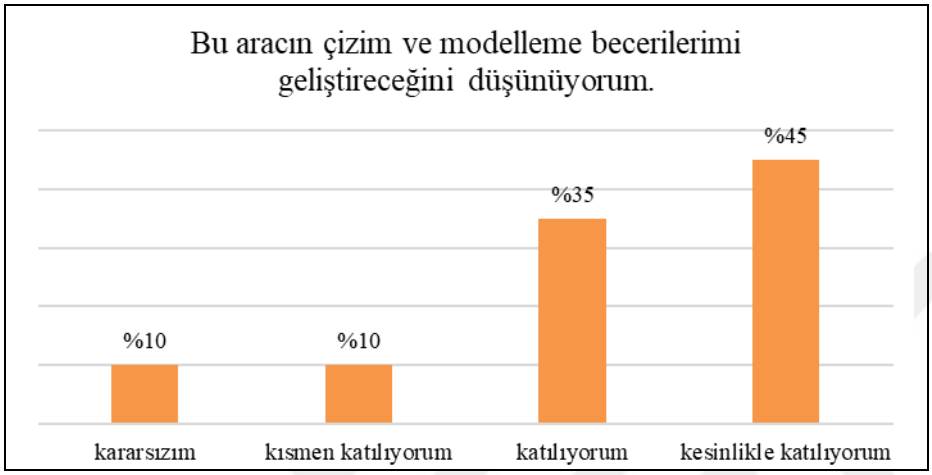
Şekil 4.29. "Bu aracın elle ve BDT programları ile çizilmesi zor olan şekillerin çizimini kolaylaştırdığını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

"Bu aracın fiziksel model yapma gerekliliğini ortadan kaldırabileceğini düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.30'da verilmiştir. Buna göre katılımcıların %35'i "kesinlikle katılıyorum", %15'i "katılıyorum", %30'u "kısmen katılıyorum", %5'i "kararsızım", %15'i ise "katılmıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcıların sadece %15'i bu ifadeyi olumsuz yanıtlamıştır.



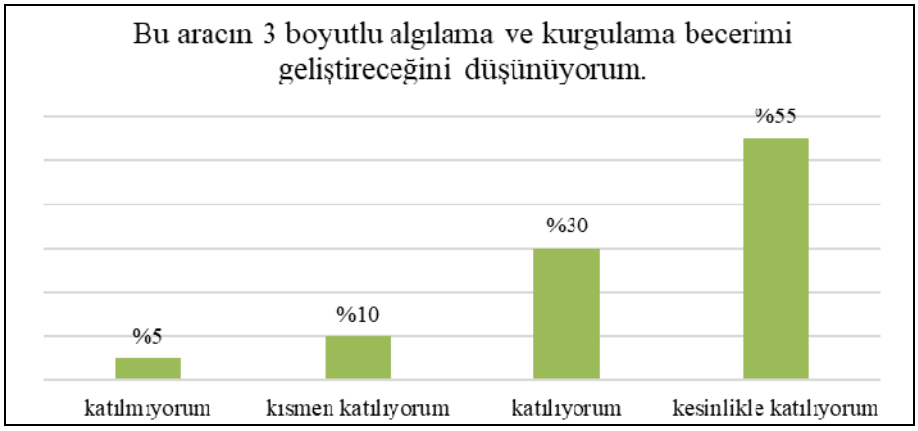
Şekil 4.30. "Bu aracın fiziksel model yapma gerekliliğini ortadan kaldırabileceğini düşünüyorum. "ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

“Bu aracın çizim ve modelleme becerilerimi geliştireceğini düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.31’de verilmiştir. Buna göre katılımcıların %45’i “kesinlikle katılıyorum”, %35’i “katılıyorum”, %10’u “kısmen katılıyorum”, %10’u “kararsızım” şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcılardan bu ifadeyi olumsuz yanıtlayan olmamıştır.



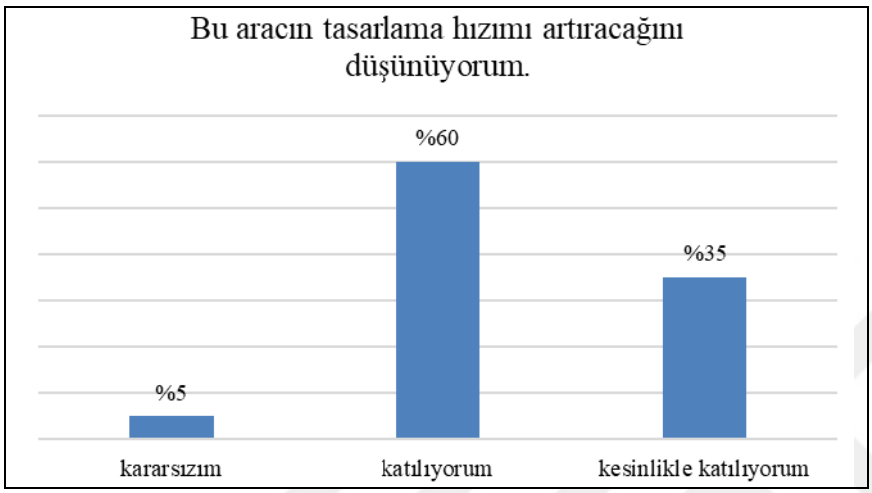
Şekil 4.31. “Bu aracın çizim ve modelleme becerilerimi geliştireceğini düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.32’de “Bu aracın 3 boyutlu algılama ve kurgulama becerimi geliştireceğini düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %55’i “kesinlikle katılıyorum”, %30’u “katılıyorum”, %10’u “kısmen katılıyorum”, %5’i ise “katılmıyorum” şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcılardan sadece %5’i olumsuz yanıtlamıştır.



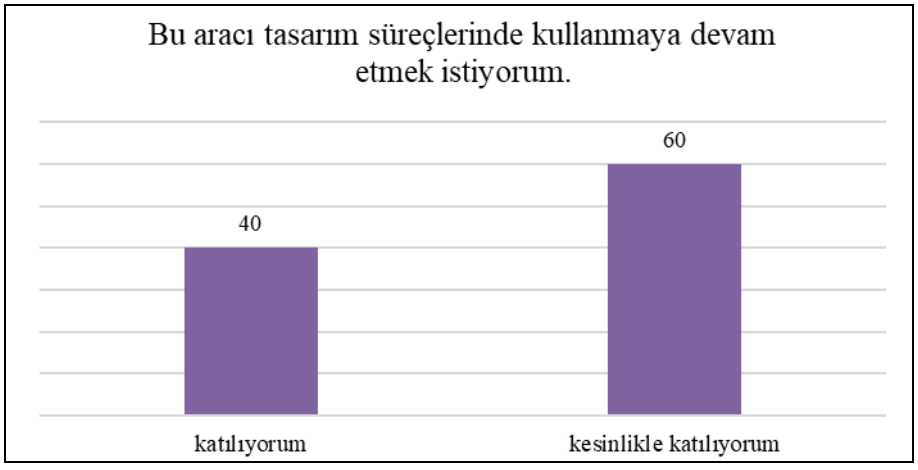
Şekil 4.32. “Bu aracın 3 boyutlu algılama ve kurgulama becerimi geliştireceğini düşünüyorum. “ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.33'te "Bu aracın tasarlama hızımı artıracağını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %35'i "kesinlikle katılıyorum", %60'ı "katılıyorum", %5'i ise "kararsızım" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcılardan olumsuz yanıtlayan olmamıştır.



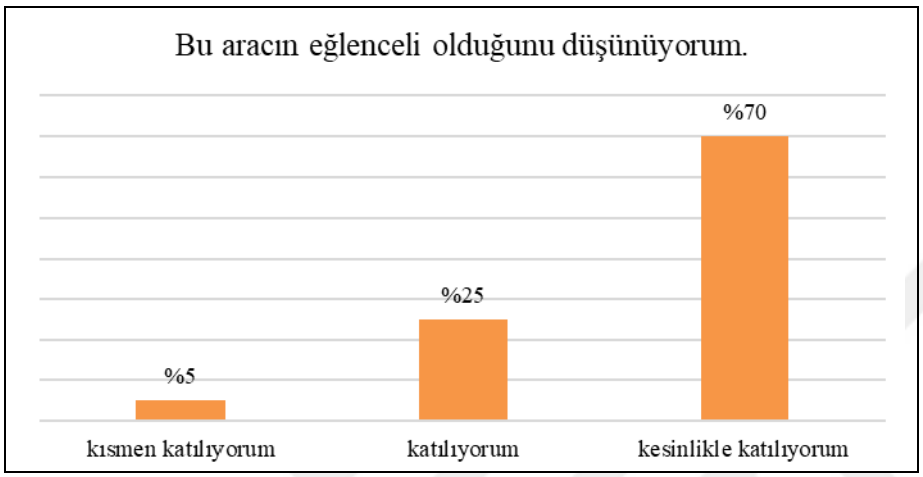
Şekil 4.33. "Bu aracın tasarlama hızımı artıracağını düşünüyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Şekil 4.34'te "Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum." ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak verilmiştir. Buna göre katılımcıların %60'ı "kesinlikle katılıyorum" %40'ı ise "katılıyorum" şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla bu ifadeyi katılımcılardan olumsuz yanıtlayan olmamıştır.



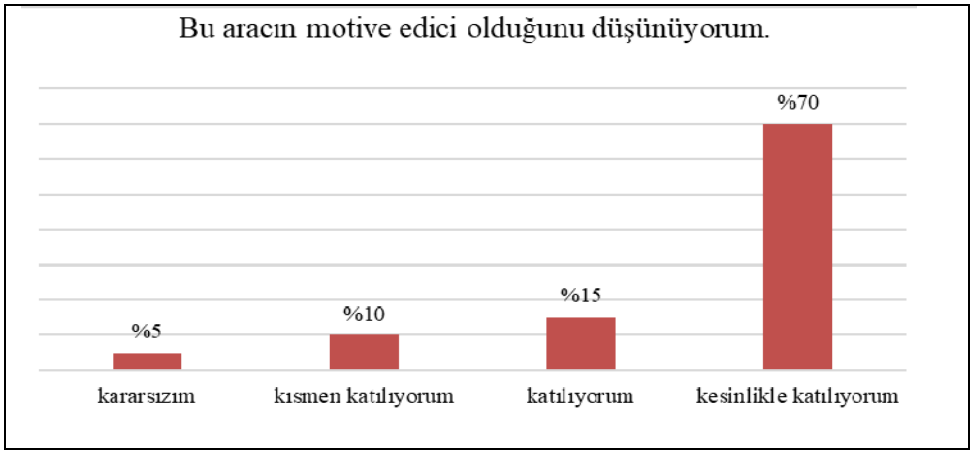
Şekil 4.34. "Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum." ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

“Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.35’te verilmiştir. Buna göre katılımcıların %70’i “kesinlikle katılıyorum”, %25’i “katılıyorum”, %5’i “kısmen katılıyorum” şeklinde cevaplamıştır. Dolayısıyla katılımcılardan bu ifadeyi olumsuz yanıtlayan olmamıştır.



Şekil 4.35. “Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

“Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdiği cevapların dağılımları yüzdelik olarak sütun grafiği ile Şekil 4.36’da verilmiştir. Buna göre katılımcıların %70’i “kesinlikle katılıyorum”, %25’i “katılıyorum”, %5’i “kısmen katılıyorum” şeklinde cevaplamıştır. Bu ifadeyi katılımcıların %85’i olumlu şekilde cevaplamıştır.



Şekil 4.36. “Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum.” ifadesine katılımcıların verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı

Çizelge 4.14'te verilen ifadelere katılımcıların verdiği puanların ortalamaları (büyükten küçüğe doğru sırasıyla), mod ve standart sapmaları verilmiştir. Buna göre 6,65 ortalama ile "Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı." ve "Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum.", 6,60 ortalama ile "Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum.", 6,50 ortalama ile "Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum.", 6,40 ortalama ile "Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı." ifadeleri en yüksek puanlanmıştır. "Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı." ve "Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı." ifadeleri ise sırasıyla 4,75 ve 4,85 ortalama ile en düşük puanlanan ifadelerdir. Dolayısıyla genel olarak uygulamanın kolay ve hızlı olması, ürünü farklı açılardan görme ve üç boyutlu olarak daha iyi algılama gibi özelliklerinin ön plana çıktığı görülmektedir.

Çizelge 4.14. Katılımcıların verdiği puanların ortalamaları, mod ve standart sapmaları

	n	x̄	mod	s
Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı.	20	6,65	7	0,58
Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum.	20	6,65	7	0,58
Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum.	20	6,60	7	0,50
Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum.	20	6,50	7	0,88
Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı.	20	6,40	7	1,04
Bu araç fikirlerimi daha hızlı görselleştirmemi sağladı.	20	6,25	7	0,85
Bu araç 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı.	20	6,25	7	1,16
Bu aracın 3 boyutlu algılama ve kurgulama becerimi geliştireceğini düşünüyorum.	20	6,25	7	1,20
Bu aracın tasarlama hızımı artıracağını düşünüyorum.	20	6,25	6	0,71
Bu aracı kullanırken daha üretken olduğumu düşünüyorum.	20	6,20	7	1,10
Bu aracın çizim ve modelleme becerilerimi geliştireceğini düşünüyorum.	20	6,15	7	0,98
Bu araç fikirlerimi görselleştirirken beni daha az sınırlandırdı.	20	6,10	7	1,07
Bu araç ürünün perspektifini daha iyi algılamamı sağladı.	20	6,10	7	1,02
Bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladığımı düşünüyorum.	20	5,90	6	1,16
Bu aracın elle ve BDT programları ile çizilmesi zor olan şekillerin çizimini kolaylaştırdığını düşünüyorum.	20	5,90	6	0,96
Bu araç ürünü estetik açıdan daha iyi değerlendirmemi sağladı.	20	5,85	6	1,26
Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı.	20	5,70	7	1,71
Bu araç ürünü tasarlarken oran ve orantıya ilişkin daha sağlıklı karar vermemi sağladı.	20	5,65	7	1,49
Bu araç tasarladığım ürünün son biçimini belirlememi kolaylaştırdı.	20	5,60	6	1,18
Bu araç beni dış uyaranlardan yalıtarak daha iyi odaklanmamı sağladı.	20	5,45	7	1,43
Bu aracın fiziksel model yapma gerekliliğini ortadan kaldırabileceğini düşünüyorum.	20	5,35	7	1,72
Bu araç fikrimi ayrıntılanmama katkı sağladı.	20	4,90	6	1,44
Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı.	20	4,85	6	1,81
Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı.	20	4,75	6	1,51

n: Katılımcı sayısı, x̄: Ortalama, s: Standart sapma

4.2.3. Görüşme bulguları

Son anket uygulamasından sonra katılımcılarla Zoom uygulaması üzerinden 9 soruluk görüşme gerçekleştirilmiştir. Her soru için verilen cevaplar Hsieh ve Shannon (2005) tarafından kategorize edilen geleneksel içerik analizi yöntemi kullanılarak maddeler halinde verilmiştir. Görüşmenin ilk sorusu "Genel olarak Gravity Sketch uygulamasının kavramsal tasarım sürecinde kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz (3 boyutlu düşünme, gerçek boyutunda modelleme, kullanılabilirlik (arayüz, kumandalar), etkileşim tasarımı (3 boyutlu etkileşim, doğal etkileşim (gerçek dünyada çizer gibi)? Sizce olumlu ve olumsuz yönleri nelerdir?" şeklindedir. Bu sorunun amacı katılımcıların GS uygulaması ile ilgili anket soruları dışında kalan farklı düşüncelerini ortaya çıkarmaktır. GS uygulaması ile ilgili görüşler içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiş ve en sık tekrar edenden başlamak üzere Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili görüşler

	Tekrarlama sıklığına göre GS uygulaması ile ilgili görüşler
1	3 boyutlu modelleme daha kolay ve hızlı
2	3 boyutlu düşünme ve algılama daha kolay
3	Modeli farklı açılardan ve mesafeden görmek daha hızlı ve kolay (modelle aynı ortamda olma, etrafında gezinebilme)
4	Arayüz basit ve açıklayıcı
5	Gerçek zamanlı etkileşim sağlaması
6	Modeli gerçek boyutu ile görebilme
7	Daha hızlı düşünme ve karar verme
8	Daha yaratıcı düşünebilme
9	Boyutları daha kolay değiştirebilme
10	Öğrenmesi ve yönetmesi kolay
11	Daha özgür ve esnek modelleme
12	Maket yapar gibi modelleme
13	Daha gerçekçi modelleme
14	Sonuç odaklı çalışma
15	Daha iyi oran-orantı algısı

GS uygulaması ile ilgili olumsuz görüşler ise en çok "ölçülü modellemenin olmaması ve kumandalara adaptasyonun zaman alması" üzerinde yoğunlaşmaktadır.

İkinci soru olarak katılımcılara GS ve Fusion 360 gibi BDT uygulamaları arasındaki farklılıklar sorulmuştur. Verilen cevaplar içerik analizi yöntemiyle kategorize edildiğinde aşağıdaki maddelere ulaşılmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Tekrarlama sıklığına göre GS ve Fusion 360 arasındaki farklılıklar

	Tekrarlama sıklığına göre GS ve Fusion 360 arasındaki farklılıklar
1	GS'nin daha özgür bir modelleme deneyimi sunması
2	GS'nin daha hızlı olması (daha az hamle ile aynı komut)
3	GS'in fikir geliştirme aşamasında kullanılabilmesi
4	GS'de modelin dönüştürülmesinin daha kolay olması
5	GS'nin farklı form yaratmayı ve çeşitliliği desteklemesi
6	GS'de modelin daha detaylı görüntülenebilmesi
7	Fusion 360'ın üretim modellemesine daha uygun olması
8	GS'in organik formlara daha elverişli olması
9	GS'nin 360 derece görüş açısına sahip olması
10	GS'de ölçülendirmenin daha zor olması
11	GS'de kamera açısının daha kolay değiştirilebilmesi (modele yakınlaşma, uzaklaşma, bakış açısını değiştirme)

Üçüncü soru "Gravity Sketch uygulamasının tasarım süreçlerinin hangi evrelerinde (Fikir üretme, konsept geliştirme, detaylandırma, prototipleme, sunum gibi) kullanımının daha verimli olacağını düşünüyorsunuz? Neden?" şeklindedir. Katılımcıların tamamı GS uygulamasının hızlı ve esnek modelleme özelliği nedeniyle bu uygulamanın tasarım süreçlerinin ilk evreleri olan "fikir üretme ve konsept geliştirme" evrelerinde daha verimli olacağı görüşündedir. Ayrıca katılımcılardan 7'si ise GS uygulamasında insan modellerinin hazır bulunması ve ürün bağlamı oluşturmanın kolay olması nedeniyle söz konusu uygulamanın sunum aşamasında da kullanılabileceği yönünde görüş bildirmiştir.

Dördüncü soruda katılımcılara Gravity Sketch uygulaması kullanarak hangi ürünleri tasarlamanın daha mantıklı olduğu sorulmuştur. Katılımcıların geneli bu uygulamada organik, akışkan formlardaki ürünleri modellemenin diğer BDT programlarına göre daha hızlı ve kolay olacağı görüşündedir. Katılımcılar GS uygulamasının hem modelleme ortamı hem de modelleme araçları olarak daha esnek ve özgür olmasının buna çok büyük katkısı olduğunu bildirmiştir. Katılımcılar ayrıca her boyutta ürünün (otomobil gibi büyük ölçekli veya ayakkabı gibi küçük ölçekli) modellenebileceğini çünkü modele istedikleri kadar kolayca yakınlaşıp uzaklaşabildiklerini eklemişlerdir.

Beşinci soru "Geleneksel yollarla tasarlayamayıp Gravity Sketch ile tasarlayabileceğinizi düşündüğünüz ürünler var mı? Varsa bunların ne olduğunu ve nedenini açıklayınız." şeklindedir. Bu soruya da katılımcılar bir önceki soruya verdikleri cevaba benzer şekilde organik formdaki, yüzey hareketliliğinin fazla olduğu otomobil, vitrifiye gibi seramik ürünler ve döşemeli mobilya ürünleri cevabını vermiştir. Ayrıca katılımcılar dış mekân öğelerinin (ağaç, bitki örtüsü, taş vb. gibi) de yine serbest el çizimine göre GS ile daha rahat modellenebileceğini ifade etmiştir.

Altıncı soruda katılımcılara GS uygulamasında değiştirilmesi veya eklenmesi gereken özellikler olup olmadığı sorulmuştur. Katılımcıların verdikleri cevaplar içerik analizi yöntemiyle kategorize edildiğinde tekrarlama sıklığına göre aşağıda verilmiştir.

- Kesme ve çıkarma aracının eklenmesi
- Hacimleri birleştirme, hacimleri çıkarma aracının eklenmesi
- Başlarken ölçü girilebilmesi
- Malzeme sayısının artırılması
- Render araçlarının geliştirilmesi

Yedinci soruda GS uygulamasının uzaktan eğitim ile verilmesinin verimli olup olmadığı ve nedeni sorulmuştur. Katılımcıların tamamı GS uygulamasının uzaktan eğitim ile verilmesinin verimli olduğu görüşünü bildirmiştir. Katılımcıların uzaktan eğitimin avantajları ile ilgili verdikleri cevaplar maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Eğitimci ile her an iletişimde olabilme
- Buluttan yapılanların anlık takip edilebilmesi
- Gözlüğün her an erişilebilir olması ve bunun zaman kaybını engellemesi
- Alan kısıtlaması olmadığı için daha özgür olunabilmesi
- İstenilen saatte çalışılabilmesi

Katılımcıların bazılarının verdikleri cevaplar şu şekildedir:

"Sanal bir ortamda yan yana olmak bir şey değiştirmez."

"Videolar yeterliydi, laboratuvar ortamında da olsak bir şey değişmezdi."

“Sanal bir ortam olduğu için fark olmadı.”

“Evet düşünüyorum. Çünkü gözlük ve araçlarla birlikte kullanıldığında zaten ortamdaki tek kişi etkisinde oluyorsunuz ve eğitim şeklinin bir fark yaratmadığı noktaya geliyorsunuz. Açıklamalar yeterli olduğu sürece öğrenmek oldukça kolay.”

“Online daha iyi yan yana olmak bir şey katmaz.”

“Gözlükle baş başa kaldığımız süre daha fazla oldu, daha fazla keşfetmemizi sağladı, ilk eğitim süreci yüz yüze olabilir.”

Sekizinci soru “Sizce bu uygulama endüstriyel tasarım eğitimine entegre edilebilir mi? Neden?” şeklindedir. Katılımcıların tamamı GS uygulamasının endüstriyel tasarım eğitimine entegre edilebileceğini bildirmiştir. Katılımcıların verdikleri cevaplardan bazıları şunlardır:

“Edilmesi gerek, teknoloji geliştikçe derslerin değişmesi ile tasarım eğitimine SG girmeli, buna uygun tasarımcılar yetiştirilmeli.”

“Evet güzel olur, BDT derslerinin içerisinde olabilir.”

“Edilebilir. İlk evrelerde bu uygulama kullanılıp son aşamalara BDT uygulamaları ile geçilirse vakit kullanımı ve tasarım süreci verimli halde evrilmiş olacaktır.”

“Evet kesinlikle, 2.sınıfta 3 boyutlu düşünmeyi geliştirmek için skeç derslerine eklenebilir.”

“Edilmeli, 1.sınıf ve 2.sınıf çizim derslerinde iletişim teknikleri derslerine eklenebilir.”

“Mobilya, aydınlatma gibi seçmeli bir ders olabilir.”

Dokuzuncu soruda katılımcılara GS uygulamasını profesyonel hayatlarında kullanmaya devam etmek isteyip istemedikleri sorulmuştur. Katılımcıların yine tamamı bu uygulamayı kullanmaya devam etmek istediklerini ifade etmiştir. Verilen cevaplardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- “Evet, fikir üretme aşamasında skeç yapmakta sıkıntı yaşıyorum, fikirlerimi yansıtamıyorum bu uygulama yardımcı olabilir.”
- “Fikirleri hızlı bir şekilde aktardığı için isterim.”
- “İsterim, aklımdakileri daha iyi yansıtabileceğimi düşünüyorum.”
- “Evet. Tasarımımın gidebileceği yönleri üzerindeki değişimleri ve çevre etkileşimini çok daha net ve hızlı görebilme imkânı sunduğu için isterdim.”
- “Evet isterim uygulama hız ve üretkenlik kazandırıyor.”
- “İsterim çünkü aklımdakini daha rahat ve hızlı anlatabiliyorum.”

“İsterim, çünkü düşünme şeklime etki edeceğini, ürüne yaklaşımı ve modelleme şeklimi değiştireceğini ve beni geliştireceğini düşünüyorum.”

4.2.4. Deney bulguları

Ön araştırmada olduğu gibi ana çalışmada da hem süreç odaklı hem de içerik odaklı analiz yaklaşımı benimsenmiş deney sırasında elde edilen video kayıtları ve üç boyutlu modeller ile hem tasarım süreci hem de sonuç ürünler analiz edilmiştir. Deney sonrasında ortaya çıkan son ürünler endüstriyel tasarım alanında en az 5 yıl uzmanlığı olan beş kişi tarafından değerlendirilmiştir. Deneylere ait veriler kısa videolar haline getirilmiş katılımcı numaraları ile dosyalanmış ve değerleyicilere bulut ortamında *Tasarım çalışması değerlendirme formu* ile birlikte (Bknz. Ek 7) iletilmiştir. Tasarım sürecinde uygulanan protokol analizi yöntemi sonrasında elde edilen veriler araştırmacı tarafından bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türlerine göre kodlanarak analiz edilmiştir.

Son ürün bulguları

Ön araştırmada olduğu gibi değerleyiciler Ek 7’de verilen değerlendirme formunu kullanarak alternatif sayısı, yenilik ölçeği ve çeşitlilik ölçeği üzerinden katılımcıların tasarım çalışmalarını puanlamıştır. İkiden fazla değerleyicinin verdiği puanlar arasındaki uyumu ordinal veriler için hesaplarken Kendall W uyum katsayısı kullanılır. Elde edilen katsayı için “0” hiç uyuşma olmaması “1” ise tam uyuşmayı ifade eder (Kendall ve Smith, 1939). Bu çalışma için beş değerleyicinin 20 katılımcı için verdikleri puanların Kendall W uyum katsatıyıları her bir tasarım çalışması için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplama SPSS kullanılarak Non parametric Tests sekmesi altında K Related Samples ve Kendall’s

W kısmından yapılmıştır. Çizelge 4.17'de değerleyicilerin yenilik ölçeğinde katılımcılara verdikleri puanların Kendall W uyum katsayıları Fusion 360 ve GS kullanarak üretilen üç tasarım çalışması için ayrı ayrı verilmiştir. Buna göre en düşük katsayı 0,746 ile Fusion 360 kullanılarak üretilen vazo tasarımı için hesaplanırken en yüksek katsayı 0,832 ile GS kullanılarak üretilen oturma birimi tasarımı için hesaplanmıştır. Dolayısıyla yenilik ölçeği için tüm gruplardaki katsayıların 1'e ya yakın olduğu ve buna bağlı olarak değerleyicilerin verdikleri puanlar arasındaki uyumun yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 4.17. Yenilik ölçeği Kendall W uyum katsayısı

	Fusion 360			GS		
	Vazo	Aydınlatma	Oturma birimi	Vazo	Aydınlatma	Oturma birimi
Kendall W uyum katsatyısı	0,746	0,785	0,792	0,825	0,742	0,832

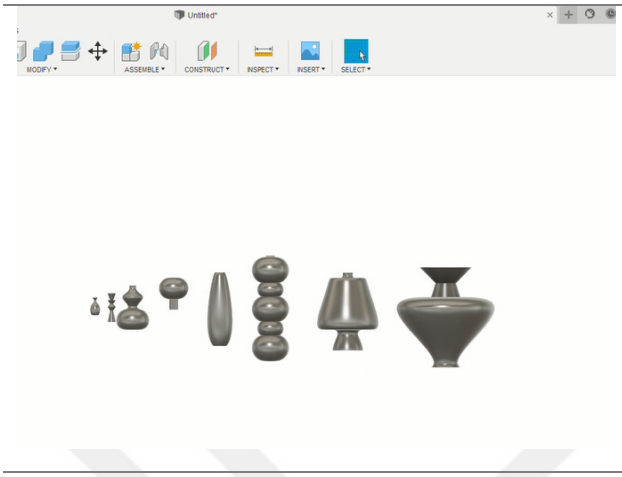
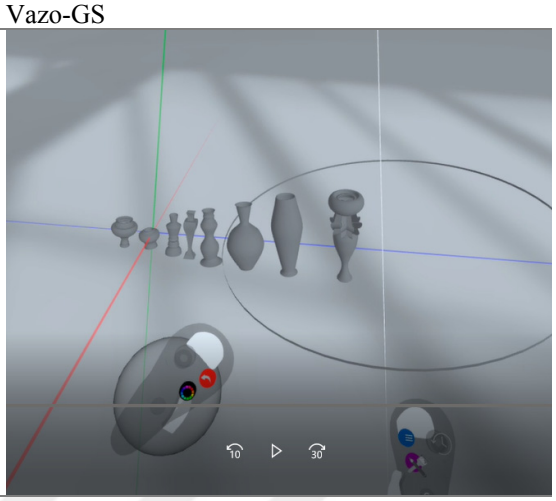
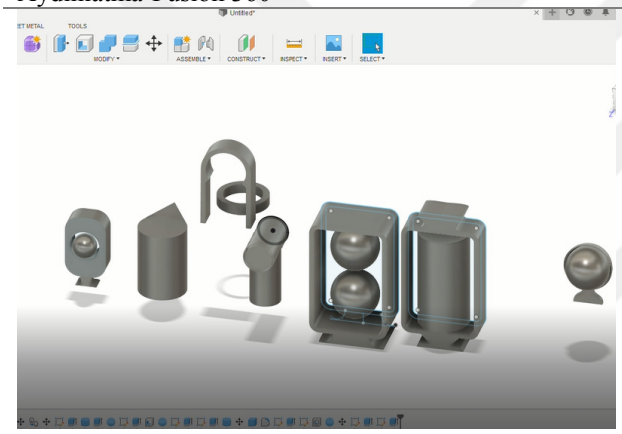
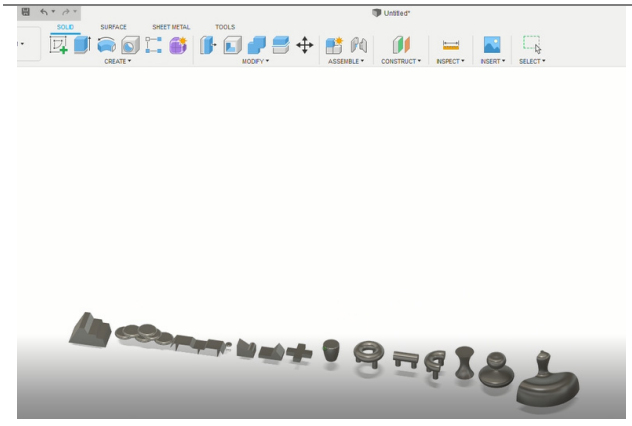
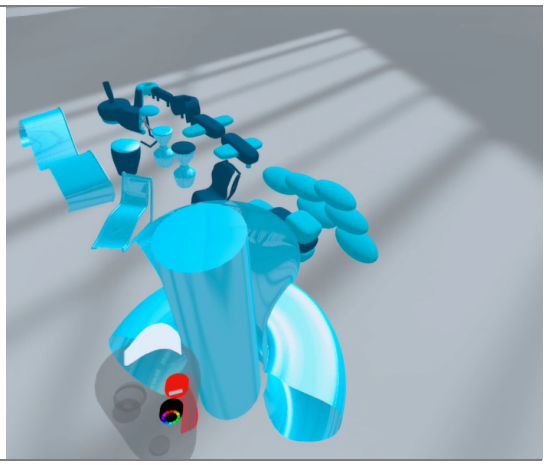
Çizelge 4.18'de değerleyicilerin çeşitlilik ölçeğinde katılımcılara verdikleri puanların Kendall W uyum katsayıları Fusion 360 ve GS kullanarak üretilen üç tasarım çalışması için ayrı ayrı verilmiştir. Buna göre en düşük katsayı 0,729 ile GS kullanılarak üretilen vazo tasarımı için hesaplanırken en yüksek katsayı 0,866 ile GS kullanılarak üretilen oturma birimi tasarımı için hesaplanmıştır. Dolayısıyla çeşitlilik ölçeği için tüm gruplardaki katsayıların 1'e ya yakın olduğu ve buna bağlı olarak değerleyicilerin verdikleri puanlar arasındaki uyumun yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.18. Çeşitlilik ölçeği Kendall W uyum katsayısı

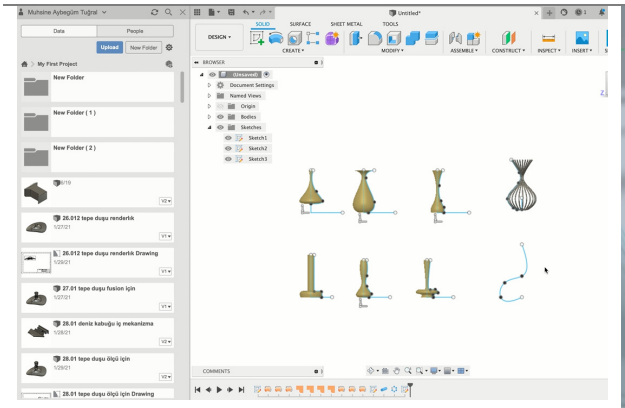
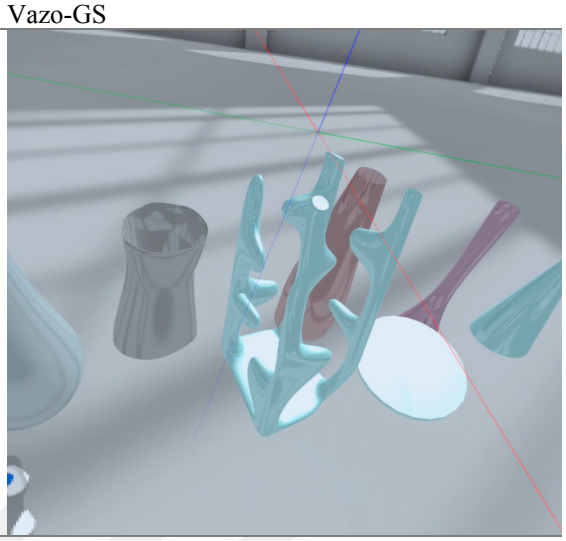
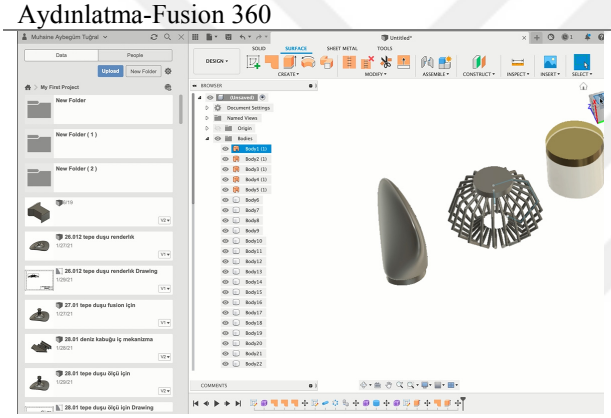
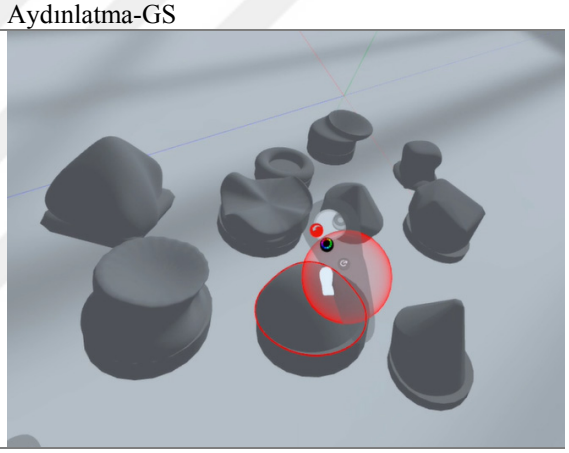
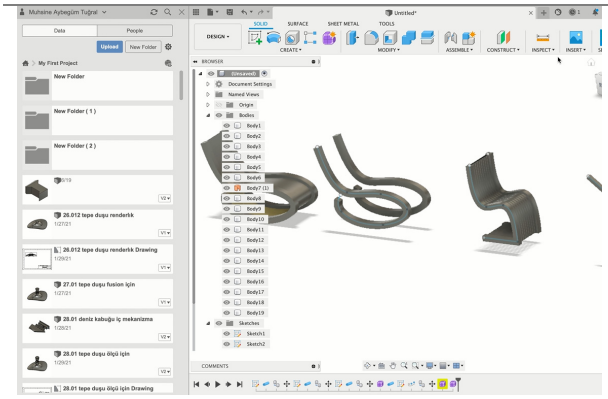
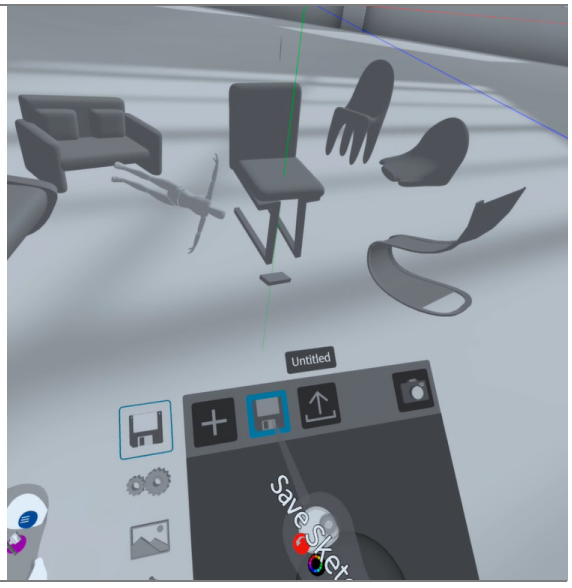
	Fusion 360			GS		
	Vazo	Aydınlatma	Oturma birimi	Vazo	Aydınlatma	Oturma birimi
Kendall W uyum katsatyısı	0,750	0,788	0,892	0,729	0,731	0,866

Çizelge 4.19'da ana çalışma deneyleri (vazo, aydınlatma ürünü ve oturma birimi tasarımı) sırasında katılımcıların ürettikleri tasarımların ekran görüntüleri verilmiştir.

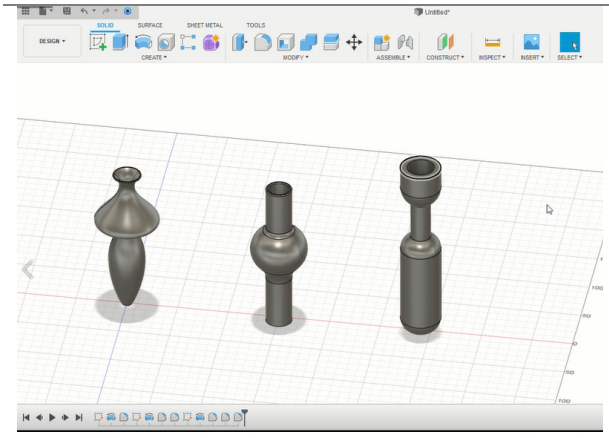
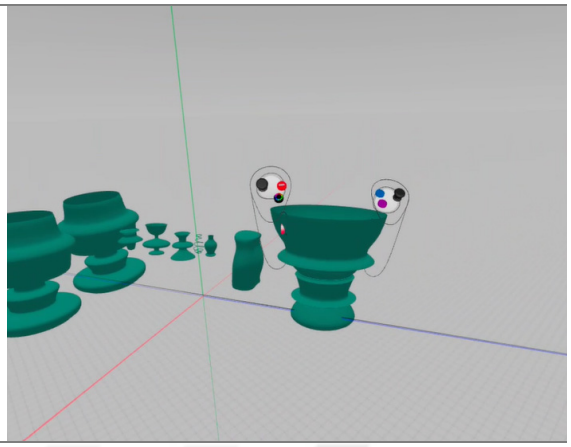
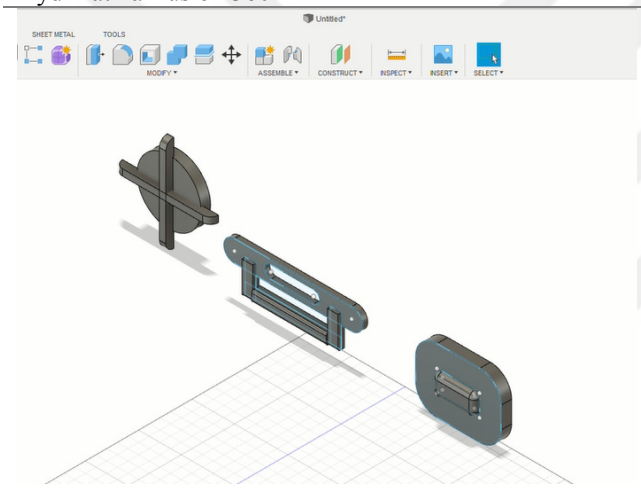
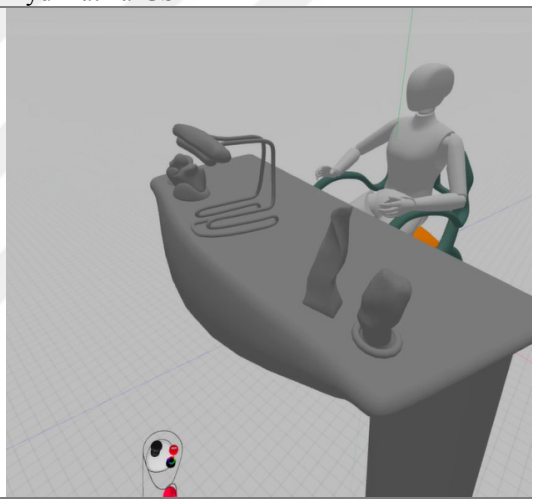
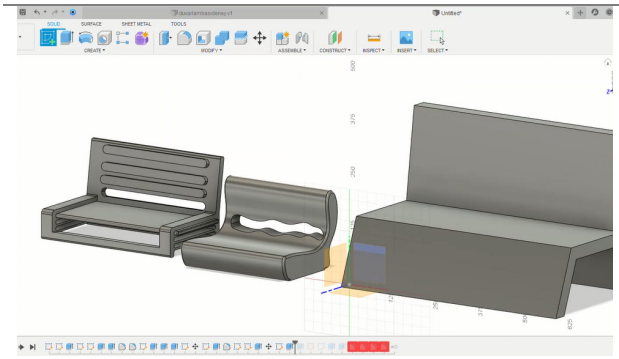
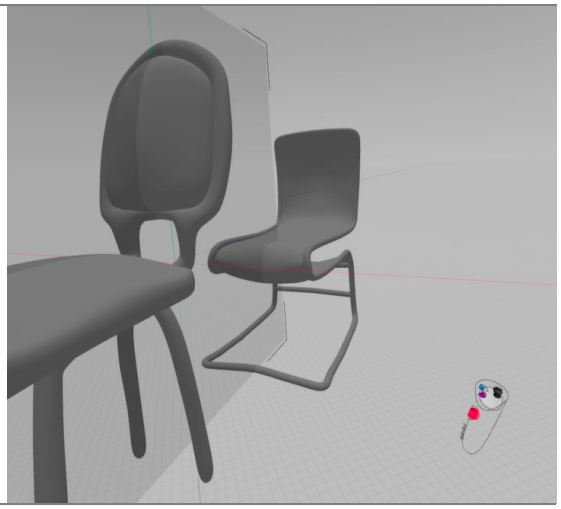
Çizelge 4.19. Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K1	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

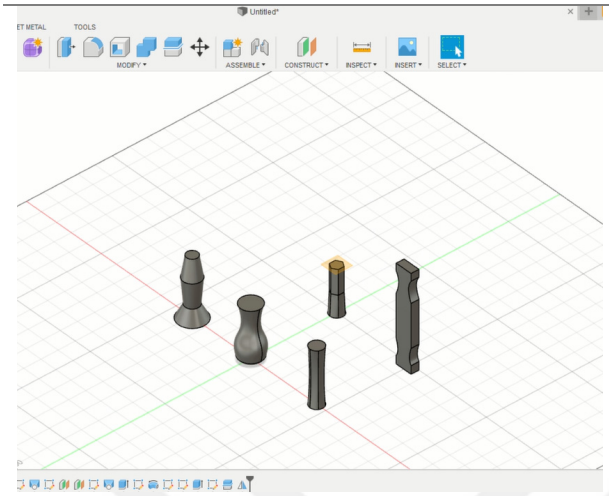
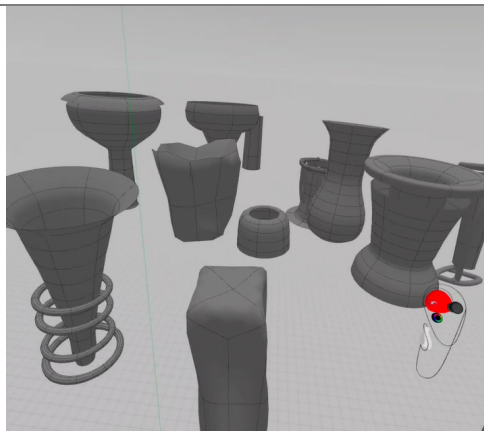
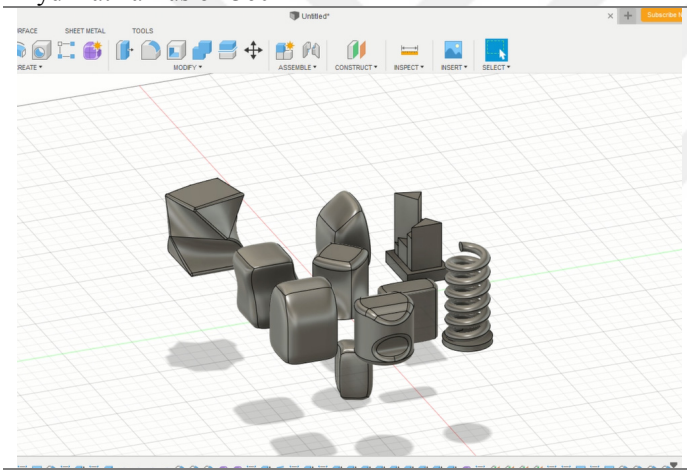
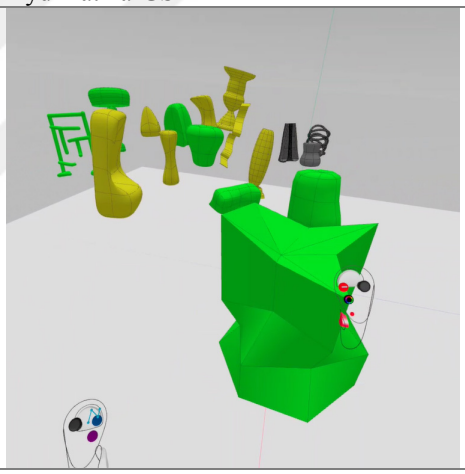
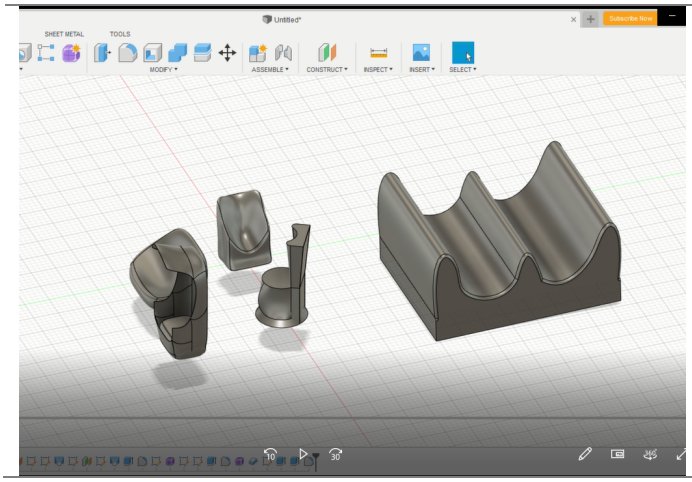
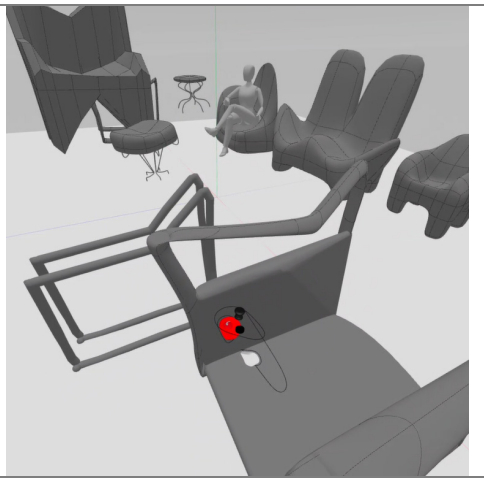
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K2	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

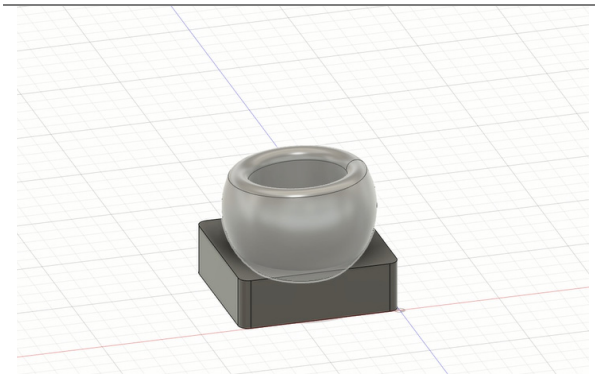
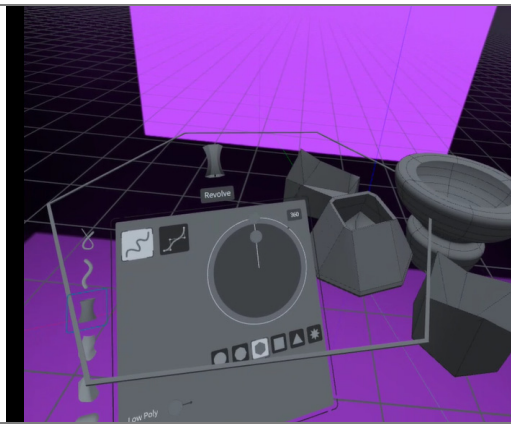
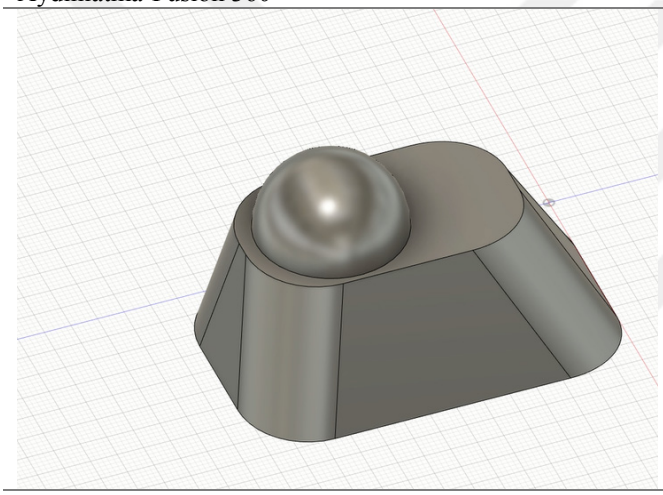
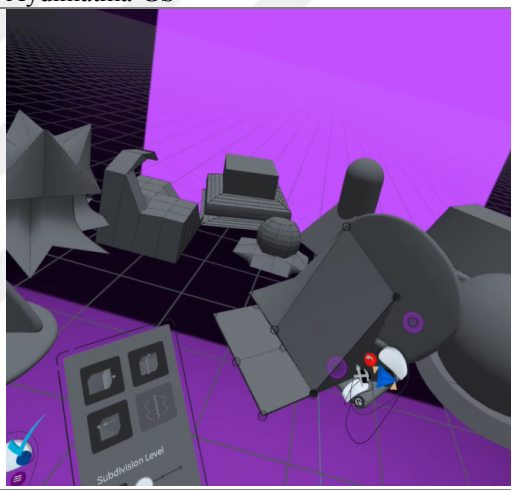
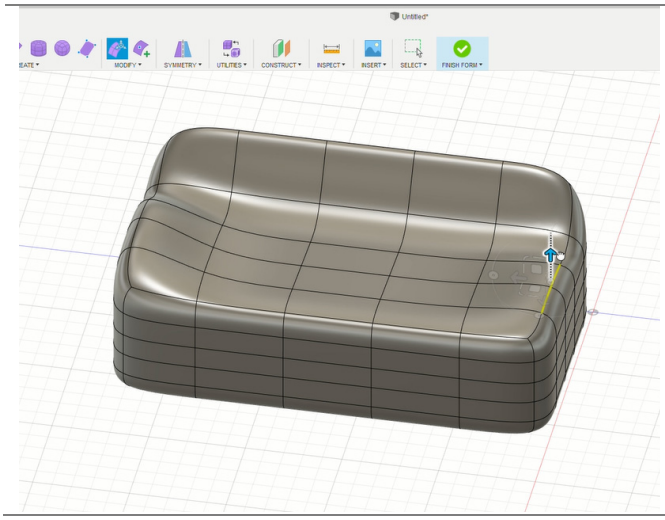
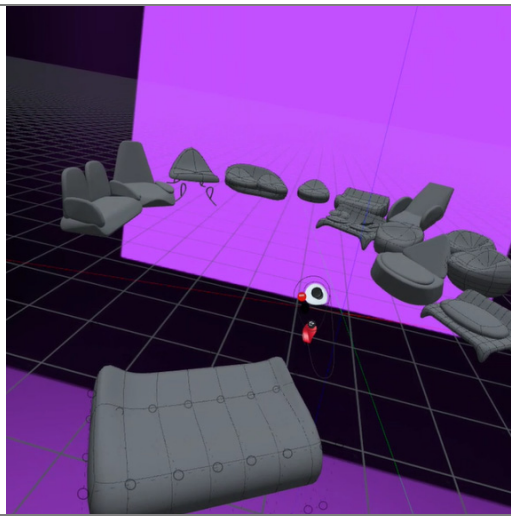
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K3	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

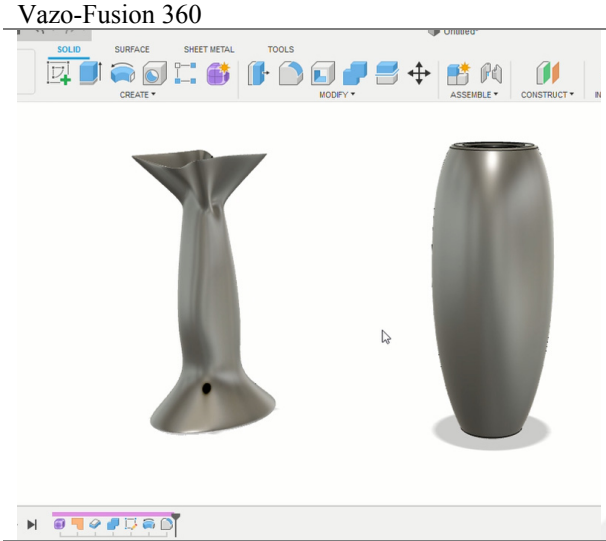
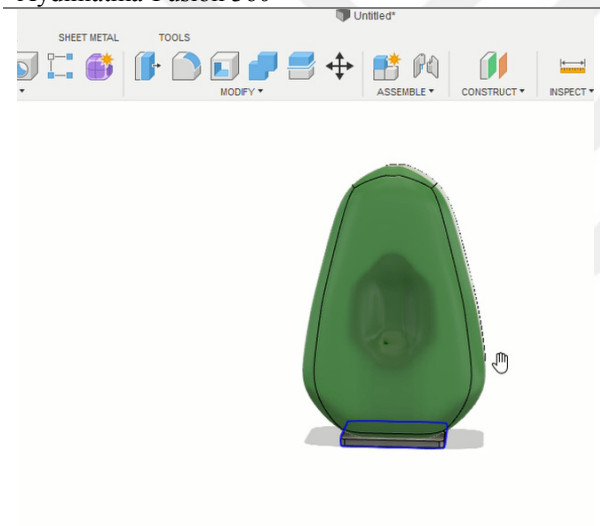
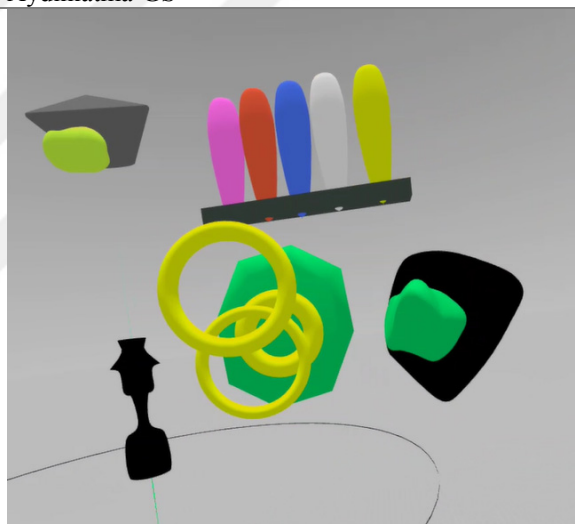
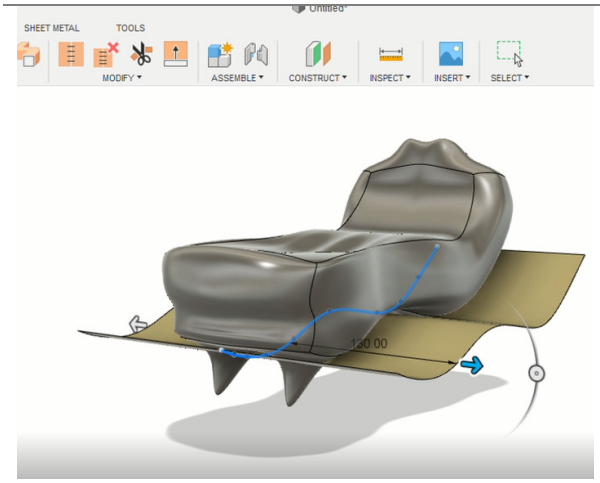
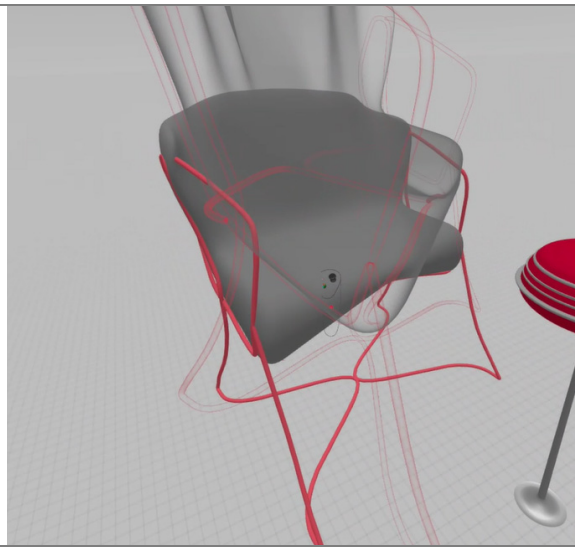
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K4	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

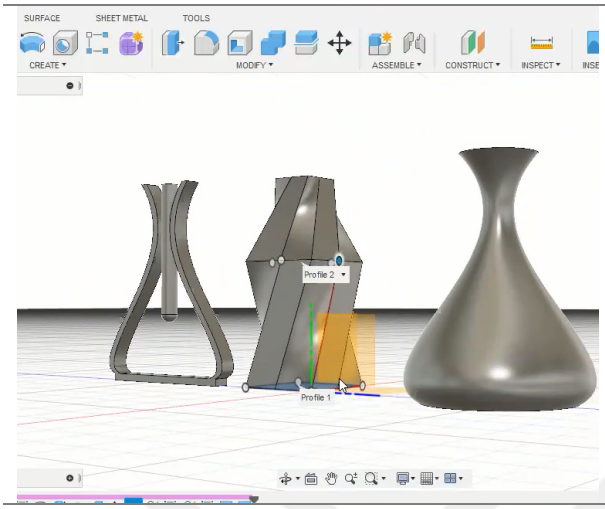
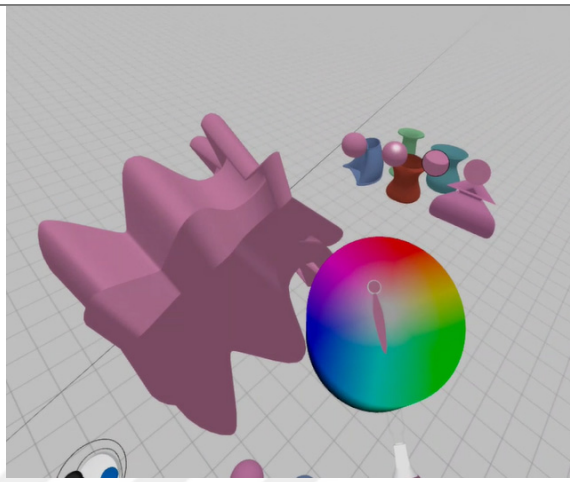
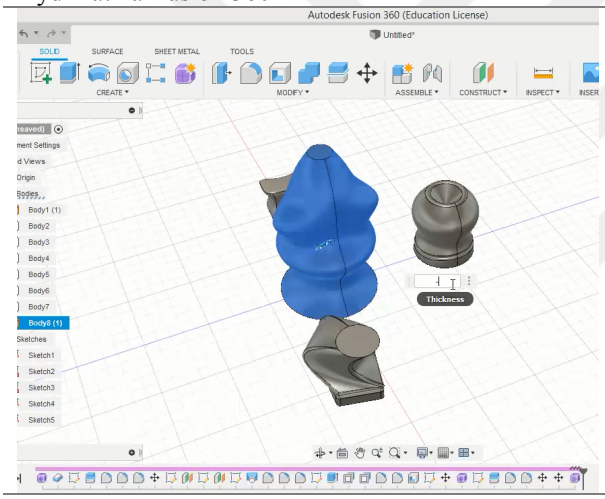
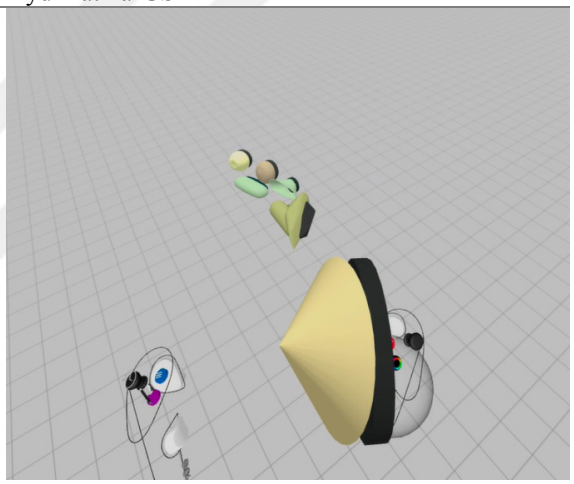
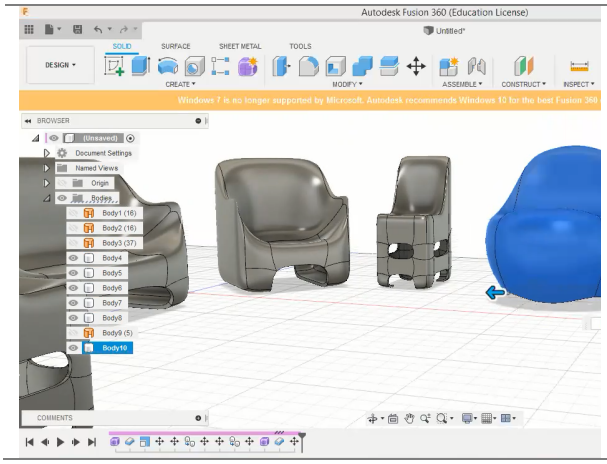
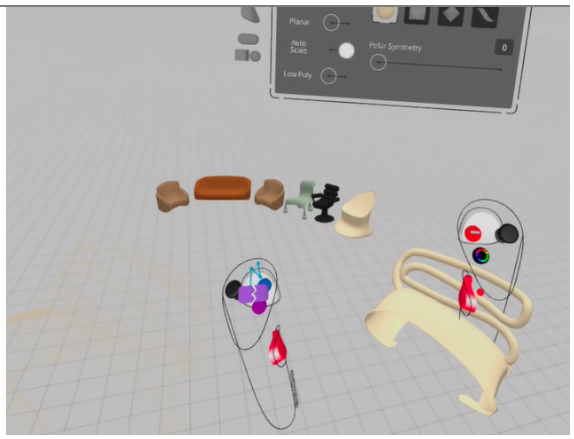
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K5	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

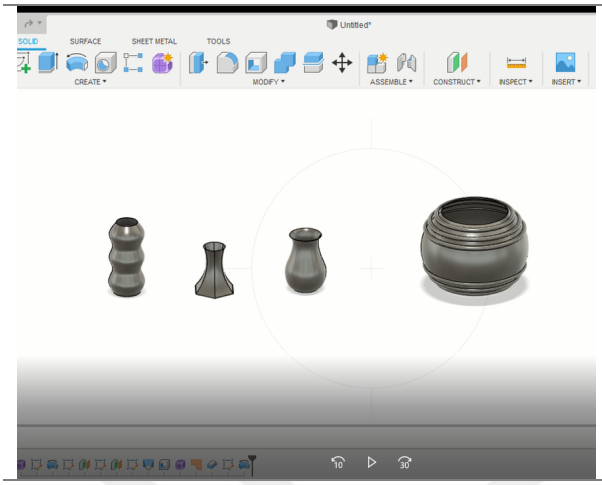
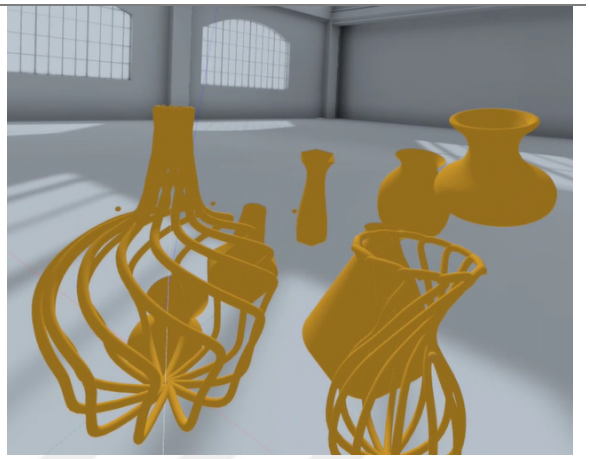
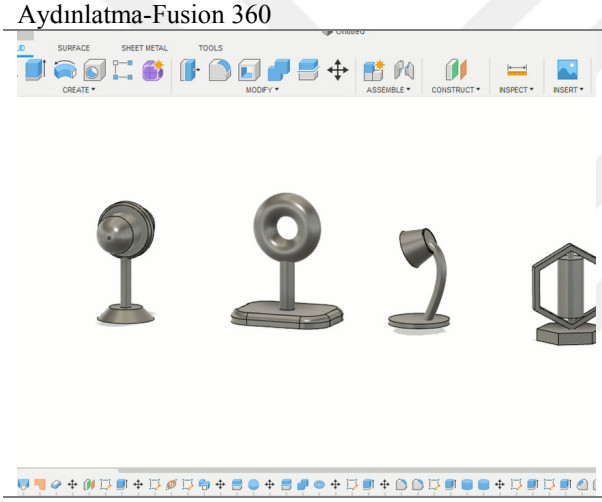
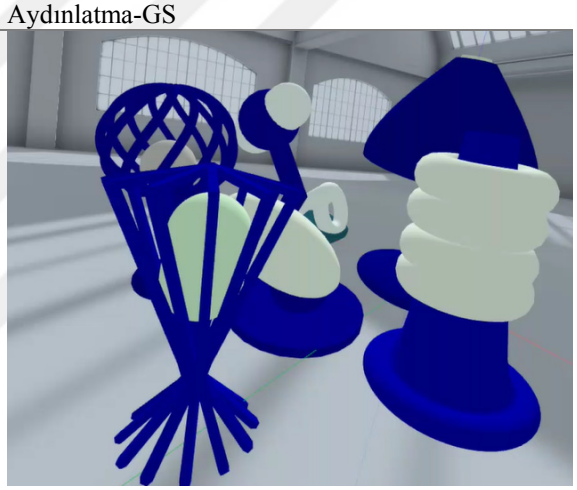
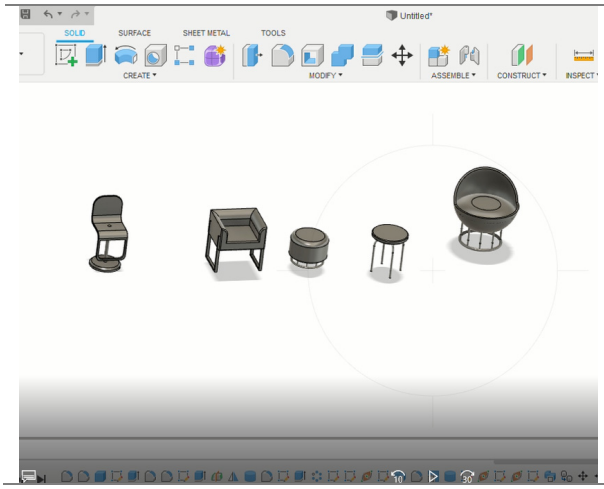
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K6	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

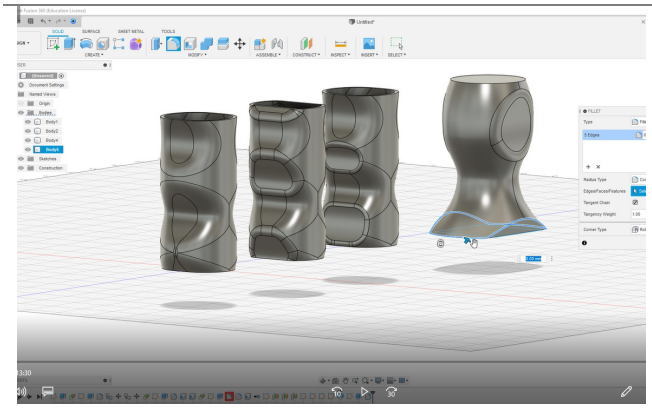
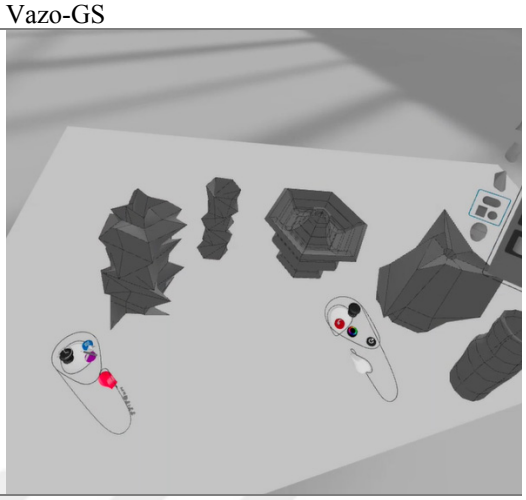
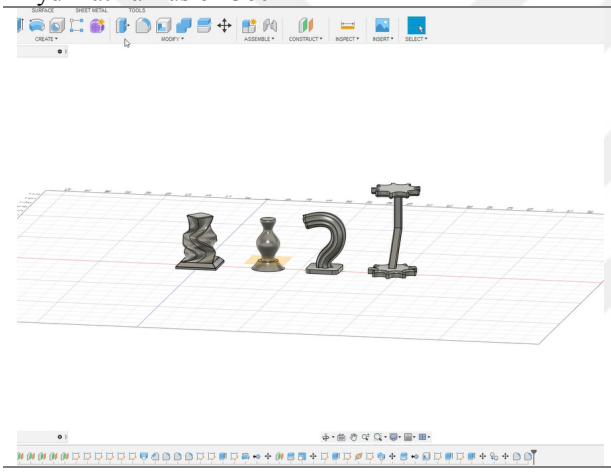
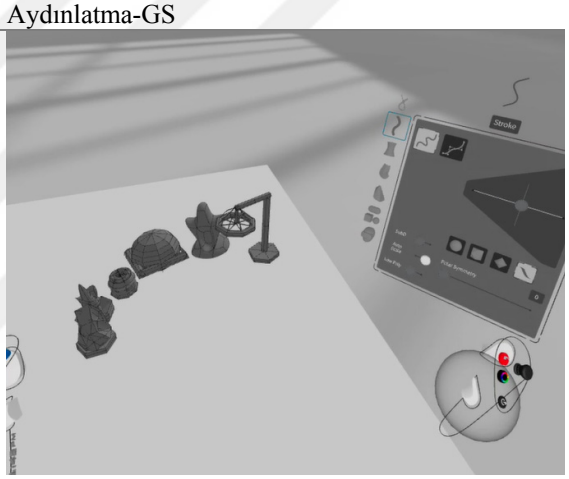
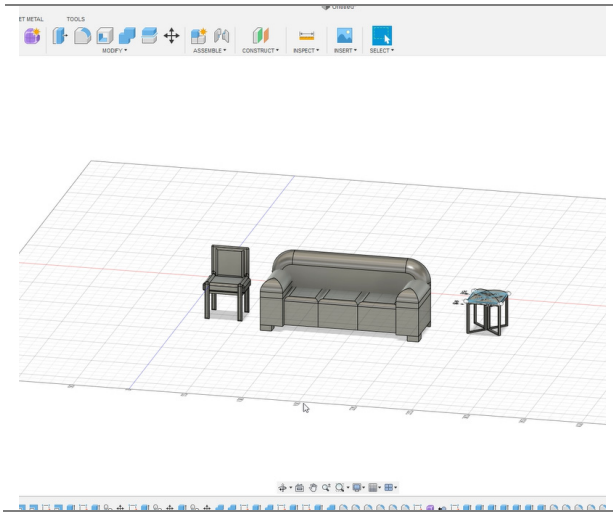
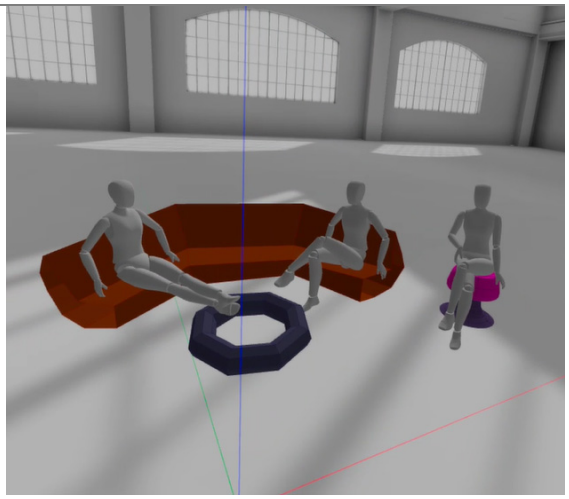
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K7	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

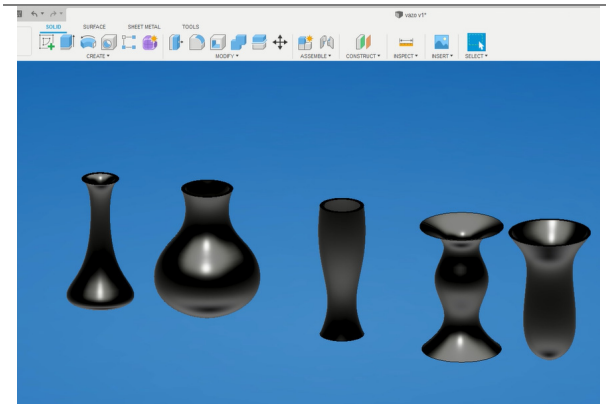
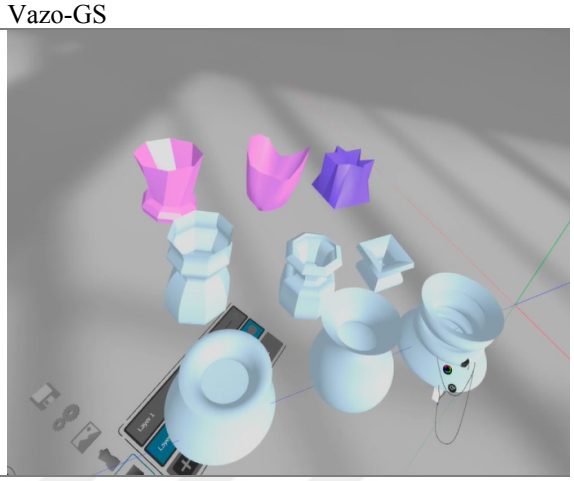
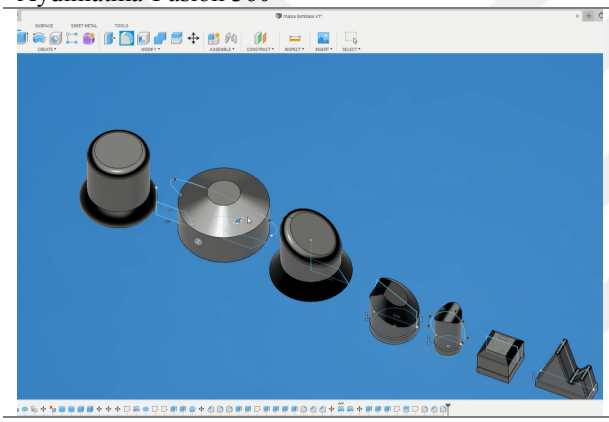
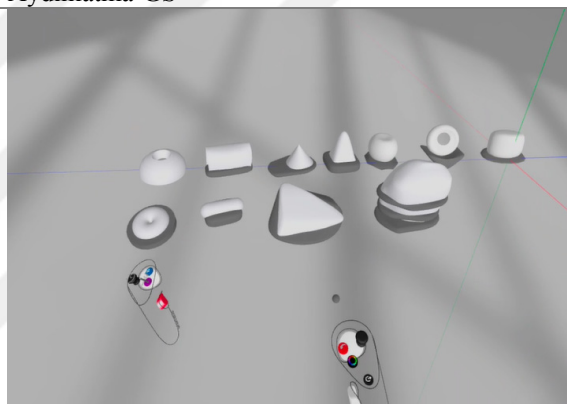
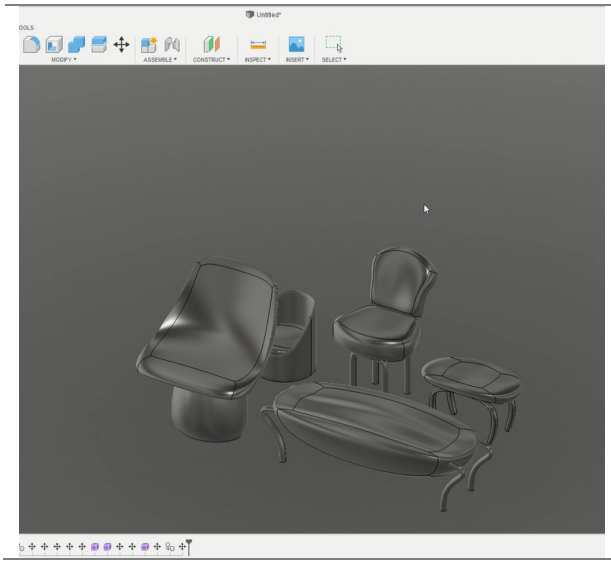
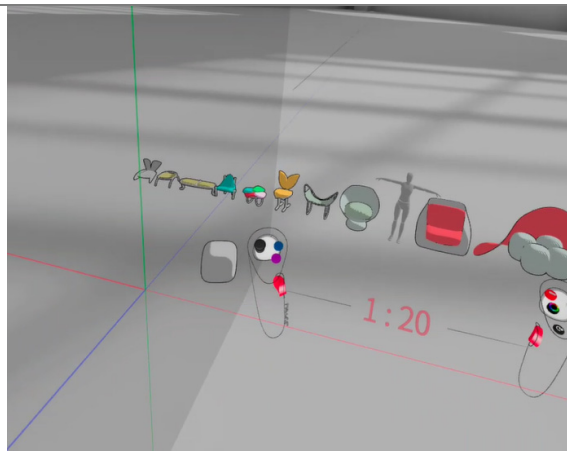
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K8	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

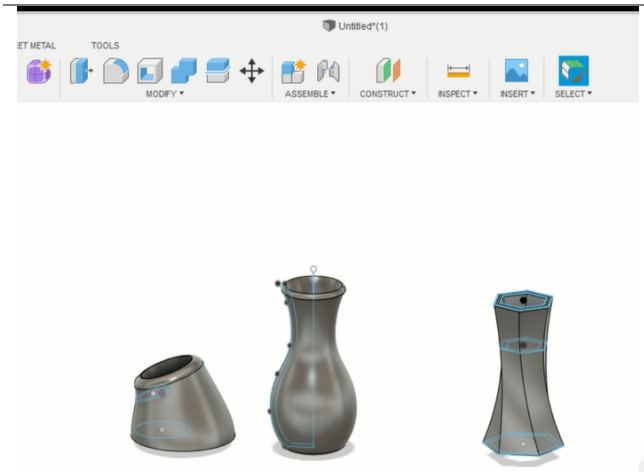
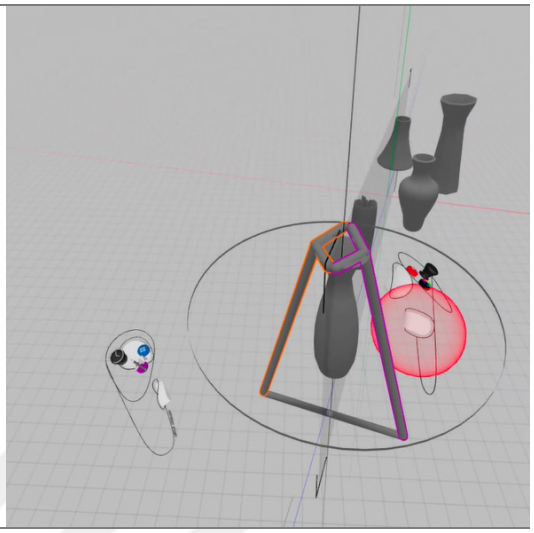
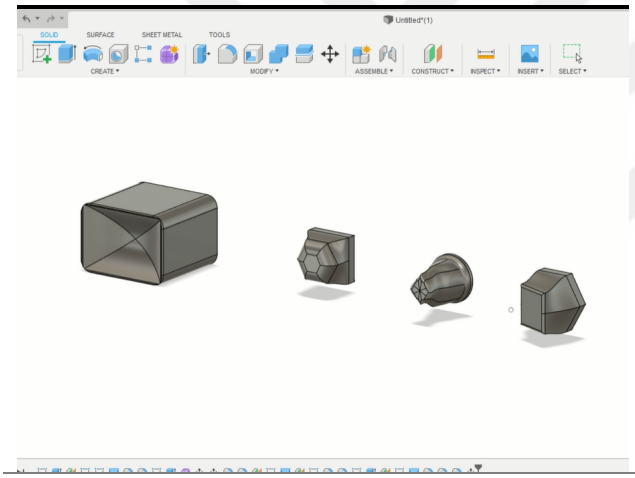
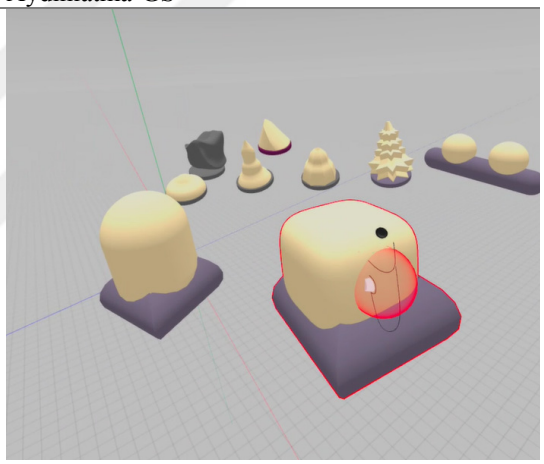
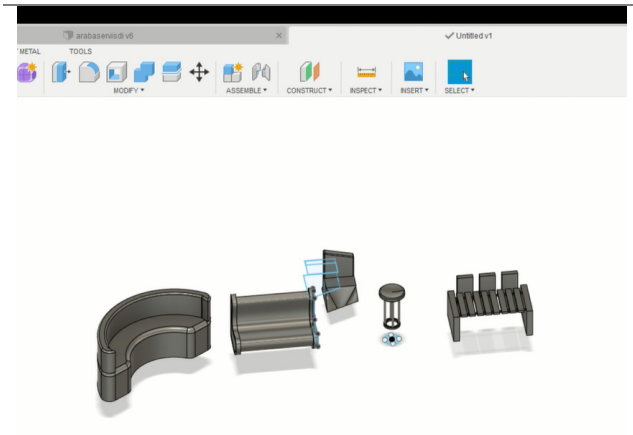
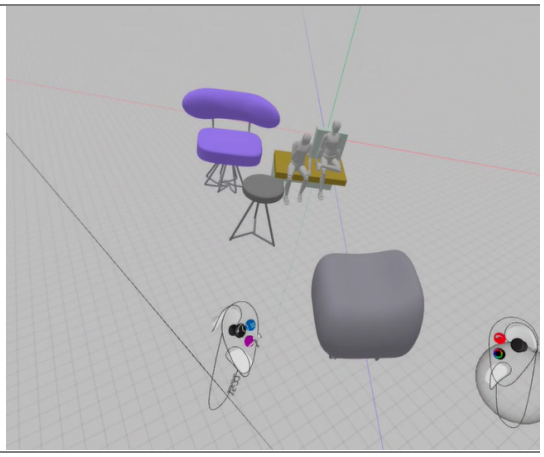
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K9	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

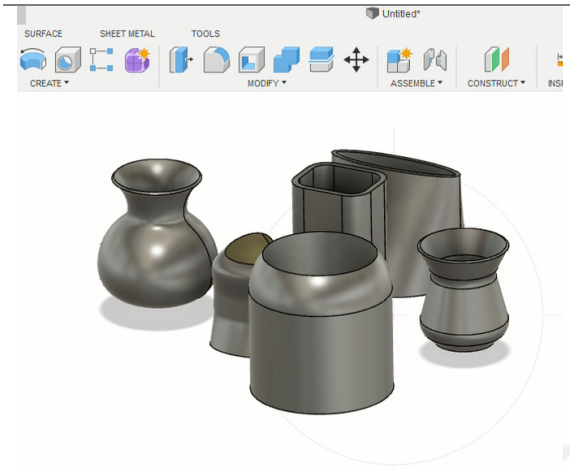
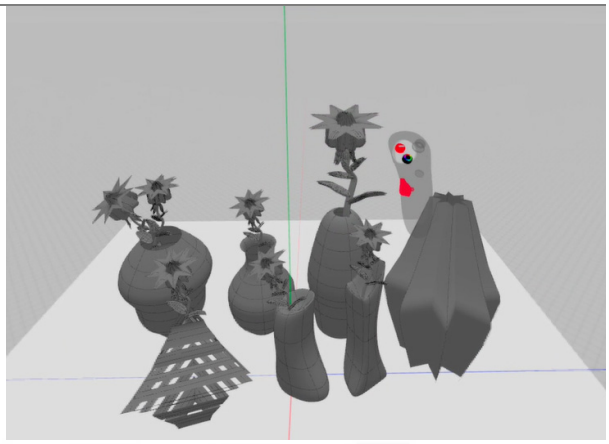
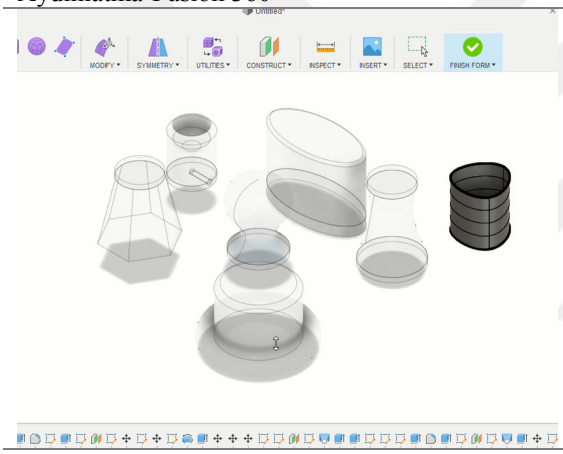
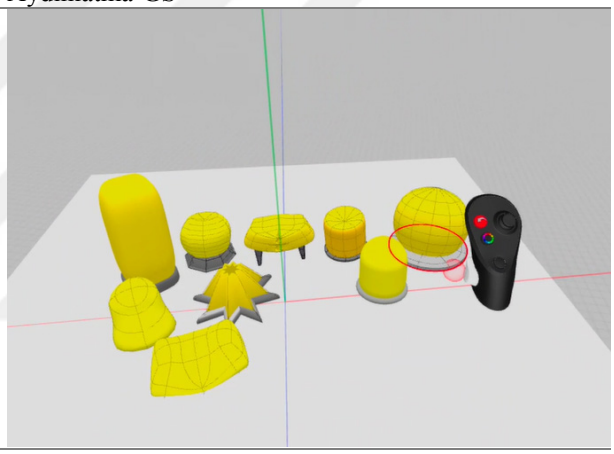
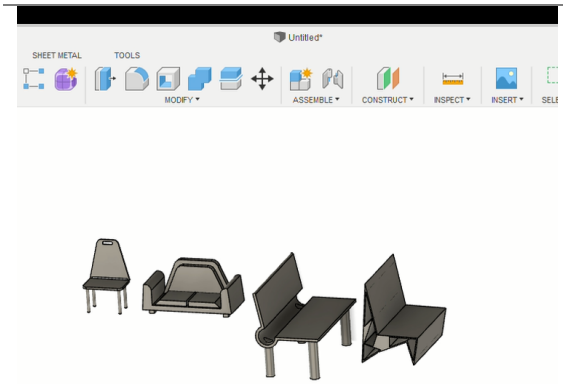
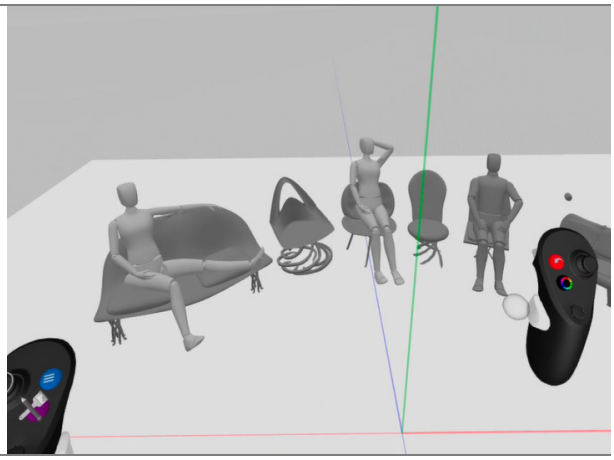
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K10	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

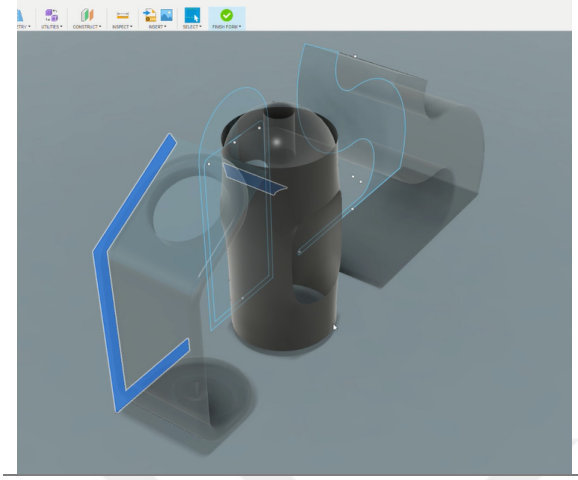
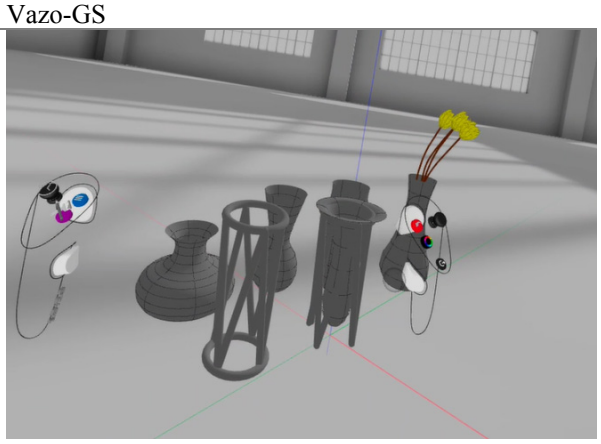
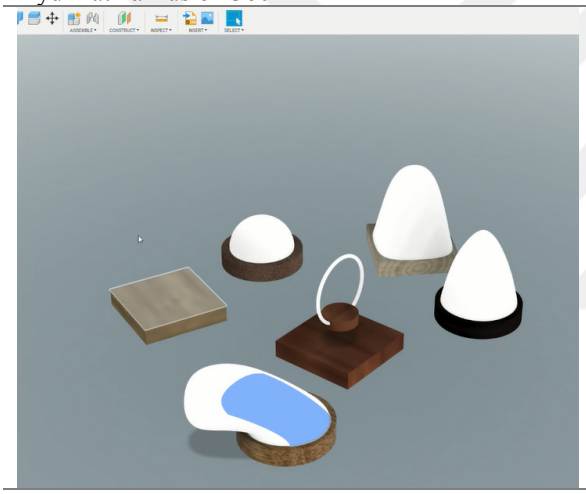
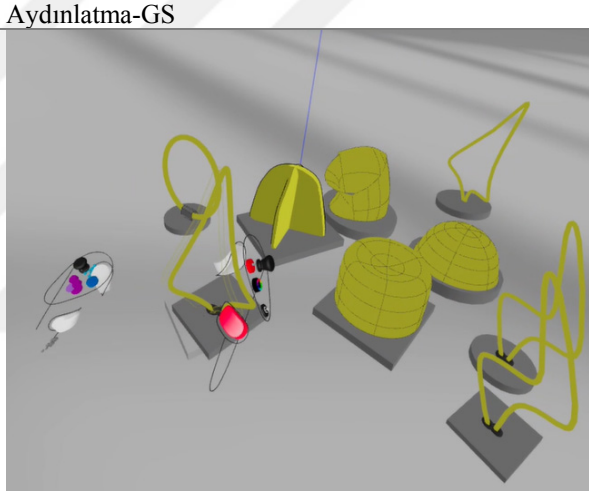
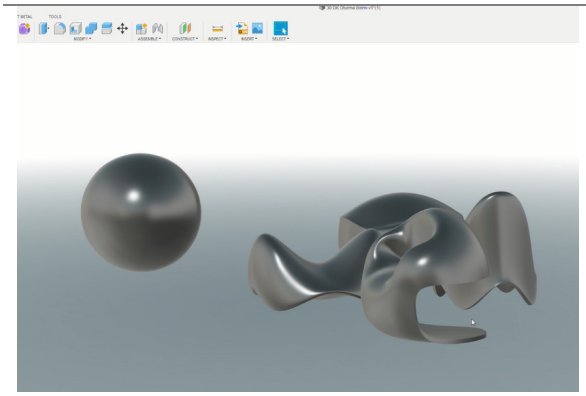
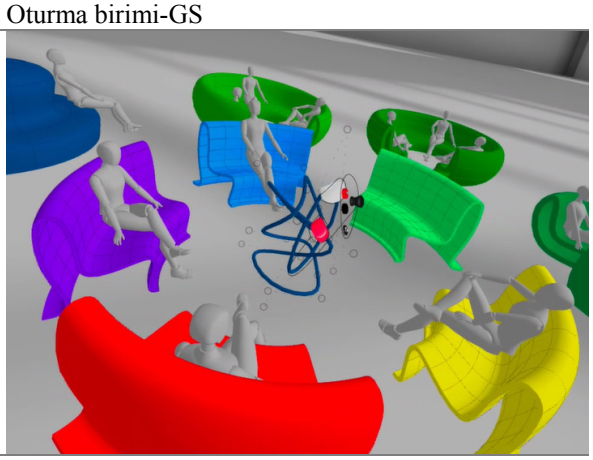
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K11	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

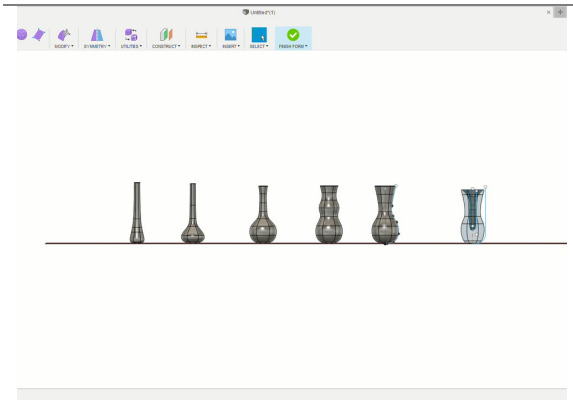
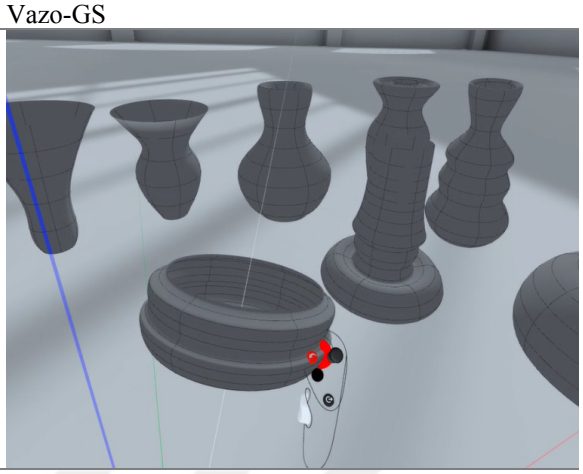
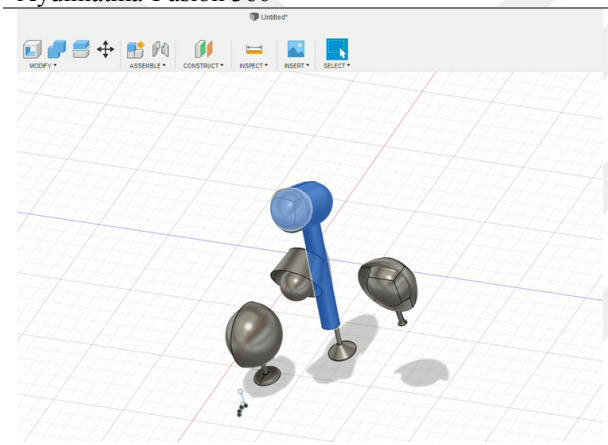
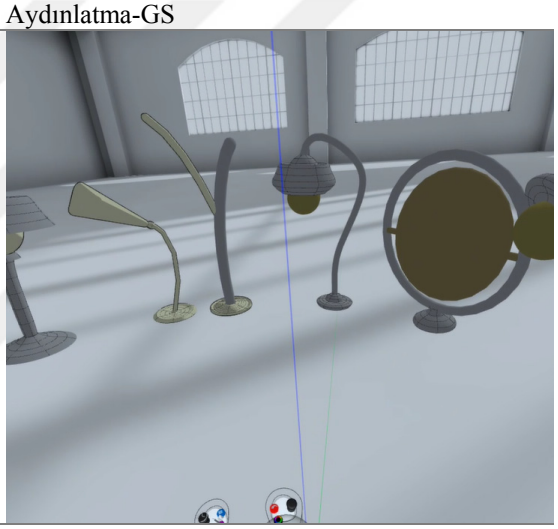
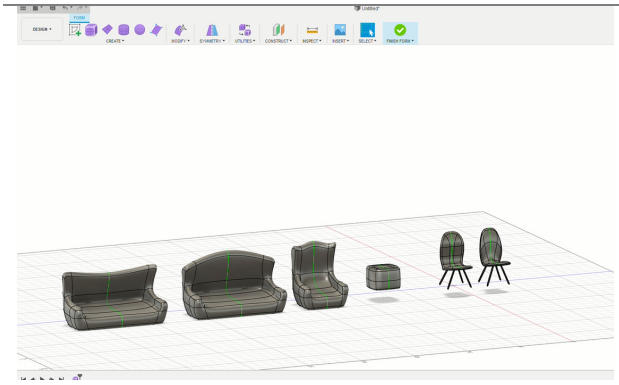
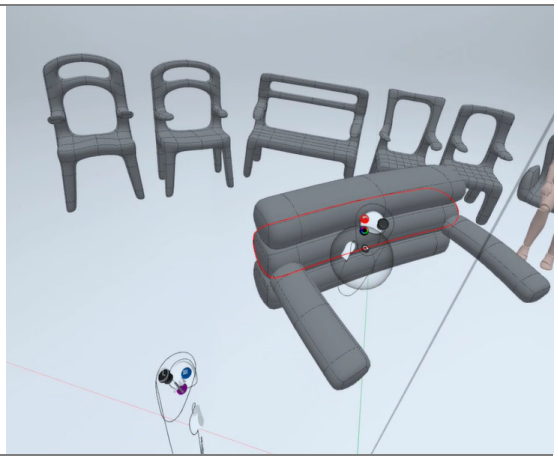
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K12	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

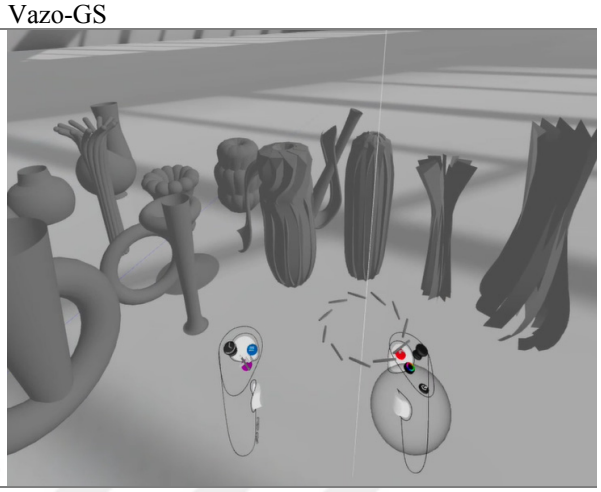
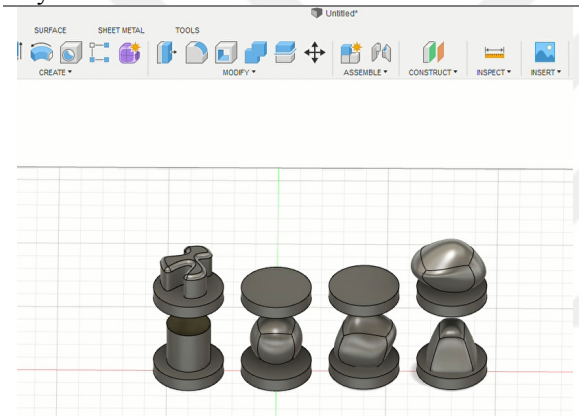
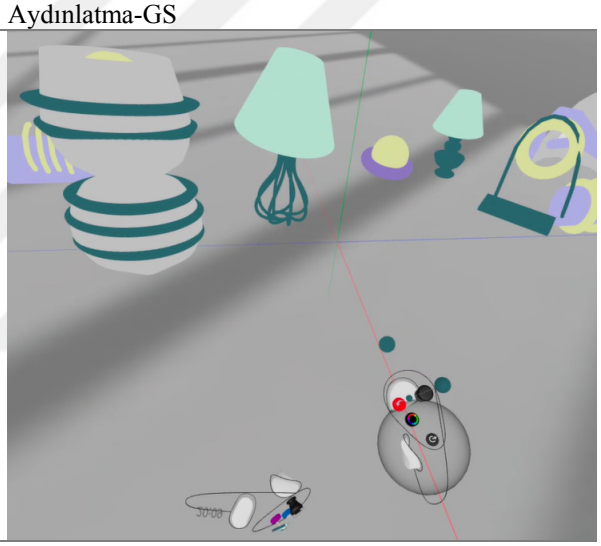
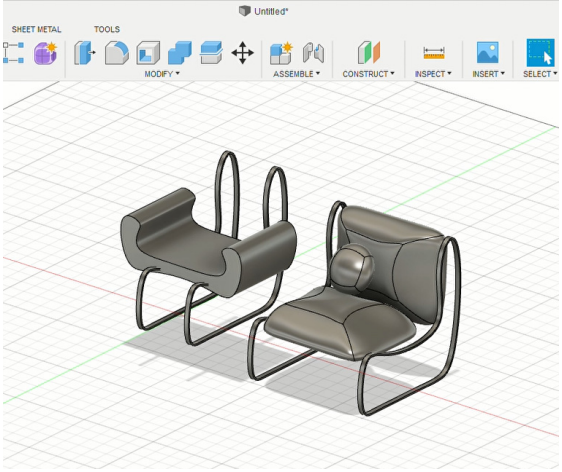
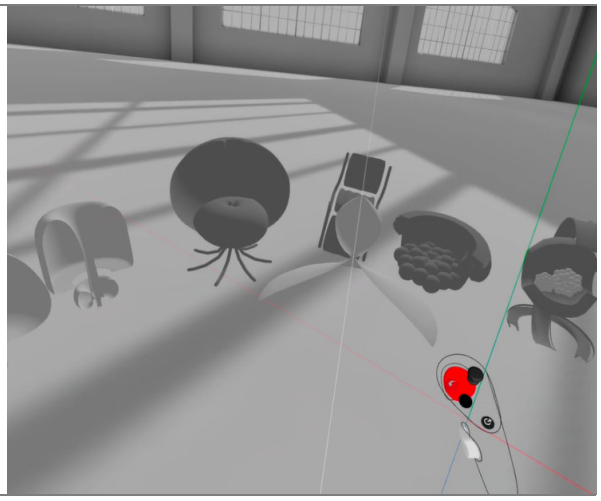
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K13	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

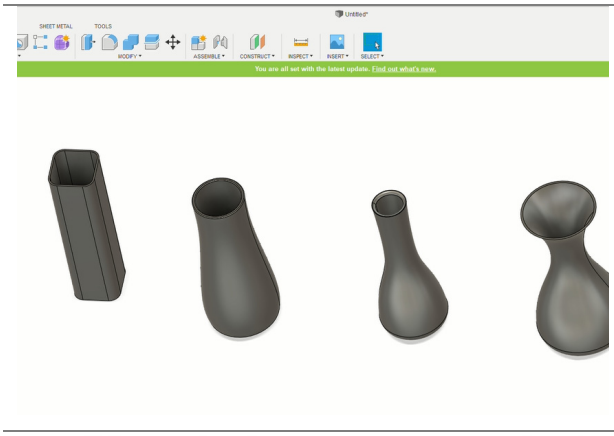
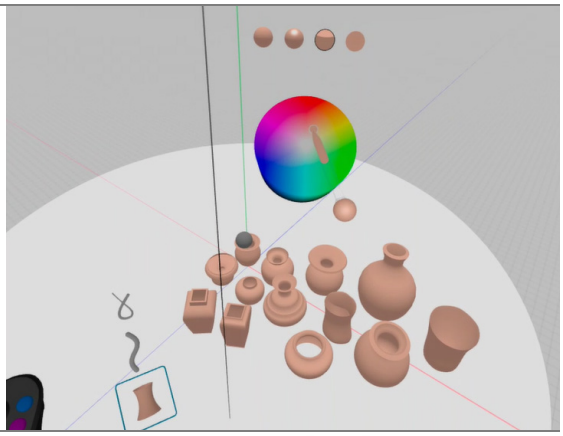
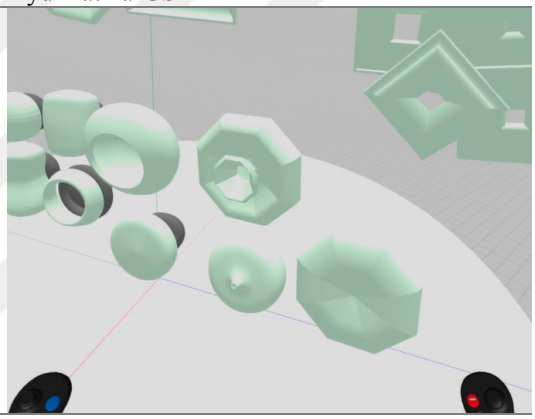
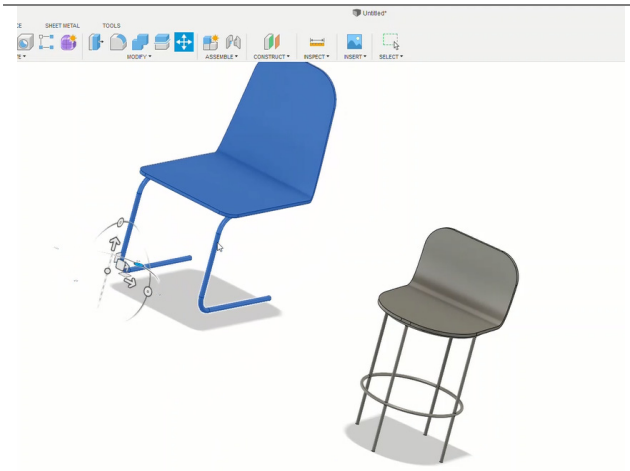
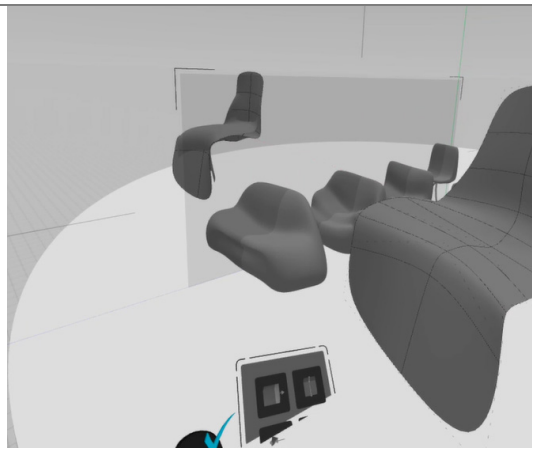
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K14	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

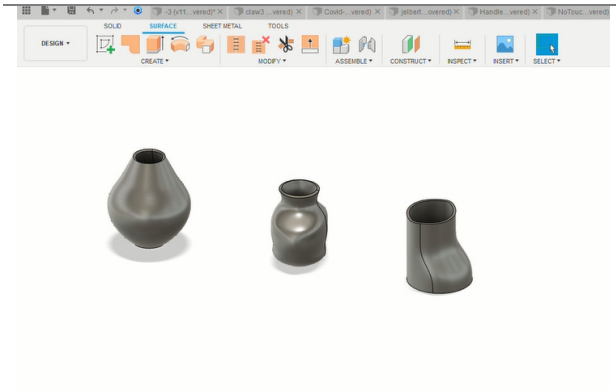
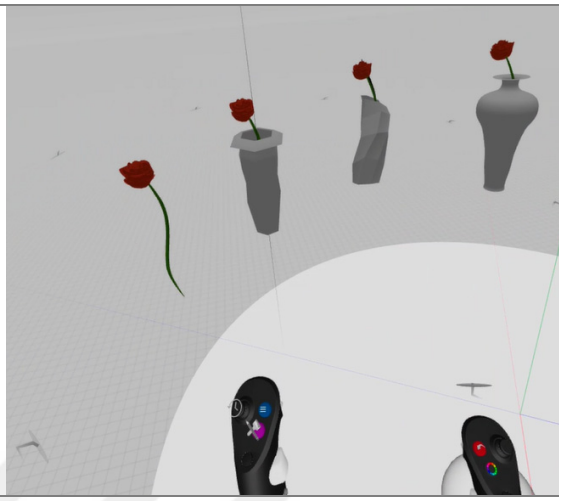
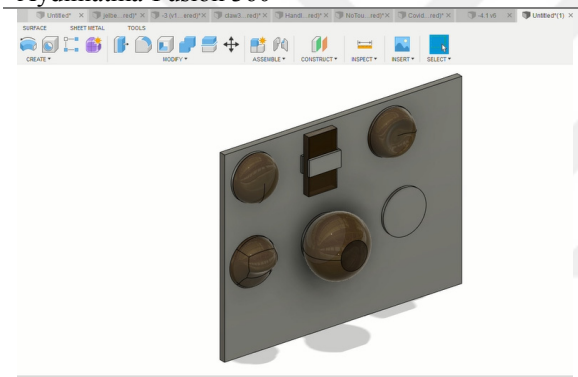
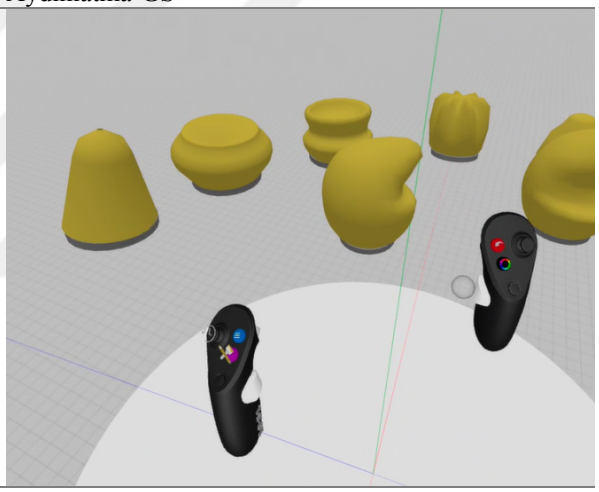
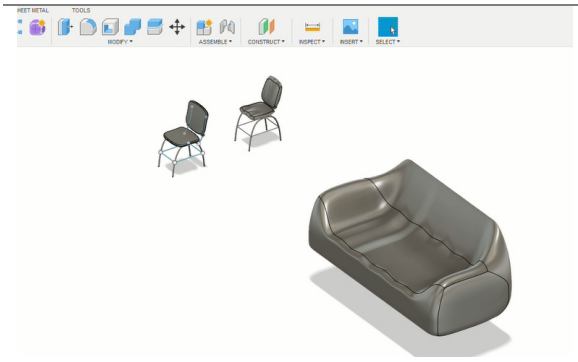
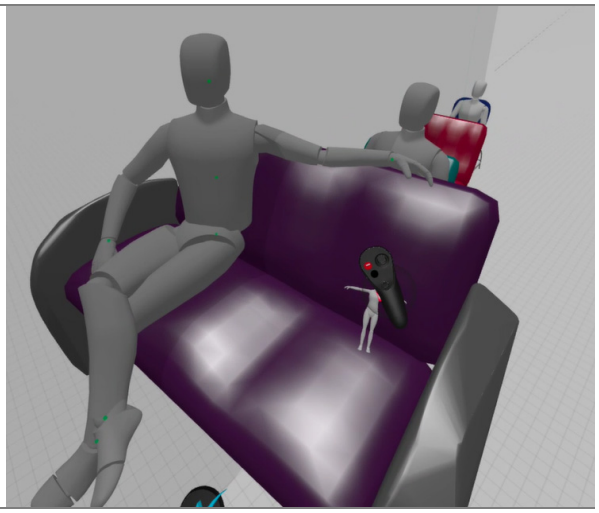
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K15	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

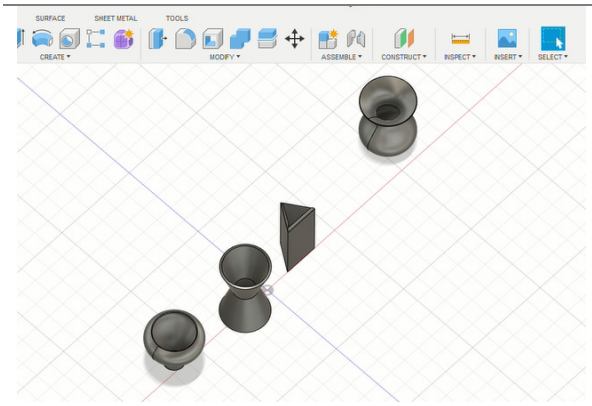
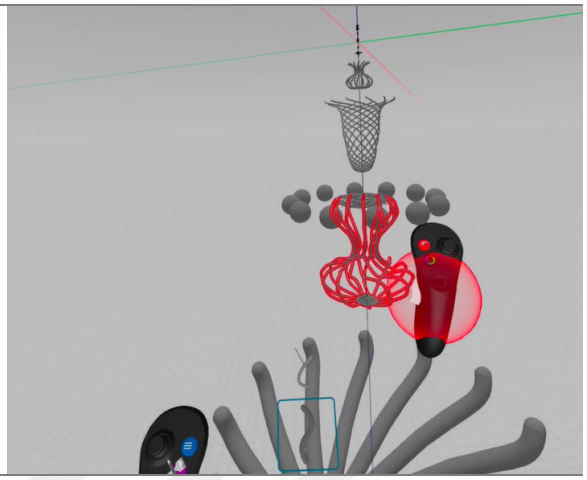
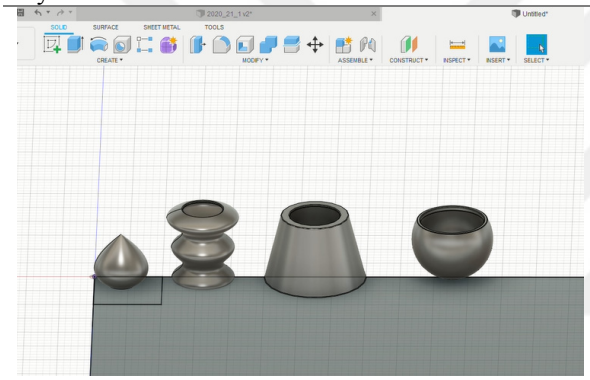
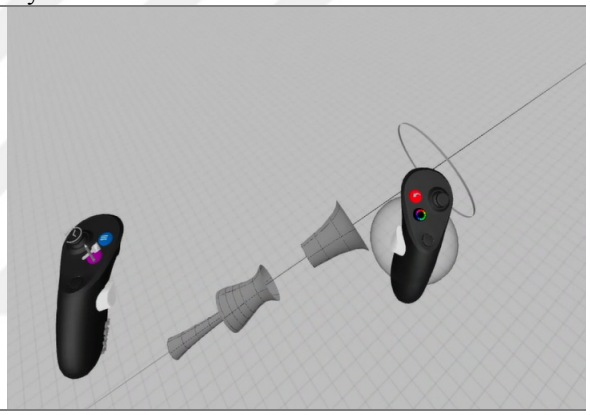
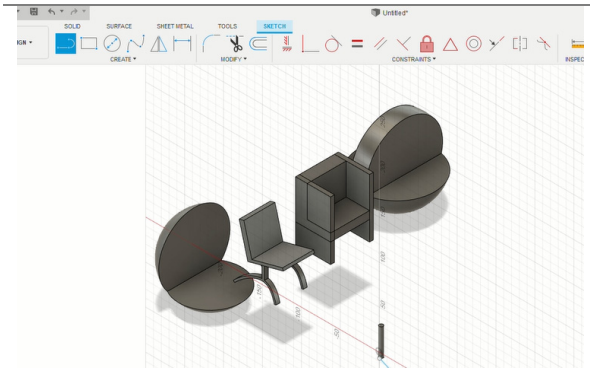
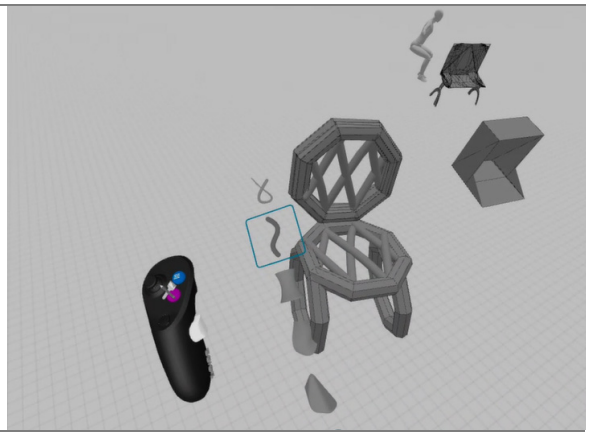
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K16	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

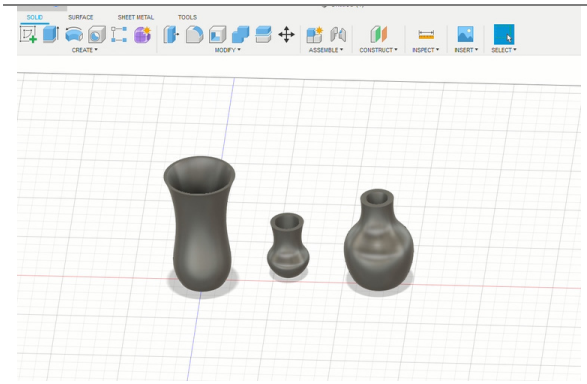
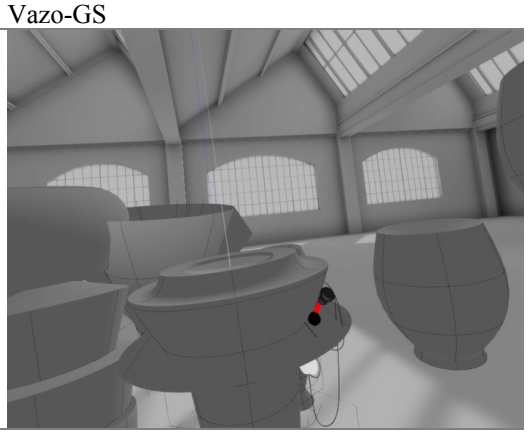
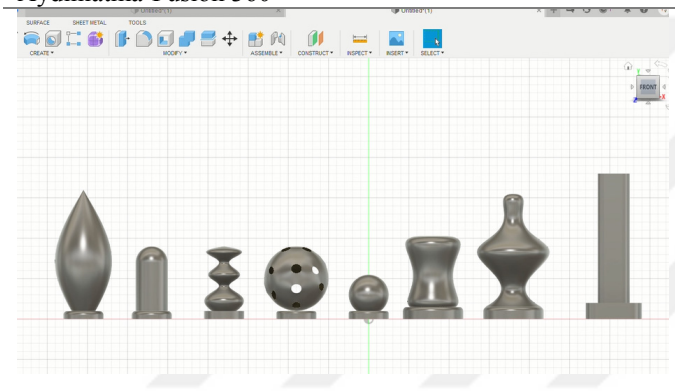
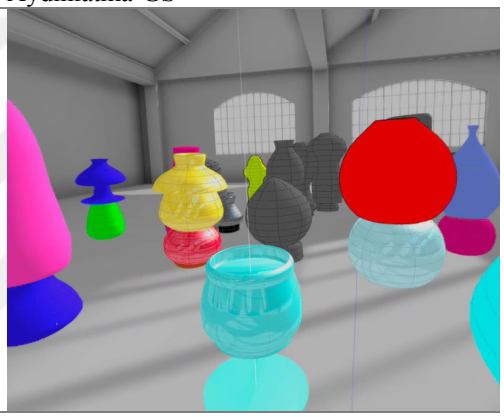
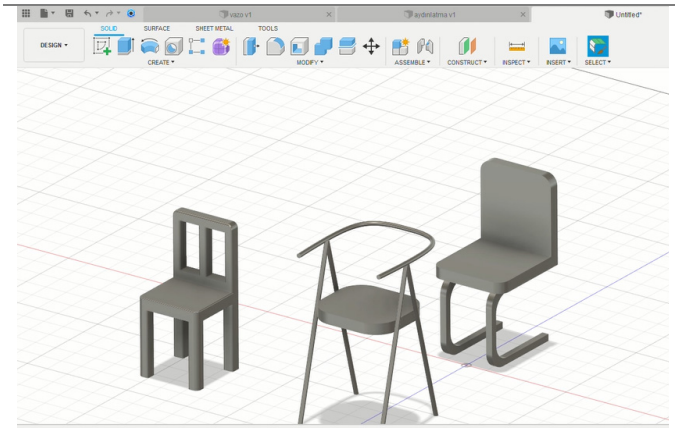
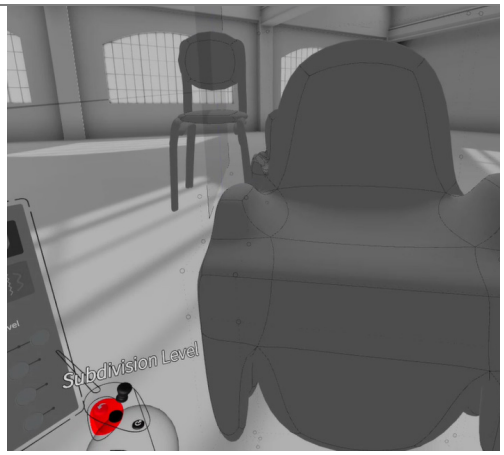
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K17	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

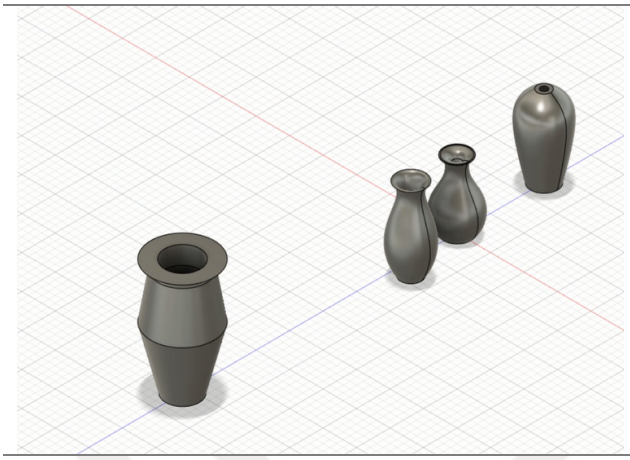
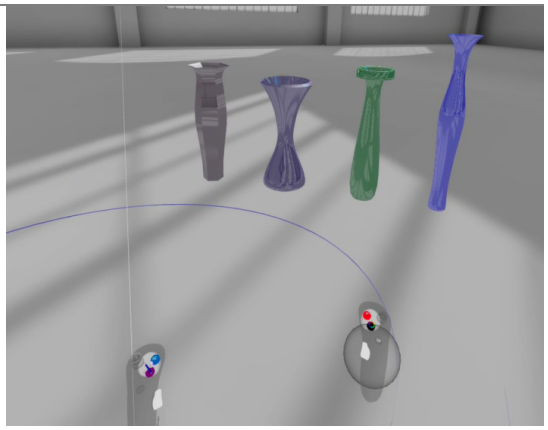
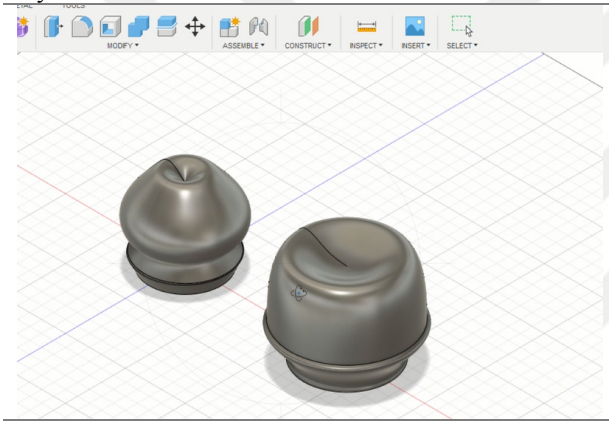
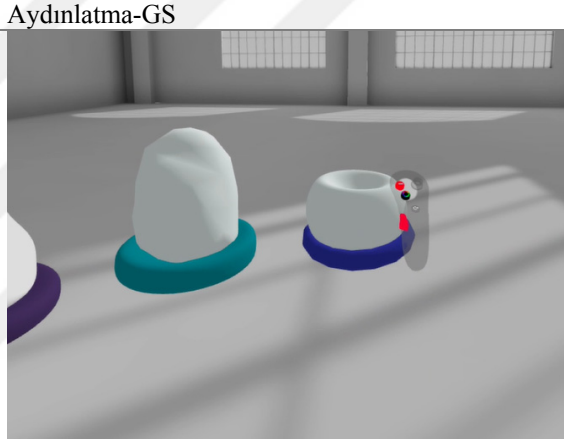
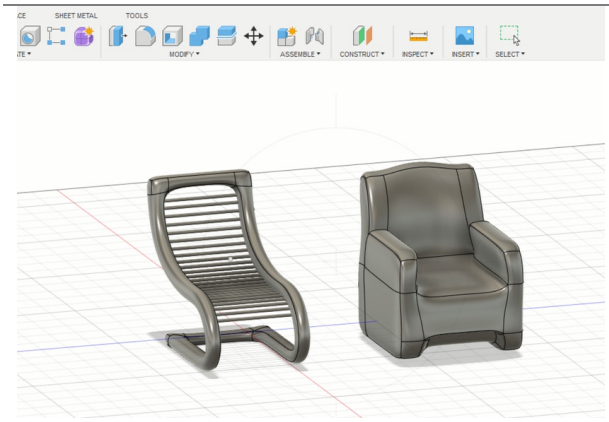
Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K18	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K19	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

Çizelge 4.19. (devam) Ana çalışma katılımcı tasarımları ekran görüntüleri

K20	
Vazo-Fusion 360	Vazo-GS
	
Aydınlatma-Fusion 360	Aydınlatma-GS
	
Oturma birimi-Fusion 360	Oturma birimi-GS
	

Katılımcılar tarafından üretilen alternatif sayıları, beş değerleyici tarafından verilen yenilik ve çeşitlilik ölçeği puanlarının ortalamaları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Son ürün değerlendirme verileri

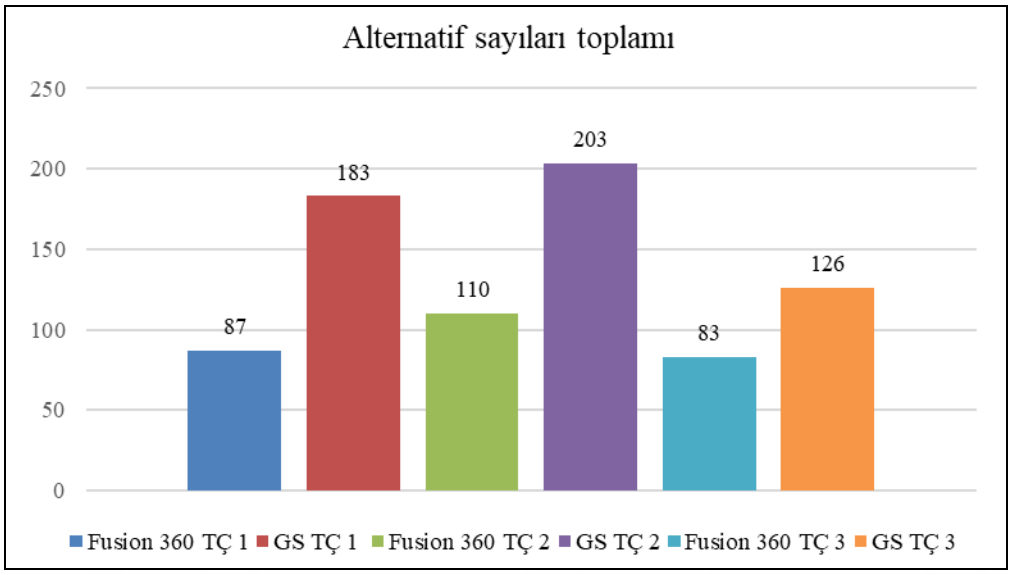
		Fusion 360			GS		
		TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3	TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3
K1	AS	8	7	13	8	15	16
	Y	3	3,5	2,5	3,5	4,5	3,5
	Ç	2,5	1,5	2,5	2,5	3	2,5
K2	AS	7	3	3	7	12	6
	Y	2,5	3,5	4	4	4,5	2,5
	Ç	2	2	1,5	2,5	2,5	2
K3	AS	3	3	3	11	6	3
	Y	2,5	2	2,5	3,5	3,5	2,5
	Ç	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	1,5
K4	AS	5	10	4	14	17	8
	Y	2	3,5	3,5	3,5	3	3
	Ç	1,5	3	2,5	3	2,5	2
K5	AS	5	10	8	8	16	12
	Y	4	2,5	3	3	4,5	3
	Ç	2,5	1,5	2,5	2,5	3	2,5
K6	AS	2	3	1	4	6	2
	Y	3	3	4,5	3,5	4	3,5
	Ç	1,5	1,5	1	2	2,5	2
K7	AS	3	4	4	6	7	9
	Y	2,5	2,5	3	2,5	2	3,5
	Ç	1,5	2	1,5	2	1,5	3
K8	AS	4	4	5	8	7	3
	Y	1,5	3	3,5	4,5	2	2,5
	Ç	2	2,5	2	3	2,5	2
K9	AS	4	4	3	5	6	6
	Y	3,5	4	4	4,5	2,5	3,5
	Ç	2	2,5	3	3	1,5	2
K10	AS	5	9	5	9	11	10
	Y	1,5	1,5	2	2,5	2	4
	Ç	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3
K11	AS	3	4	5	5	9	5
	Y	1,5	2,5	2,5	2,5	3	2,5
	Ç	1	2	2,5	2	2,5	1,5
K12	AS	6	6	4	8	9	7
	Y	1,5	1	2,5	4	2	3,5
	Ç	2	2	1,5	2,5	2,5	2,5
K13	AS	3	6	4	6	9	4
	Y	3	2	3	1	3	2
	Ç	1	2	1,5	2	2,5	1,5
K14	AS	6	4	5	11	7	5
	Y	2	2,5	2,5	2	3	3
	Ç	1,5	1,5	2,5	2,5	2	1

Çizelge 4.20. (devam) Son ürün değerlendirme verileri

		Fusion 360			GS		
		TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3	TÇ 1	TÇ 2	TÇ 3
K15	AS	4	5	2	16	10	8
	Y	1	2	2,5	5	3	3,5
	Ç	1,5	1,5	1	3	2,5	2,5
K16	AS	3	8	2	13	17	7
	Y	1	2	1,5	2	2,5	2,5
	Ç	1	2	1	2,5	2,5	2
K17	AS	3	5	3	5	9	4
	Y	1,5	2,5	3	2	3	2
	Ç	1	2	1,5	2	2	2
K18	AS	4	5	4	10	5	4
	Y	1	1,5	1,5	2,5	2	2,5
	Ç	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5
K19	AS	4	8	3	25	22	3
	Y	1,5	3	1,5	2,5	3,5	1,5
	Ç	1	2,5	2	2,5	3	2
K20	AS	5	2	2	4	3	3
	Y	1,5	2	2	2,5	2	2
	Ç	1,5	1	1	1,5	1	2

Alternatif sayısı ile ilgili bulgular

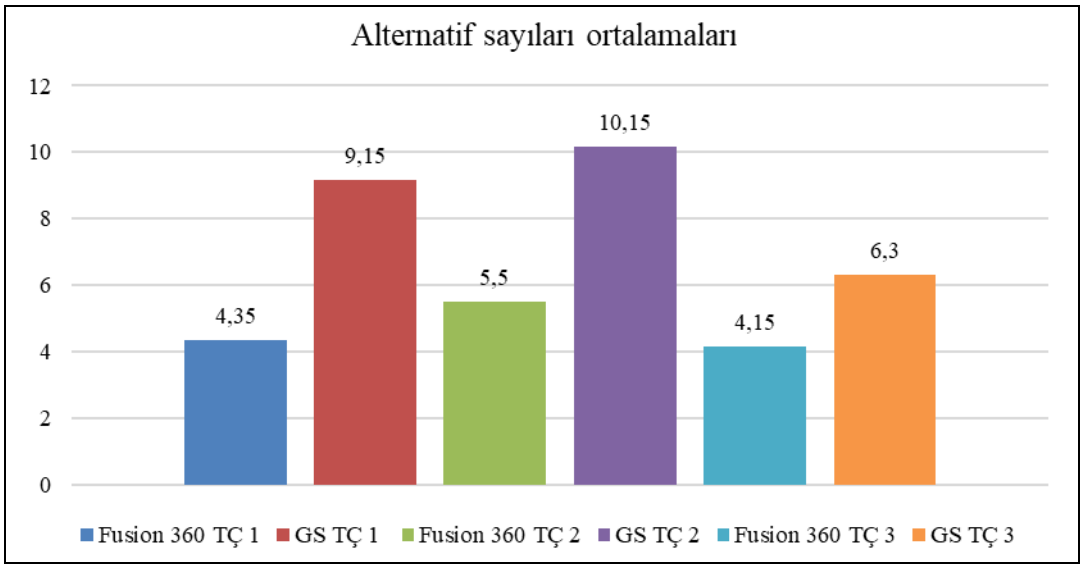
Şekil 4.37'de 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışması için ürettikleri alternatif sayılarının toplamı verilmiştir. Fusion 360 kullanılarak üretilen toplam vazo sayısı 87, GS kullanarak üretilen toplam vazo sayısı 183, Fusion 360 kullanılarak üretilen toplam aydınlatma tasarımı sayısı 110, GS kullanarak üretilen toplam aydınlatma tasarımı sayısı 203 ve Fusion 360 kullanılarak üretilen toplam oturma birimi tasarımı sayısı 83, GS kullanarak üretilen toplam oturma birimi tasarımı sayısı 126 bulunmuştur.



Şekil 4.37. Fusion 360 ve GS alternatif sayıları toplam

Şekil 4.38'de 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışması için ürettikleri alternatif sayılarının ortalamaları grafik ile gösterilmiştir. Grafiğe göre GS ile üretilen vazo tasarımı alternatif sayılarının ortalaması (9,15) Fusion 360 ile üretilen vazo tasarımı alternatif sayılarının ortalamasının (4,35) iki katından daha fazladır. Yine benzer şekilde GS ile üretilen aydınlatma tasarımı alternatif sayılarının ortalaması (10,15) Fusion 360 ile üretilen aydınlatma tasarımı alternatif sayılarının ortalamasının (5,5) iki katına yakındır. GS ile üretilen oturma birimi tasarımı alternatif sayılarının ortalaması (6,3) Fusion 360 ile üretilen oturma birimi tasarımı alternatif sayılarının ortalamasından (4,15) yüksektir.

Toplam 60 tasarım karşılaştırıldığında sadece Katılımcı 8'in oturma birimi tasarımı deneyinde ve Katılımcı 20'nin vazo tasarımı deneyinde Fusion 360 kullanarak ürettiği alternatif sayısı GS kullanarak ürettiği alternatif sayısından fazladır (5,3; 5,4).



Şekil 4.38. Fusion 360 ve GS alternatif sayıları ortalamaları

Paired Samples T-Test aynı birey, nesne veya ilgili birimlerden alınan iki ölçümün ortalamalarını karşılaştıran parametrik bir testtir (Kent State University, t.y.). Dolayısıyla Fusion 360 ve GS kullanılarak üretilen tasarımların sayıları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını analiz edebilmek için Paired Samples T-Test kullanılmıştır. İlgili veriler SPSS kullanılarak "Analyze – Compare means" sekmesi altında Paired Samples T-Test komutu kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.21'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri vazo tasarımları alternatif sayılarının ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapmaları (s) ve Paired Samples T-Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları (p) verilmiştir. Buna göre p değeri (0,001) 0.05'ten küçük olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri vazo tasarım alternatif sayıları, GS ile ürettikleri vazo tasarım alternatif sayıları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.21. Vazo tasarımı (TÇ 1) alternatif sayıları verileri

	n	$\bar{x}$	s	p
Fusion 360	20	4,35	1,531	,001
GS	20	9,15	5,019	

Çizelge 4.22'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri aydınlatma tasarımları alternatif sayılarının ortalamaları, standart sapmaları ve Paired Samples T-Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,000 olduğu için

katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri aydınlatma tasarım alternatif sayıları, GS ile ürettikleri aydınlatma tasarım alternatif sayılarına göre istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlı olarak farklıdır.

Çizelge 4.22. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) alternatif sayıları verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	5,50	2,417	,000
GS	20	10,15	4,923	

Çizelge 4.23'te katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri oturma birimi tasarımları alternatif sayılarının ortalamaları, standart sapmaları ve Paired Samples T-Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,000 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri oturma birimi tasarımı alternatif sayıları ile GS ile ürettikleri oturma birimi tasarımı alternatif sayıları arasında istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.23. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) alternatif sayıları verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	4,15	2,581	,000
GS	20	6,30	3,496	

Katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri üç tasarım çalışmasının toplam alternatif sayılarının ortalamaları, standart sapmaları ve Paired Samples T-Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Buna göre p değeri 0,000 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri üç tasarım çalışmasının toplam alternatif sayıları arasında istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.24. Tasarım çalışmaları alternatif sayıları verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	4,66	1,696	,000
GS	20	8,53	3,479	

Katılımcıların vazo ve aydınlatma tasarımı deneylerinde kullandıkları modelleme komutları ve sayıları analiz edilmiş ve Çizelge 4.25'te verilmiştir. Vazo tasarımı deneyinde her iki modelleme aracını kullanırken de en çok "revolve" komutunun kullanıldığı

görülmüştür. Fusion 360 kullanırken 57, GS kullanırken 138 defa "revolve" komutu kullanılmıştır. Toplam alternatif sayıları ile oranına bakıldığında Fusion 360 (57/87=0,655) ve GS (138/203=0,679)'in neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle Fusion 360 ve GS kullanırken "revolve" komutu eşit ağırlıkla kullanılmıştır.

Aydınlatma ürünü tasarımı deneyinde Fusion 360 kullanırken en çok "extrude" (35) ve "sub-D" (32) komutu kullanılırken, GS kullanırken en çok "sub-D" (107) ve "revolve" (47) komutu kullanılmıştır. Toplam alternatif sayıları ile oranlandığında "sub-D" komutu GS (107/203=0,58) kullanırken Fusion 360'a göre (32/110=0,29) iki katı sıklıkta kullanılmıştır.

Oturma birimi tasarımı deneyinde ise Fusion 360 kullanırken en çok "sub-D" (33) ve "extrude" (32) komutu kullanılırken, GS kullanırken en çok "sub-D" (99) ve "revolve" (13) komutu kullanılmıştır. Toplam alternatif sayıları ile oranlandığında "sub-D" komutu GS (99/126=0,78) kullanırken Fusion 360'a göre (33/83=0,39) aydınlatma ürünü tasarımında olduğu gibi iki kat sıklıkta kullanılmıştır.

Çizelge 4.25. Tasarım çalışmalarında kullanılan modelleme komutları ve sayıları

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th colspan="2">Fusion 360</th><th colspan="2">GS</th></tr>
<tr><td rowspan="10">K1</td><td rowspan="5">Vazo</td><td>Revolve</td><td>8</td><td>Revolve</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Aydınlatma</td><td rowspan="2">Primitive Obj</td><td rowspan="2">3</td><td>Revolve</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Primitive Obj</td><td>7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Extrude</td><td rowspan="2">4</td><td>Stroke</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Extrude</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Oturma birimi</td><td>Extrude</td><td>5</td><td>Sub-D</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Primitive Obj</td><td>4</td><td>Primitive Obj</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Revolve</td><td>3</td><td rowspan="2">Revolve</td><td rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>Loft</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="5">K2</td><td rowspan="2">Vazo</td><td>Revolve</td><td>6</td><td>Revolve</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Pattern</td><td>1</td><td>Sub-D</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Aydınlatma</td><td>Sub-D</td><td>2</td><td rowspan="2">Sub-D</td><td rowspan="2">12</td></tr>
<tr><td>Pattern</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Oturma birimi</td><td>Extrude</td><td>3</td><td>Sub-D</td><td>3</td></tr>
</table>

Çizelge 4.25. (devam) Tasarım çalışmalarında kullanılan modelleme komutları ve sayıları

		Fusion 360		GS	
K3	Vazo	Revolve	3	Revolve	9
				Sub-D	1
				Stroke	1
	Aydınlatma	Extrude	3	Sub-D	6
	Oturma birimi	Extrude	3	Sub-D	3
K4	Vazo	Revolve	2	Revolve	10
		Loft	2	Sub-D	2
		Primitive Obj	1	Stroke	2
	Aydınlatma	Sub-D	5	Sub-D	14
		Extrude	2	Extrude	2
		Loft	2	Primitive Obj	1
		Primitive Obj	1		
	Oturma birimi	Sub-D	2	Sub-D	8
		Extrude	1		
		Loft	1		
K5	Vazo	Revolve	3	Revolve	5
		Loft	1	Sub-D	3
		Primitive Obj	1		
	Aydınlatma	Extrude	6	Sub-D	13
		Loft	2	Primitive Obj	2
		Primitive Obj	2	Revolve	1
	Oturma birimi	Sub-D	3	Sub-D	12
		Primitive Obj	2		
		Extrude	2		
		Loft	1		
K6	Vazo	Revolve	1	Revolve	3
		Sub-D	1	Sub-D	1
	Aydınlatma	Sub-D	2	Sub-D	4
		Revolve	1	Revolve	2
	Oturma birimi	Sub-D	1	Sub-D	1
				Revolve	1
K7	Vazo	Revolve	1	Revolve	4
		Loft	1	Sub-D	2
		Primitive Obj	1		
	Aydınlatma	Sub-D	3	Sub-D	5
		Loft	1	Primitive Obj	2
	Oturma birimi	Sub-D	4	Sub-D	8
				Primitive Obj	1
K8	Vazo	Revolve	2	Revolve	6
		Loft	1	Pattern	2
		Primitive Obj	1		
	Aydınlatma	Primitive Obj	3	Sub-D	3
		Extrude	2	Primitive Obj	3
		Loft	1	Pattern	1
	Oturma birimi	Sub-D	4	Sub-D	2
		Primitive Obj	1	Revolve	1

Çizelge 4.25. (devam) Tasarım çalışmalarında kullanılan modelleme komutları ve sayıları

		Fusion 360		GS	
K9	Vazo	Loft	1	Revolve	1
		Primitive Obj	3	Sub-D	4
	Aydınlatma	Extrude	2	Sub-D	5
		Revolve	1	Primitive Obj	1
		Loft	1		
	Oturma birimi	Extrude	3	Sub-D	4
				Revolve	1
				Extrude	1
K10	Vazo	Revolve	5	Revolve	6
				Sub-D	3
	Aydınlatma	Primitive Obj	5	Sub-D	8
		Extrude	4	Primitive Obj	3
	Oturma birimi	Sub-D	5	Sub-D	10
K11	Vazo	Revolve	1	Revolve	2
		Loft	2	Sub-D	2
				Stroke	1
	Aydınlatma	Sub-D	2	Sub-D	5
		Loft	2	Revolve	2
				Primitive Obj	2
	Oturma birimi	Extrude	4	Sub-D	5
		Loft	1		
K12	Vazo	Revolve	2	Revolve	5
		Sub-D	1		
		Loft	1	Sub-D	3
		Primitive Obj	2		
	Aydınlatma	Extrude	2	Sub-D	6
		Loft	2	Primitive Obj	2
		Primitive Obj	2	Revolve	1
	Oturma birimi	Extrude	4	Sub-D	7
K13	Vazo	Extrude	2	Revolve	4
		Primitive Obj	1	Stroke	2
	Aydınlatma	Primitive Obj	4	Sub-D	6
		Sub-D	2	Stroke	3
	Oturma birimi	Sub-D	4	Revolve	4
K14	Vazo	Revolve	6	Revolve	1
	Aydınlatma	Primitive Obj	2	Sub-D	2
		Loft	1	Primitive Obj	2
		Sub-D	1	Revolve	2
				Stroke	1
	Oturma birimi	Sub-D	5	Sub-D	5

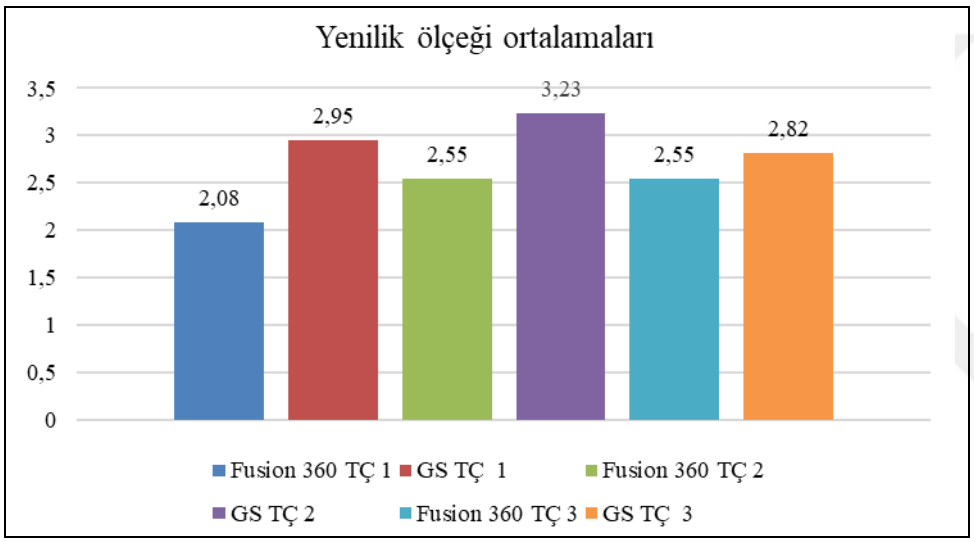
Çizelge 4.25. (devam) Tasarım çalışmalarında kullanılan modelleme komutları ve sayıları

		Fusion 360		GS	
K15	Vazo	Revolve	4	Revolve	9
				Primitive Obj	3
				Surface	2
				Pattern	2
	Aydınlatma	Sub-D	3	Sub-D	3
				Revolve	3
		Extude	2	Primitive Obj	2
				Stroke	2
	Oturma birimi	Sub-D	1	Sub-D	6
		Extude	1	Revolve	1
				Stroke	1
K16	Vazo	Revolve	2	Revolve	11
		Primitive Obj	1	Sub-D	2
	Aydınlatma	Extrude	8	Revolve	10
				Sub-D	7
	Oturma birimi	Extrude	2	Sub-D	7
K17	Vazo	Revolve	1	Revolve	3
		Sub-D	1	Sub-D	2
		Loft	1		
	Aydınlatma	Sub-D	2	Sub-D	5
		Revolve	2	Revolve	2
		Primitive Obj	1	Primitive Obj	2
	Oturma birimi	Sub-D	3	Sub-D	4
K18	Vazo	Revolve	2	Revolve	7
		Primitive Obj	2	Pattern	3
	Aydınlatma	Revolve	5	Stroke	5
	Oturma birimi	Extrude	2	Sub-D	3
		Primitive Obj	2	Primitive Obj	1
K19	Vazo	Revolve	3	Revolve	25
		Primitive Obj	1		
	Aydınlatma	Revolve	5	Revolve	22
		Primitive Obj	3		
	Oturma birimi	Extrude	2	Sub-D	3
		Stroke	1		
K20	Vazo	Revolve	5	Revolve	4
	Aydınlatma	Revolve	2	Sub-D	3
	Oturma birimi	Sub-D	1	Sub-D	2
		Stroke	1	Stroke	1

Yenilik ölçeği ile ilgili bulgular

Şekil 4.39'da 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışmasının yenilik ölçeğinde aldıkları puanların ortalamaları grafik ile gösterilmiştir. Grafiğe göre GS ile üretilen vazo tasarımı yenilik ölçeği ortalamasının 2,95, 3. dereceye (bilinen veya

yaygın olmasına rağmen, orijinal sayılabilecek benzersiz bir yönü ve bileşeni var) yakın, Fusion 360 ile üretilen vazo tasarımı yenilik ölçeği ortalaması ise 2,08, 2. dereceye yakın (yaygın, ancak tamamen sıradan değil) olduğu görülmektedir. GS ile üretilen aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği ortalaması 3,23, 3. dereceye yakın, Fusion 360 ile üretilen vazo tasarımı yenilik ölçeği ortalaması ise 2,55, 2 ve 3.derece arasındadır. GS ile üretilen oturma birimi tasarımı yenilik ölçeği ortalaması 2,82, 3.dereceye yakın, Fusion 360 ile üretilen oturma birimi tasarımı yenilik ölçeği ortalaması ise 2,55, 2 ve 3.derece arasındadır. Her üç tasarım çalışması için de GS yenilik ölçeği ortalamaları Fusion yenilik ölçeği ortalamalarından yüksektir.



Şekil 4.39. Fusion 360 ve GS yenilik ölçeği ortalamaları

Wilcoxon Signed-Ranks Test, bir vaka grubu üzerinde ölçülen iki metrik değişkeni karşılaştırmak için kullanılan Paired Samples T-Test'inin parametrik olmayan karşılığıdır (Karagöz, 2010). Sıralı değişkenler (ordinal) üzerinde kullanılabildiği için yenilik ölçeği verilerinin analizinde bu test kullanılmıştır. Veriler "SPSS'te Analyze - Nonparametric Tests – Legacy Dialogs – 2 Related Samples" komutu kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.26'da katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri vazo tasarımlarına ait yenilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,007 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri vazo tasarımı yenilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri vazo tasarımı yenilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.26. Vazo tasarımı (TÇ 1) yenilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	2,08	,87772	,007
GS	20	2,95	,93048	

Çizelge 4.27'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri aydınlatma tasarımlarına ait yenilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,001 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.27. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) yenilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	2,55	,80948	,001
GS	20	3,23	,92445	

Çizelge 4.28'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri oturma birimi tasarımlarına ait yenilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,232 olduğu ve p>0,05 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri oturma birimi tasarımı yenilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri oturma birimi tasarımı yenilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 4.28. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) yenilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	2,55	,79306	,232
GS	20	2,82	,67424	

Katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri üç tasarım için yenilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Buna göre p değeri 0,001 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri tasarımların yenilik ölçeği

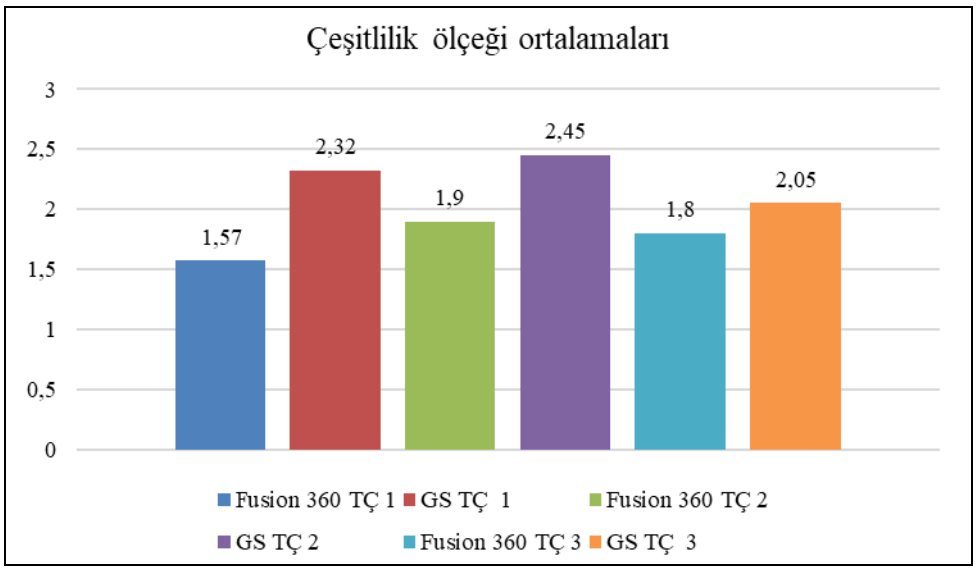
puanları ile GS ile ürettikleri tasarımların yenilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.29. Tasarım çalışmaları yenilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	2,39	,65845	,001
GS	20	3,00	,61890	

Çeşitlilik ölçeği ile ilgili bulgular

Şekil 4.40'ta 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışmasının çeşitlilik ölçeğinde aldıkları puanların ortalamaları grafik ile gösterilmiştir. Grafiğe göre GS ile üretilen vazo tasarımı yenilik ölçeği ortalaması (2,32) Fusion 360 ile üretilen vazo tasarımı yenilik ölçeği ortalamasından (1,57) yüksektir. GS ile üretilen aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği ortalaması (2,45) Fusion 360 ile üretilen aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği ortalamasından (1,9) yüksektir. Yine benzer şekilde GS ile üretilen oturma birimi tasarımı yenilik ölçeği ortalaması (2,05) Fusion 360 ile üretilen aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği ortalamasından (1,8) yüksektir.



Şekil 4.40. Fusion 360 ve GS çeşitlilik ölçeği ortalamaları

Yenilik ölçeğinde olduğu gibi çeşitlilik ölçeği verilerinin analizinde de Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılmıştır.

Çizelge 4.30'da katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri vazo tasarımlarına ait çeşitlilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,000 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri vazo tasarımı yenilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri vazo tasarımı çeşitlilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.30. Vazo tasarımı (TÇ 1) çeşitlilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	1,57	,46665	,000
GS	20	2,32	,40636	

Çizelge 4.31'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri aydınlatma tasarımlarına ait çeşitlilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,001 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri aydınlatma tasarımı yenilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri aydınlatma tasarımı çeşitlilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.31. Aydınlatma tasarımı (TÇ 2) çeşitlilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	1,90	,47573	,001
GS	20	2,45	,53558	

Çizelge 4.32'de katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri oturma birimi tasarımlarına ait çeşitlilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları verilmiştir. Buna göre p değeri 0,166 ve p>0,05 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri oturma birimi tasarımı çeşitlilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri oturma birimi tasarımı çeşitlilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 4.32. Oturma birimi tasarımı (TÇ 3) çeşitlilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	1,80	,59383	,166
GS	20	2,05	,51042	

Katılımcıların Fusion 360 ve GS'de ürettikleri üç tasarım için çeşitlilik ölçeğine göre aldıkları puanların ortalamaları, standart sapmaları ve Wilcoxon Signed-Ranks Test kullanılarak elde edilen anlamlılık test sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir. Buna göre p değeri 0,000 olduğu için katılımcıların Fusion 360 ile ürettikleri tasarımların çeşitlilik ölçeği puanları ile GS ile ürettikleri tasarımların çeşitlilik ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Çizelge 4.33. Tasarım çalışmaları çeşitlilik ölçeği verileri

	n	x̄	s	p
Fusion 360	20	1,75	,59383	,000
GS	20	2,27	,51042	

Süreç bulguları

Ön araştırmada olduğu gibi ana çalışmada da sesli düşünme protokolü yöntemi kullanılarak 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak ürettikleri iki tasarım çalışması (vazo ve aydınlatma tasarımı) analiz edilmiştir. Deney sırasında kayıt altına alınan ekran görüntüleri ve sesleri protokoller oluşturularak bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türlerine göre kategorilere ayrılmıştır. Çizelge 4.34'te vazo tasarım çalışması sırasında 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türüne ayırdığı zaman ve toplamları saniye cinsinden rakamsal olarak verilmiştir.

Çizelge 4.34. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Vazo tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360						GS					
K1	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	42	0	14	D	L	M	5	0	70
	484	30	86				335	10	255			
K2	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	60	20	10	D	L	M	20	30	30
	425	30	145				400	0	200			
K3	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	40	0	10	D	L	M	10	0	60
	500	20	80				305	10	285			
K4	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	30	15	15	D	L	M	10	0	100
	412	10	178				280	20	300			
K5	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	40	0	40	D	L	M	20	0	50
	435	20	145				293	0	307			
K6	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	120	20	40	D	L	M	0	20	120
	550	0	50				260	0	340			
K7	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	0	0	40	D	L	M	0	30	100
	550	30	20				320	0	280			
K8	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	0	30	10	D	L	M	0	0	0
	450	50	100				275	20	305			
K9	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	20	0	20	D	L	M	10	0	50
	490	40	70				440	20	140			
K10	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	20	10	10	D	L	M	0	0	40
	470	20	110				395	10	195			
K11	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	10	10	40	D	L	M	0	0	50
	520	10	70				450	0	150			

Çizelge 4.34. (devam) Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Vazo tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360						GS					
K12	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	10	0	10	D	L	M	0	0	50
	500	60	40				305	20	375			
K13	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	0	0	40	D	L	M	0	10	40
	480	0	120				250	0	350			
K14	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	0	0	40	D	L	M	0	10	50
	550	20	30				310	10	280			
K15	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	30	0	20	D	L	M	0	10	70
	380	0	220				215	0	385			
K16	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	20	0	40	D	L	M	0	0	70
	565	10	25				257	0	343			
K17	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	50	20	30	D	L	M	0	10	70
	525	10	65				450	0	150			
K18	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	50	30	30	D	L	M	10	20	50
	510	20	70				120	10	470			
K19	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	30	20	70	D	L	M	0	0	180
	425	20	155				210	20	370			
K20	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	70	0	50	D	L	M	10	0	50
	490	20	90				235	10	355			
Toplam	9711	420	1869	642	175	579	6105	160	5835	95	140	1300
%	72,49	3,13	13,95	4,79	1,30	4,32	44,77	1,17	42,79	0,69	1,02	9,53

Çizelge 4.35'te katılımcıların Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türüne ayırdıkları sürelerin ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapma (s) ve anlamlılık değerleri (p) verilmiştir. Buna göre Fusion 360 ve GS arasında işlevsel eylem türü dışında diğer tüm eylem türlerinde anlamlı bir fark olduğu ($p<0,001$) görülmektedir.

Çizelge 4.35. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Vazo tasarımı)

			Fusion 360		*GS*		
Kategoriler	*Adlar*	*Açıklamalar*	x̄	*s*	x̄	*s*	*p*
Fiziksel	D	Tasvir yapma	*485,55*	*51,57*	305,25	87,00	0,000***
	L	Önceki tasvirlere bakma	21	15,86	8	8,33	0,000***
	M	Diğer hareketler	93,45	53,72	291,75	88,55	0,000***
Algısal		Elemanların görsel özelliklerine bakma	32,1	29,33	4,75	6,78	0,000***
		Öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma					
		Elemanları düzenleme ve karşılaştırma					
İşlevsel		Eserler ve insan/doğa arasındaki etkileşimin araştırılması	8,75	10,98	7	10,31	0,551
		İnsanların psikolojik tepkilerinin değerlendirilmesi					
Kavramsal		Tercih yapma, estetik değerlendirme	28,95	16,79	63,50	33,28	0,000***
		Hedef belirleme					
		Bilgiyi düzeltme					

***p < 0.001
x̄: Ortalama
s: Standart sapma

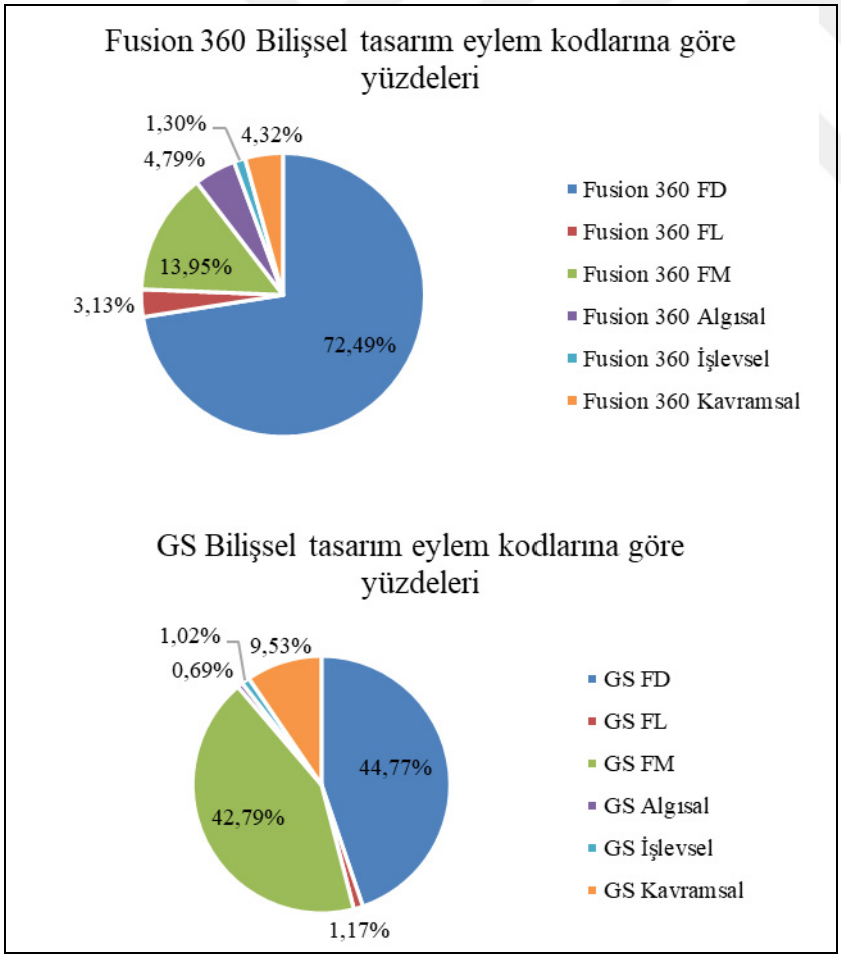
Şekil 4.41'de 20 katılımcının vazo tasarımı deneyinde Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türünde geçirdikleri toplam süreler yüzde cinsinden pasta ve sütun grafikleri ile gösterilmiştir. Buna göre fiziksel eylemlerden D eylemlerine (Tasvir yapma: Her türden eskiz (çizgiler, daireler, oklar, kelimeler)) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre (%72,49) GS kullanırken ayırdığı sürenin (%44,77) 1,5 katından fazladır. Bu veriler bir önceki bölümde verilen toplam vazo tasarımı alternatif sayıları (Fusion 360; 87, GS; 183) ile ilişkilendirildiğinde Fusion 360 kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalama 111,62 sn. (9711/87) GS kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalamasının ise (6105/183) 38,93 sn. olduğu görülmektedir. Buna göre GS kullanırken katılımcıların yaklaşık üç kat hızlı ürün geliştirdikleri söylenebilir.

Diğer bir fiziksel eylem olan L eylemlerine (Önceki tasvirlere bakma) Fusion 360 kullanırken ayrılan ortalama sürenin (%3,13) GS kullanırken ayrılan ortalama sürenin (1,17) yaklaşık üç katı olduğu görülmektedir. Buna göre GS kullanırken katılımcılar bir önceki tasvirlere bakmaya daha az gereksinim duymuşlardır denebilir.

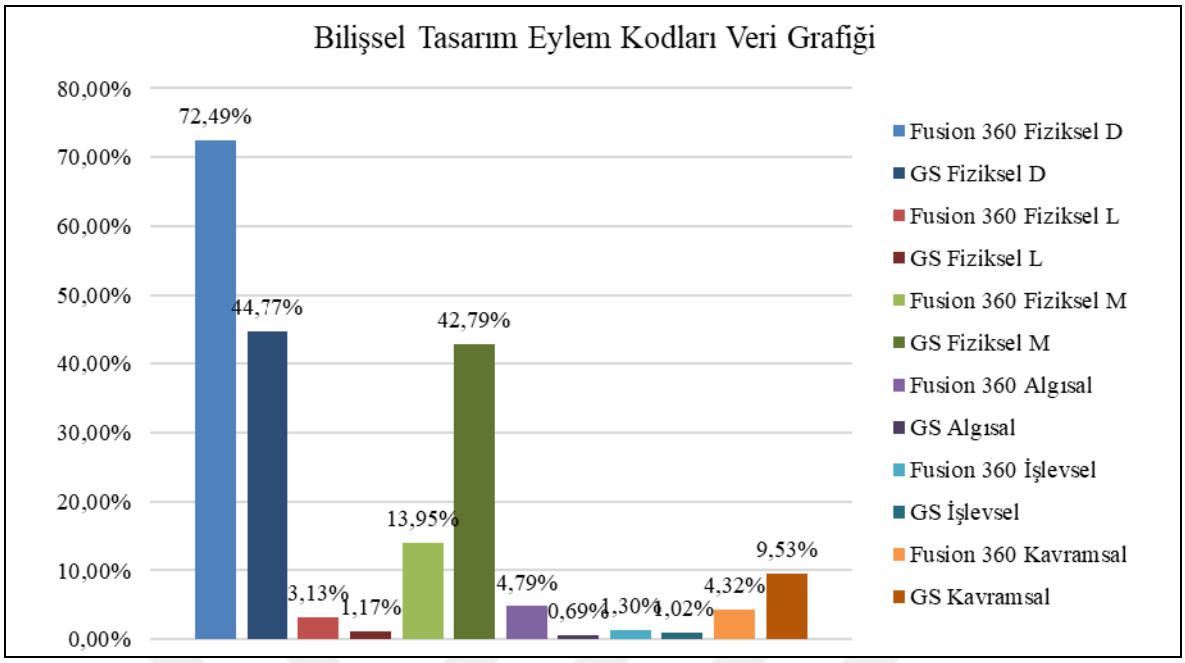
Diğer bir eylem türü olan algısal eylemlere bakıldığında (Elemanların görsel özelliklerine bakma: şekiller, boyutlar, dokular, ilişkiler; öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma: yakınlık, hizalama, kesişim ve elemanları düzenleme ve karşılaştırma: gruplama, benzerlik, kontrast) Fusion 360 kullanırken ayrılan sürenin (%4,79) GS kullanırken ayrılan sürenin (%0,69) yaklaşık 7 katı olduğu görülmektedir.

Hem Fusion 360 hem de GS kullanırken işlevsel eylem türüne ayrılan süre yüzdeleri (Fusion 360; %1,30, GS; %1,02) çok düşüktür. Bu durum tasarım çalışmasının (vazo tasarımı) form odaklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Katılımcıların GS kullanırken kavramsal tasarım eylem türüne (Tercih yapma, estetik değerlendirme; hedef belirleme ve bilgiyi düzeltme) ayırdıkları süre (%9,53) Fusion 360 kullanırken ayırdıkları sürenin (%4,32) iki katından daha fazladır.



Şekil 4.41. Bilişsel tasarım eylem kodları veri grafiği



Şekil 4.41. (devam) Bilişsel tasarım eylem kodları veri grafiği

Çizelge 4.36'da 20 katılımcının vazo tasarım çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken her bir tasarım düşüncesine ayırdığı süreler yüzde cinsinden verilmiştir.

Çizelge 4.36. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Vazo tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360			GS		
	Iraksak (%)	Yakınsak (%)	Yansıtıcı (%)	Iraksak (%)	Yakınsak (%)	Yansıtıcı (%)
K1	30	70	0	60	40	0
K2	20	80	0	40	60	0
K3	50	50	0	70	30	0
K4	60	40	0	80	10	10
K5	90	10	0	90	10	0
K6	50	50	0	50	50	0
K7	100	0	0	100	0	0
K8	75	25	0	75	25	0
K9	75	25	0	80	20	0
K10	50	50	0	75	25	0
K11	70	30	0	80	20	0
K12	50	50	0	75	25	0
K13	100	0	0	80	20	0
K14	50	20	30	50	50	0
K15	50	50	0	100	0	0
K16	50	50	0	75	25	0
K17	50	50	0	75	25	0
K18	60	40	0	60	40	0
K19	50	50	0	75	25	0
K20	50	50	0	50	50	0

Çizelge 4.37'da 20 katılımcının vazo tasarım çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken her bir tasarım düşüncesine ayırdığı sürenin yüzde cinsinden ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapma (s) ve anlamlılık değerleri (p) verilmiştir. Buna göre ıraksak ve yakınsak düşünce türlerindeki anlamlılık değerleri sırasıyla p=0,002 ve p=0,010 şeklindedir. Dolayısıyla bu iki tasarım düşüncesi türünde Fusion 360 ve GS arasında anlamlı bir fark vardır.

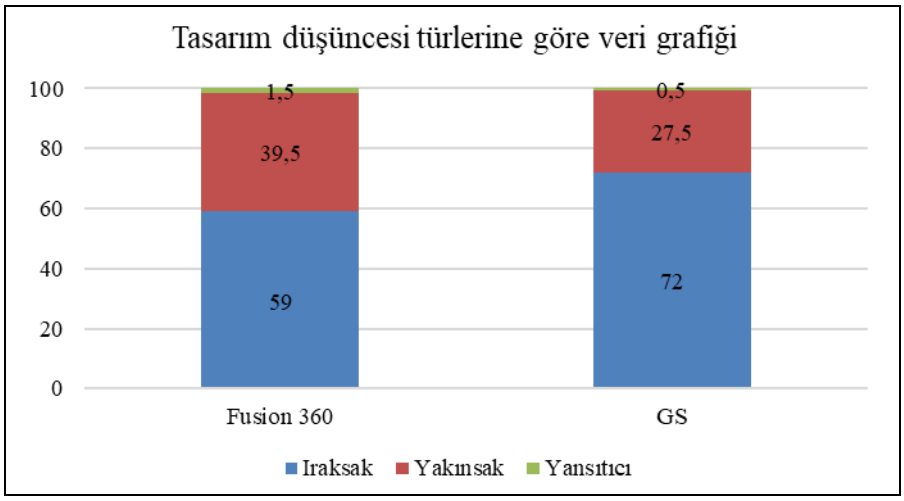
Çizelge 4.37. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Vazo tasarımı)

	Fusion 360		GS		
Türler	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	p
Iraksak	59	20,68	72	16,17	0,002**
Yakınsak	39,50	21,08	27,50	16,58	0,010*
Yansıtıcı	1,5	6,70	0,5	2,23	0,541

*p <0.05; **p < 0.01
$\bar{x}$: Ortalama
s: Standart sapma

Şekil 4.42'de katılımcıların vazo tasarımı çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken üç tasarım düşüncesi türüne ayırdıkları sürelerin ortalamaları sütun grafiği ile verilmiştir. Katılımcıların ıraksak düşünce türüne (Tasarım ilerledikçe tek tek yeni ve farklı tasarımlar üretilir. Tasarımcının bu tür bir eskiz yoluyla yanal ve farklı düşündüğü varsayılabilir.) GS kullanırken ayırdığı süre (%72) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süreden (%59) daha fazladır. Diğer bir deyişle GS kullanırken katılımcılar bir tasarım üzerine yoğunlaşmak yerine, yeni ve farklı tasarım alternatifleri geliştirmeye yönelmişlerdir.

Katılımcıların yakınsak düşünce türüne (Tasarımcı, belirli bir fikri ifade etmeye odaklanır. Karmaşıklık ve somutluk içinde kademeli bir artışla yakınsak bir şekilde düşünür.) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre (%39,5) GS kullanırken ayırdığı süreden (%27,5) daha fazladır. Diğer bir deyişle Fusion 360 kullanırken katılımcılar bir fikir üzerinde daha fazla düşünmeye ve onu geliştirmeye yoğunlaşmışlardır.



Şekil 4.42. Tasarım düşüncesi türlerine göre veri grafiği (Vazo tasarımı)

Çizelge 4.38'de aydınlatma tasarım çalışması sırasında 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türüne ayırdığı zaman ve toplamları saniye cinsinden rakamsal olarak verilmiştir.

Çizelge 4.38. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360						GS					
K1	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	115	30	25	D	L	M	10	30	80
	831	40	329				645	40	515			
K2	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	140	0	30	D	L	M	20	10	100
	945	60	195				960	25	215			
K3	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	110	0	10	D	L	M	30	0	100
	980	30	190				682	20	498			
K4	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	100	0	0	D	L	M	10	0	190
	980	50	170				657	20	523			
K5	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	110	0	60	D	L	M	20	0	150
	865	30	305				790	30	380			

Çizelge 4.38. (devam) Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360						GS					
K6	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	120	20	70	D	L	M	40	0	120
	812	60	328				380	0	220			
K7	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	40	0	30	D	L	M	0	0	80
	1075	20	105				765	20	415			
K8	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	50	0	30	D	L	M	20	20	30
	1105	0	95				715	10	475			
K9	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	50	0	40	D	L	M	10	0	70
	1050	10	140				970	0	230			
K10	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	90	0	10	D	L	M	10	0	30
	1080	40	80				865	30	305			
K11	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	70	20	50	D	L	M	20	0	130
	1005	60	135				735	20	445			
K12	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	90	30	40	D	L	M	0	0	90
	970	20	210				685	0	515			
K13	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	60	0	130	D	L	M	0	20	250
	900	50	250				650	0	550			
K14	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	60	20	10	D	L	M	0	0	70
	1065	0	135				850	0	350			
K15	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	70	0	60	D	L	M	0	0	100
	995	50	155				715	10	475			
K16	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	80	0	90	D	L	M	0	0	120
	1075	20	105				805	0	395			

Çizelge 4.38. (devam) Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360						GS					
K17	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	50	0	30	D	L	M	10	0	70
	1140	30	30				800	20	380			
K18	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	80	0	60	D	L	M	30	10	50
	940	20	240				565	0	635			
K19	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	160	10	200	D	L	M	0	30	240
	850	60	290				510	40	650			
K20	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal	Fiziksel			Algısal	İşlevsel	Kavramsal
	D	L	M	170	10	80	D	L	M	20	0	80
	1010	0	190				725	0	475			
Toplam	19673	650	3677	1815	140	1055	14469	285	8646	250	120	2150
%	72,83	2,4	14,57	6,71	0,51	3,9	55,82	1,09	33,35	0,96	0,46	8,29

Çizelge 4.39'da katılımcıların Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türüne ayırdıkları sürelerin ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapma (s) ve anlamlılık değerleri (p) verilmiştir. Buna göre Fusion 360 ve GS arasında işlevsel eylem türü dışında diğer tüm eylem türlerinde anlamlı bir fark olduğu ($p<0,001$) görülmektedir.

Çizelge 4.39. Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

			Fusion 360		GS		p
Kategoriler	Adlar	Açıklamalar	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Fiziksel	D	Tasvir yapma	983,65	95,35	723,45	141,33	0,000***
	L	Önceki tasvirlere bakma	32,5	20,99	14,25	14,07	0,000***
	M	Diğer hareketler	183,85	85,44	432,30	125,14	0,000***
Algısal		Elemanların görsel özelliklerine bakma	90,75	37,21	12,50	12,08	0,000***
		Öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma					
		Elemanları düzenleme ve karşılaştırma					
İşlevsel		Eserler ve insan/doğa arasındaki etkileşimin araştırılması	7	10,80	6	10,46	0,748
		İnsanların psikolojik tepkilerinin değerlendirilmesi					

Çizelge 4.48. (devam) Bilişsel tasarım eylem kodlarına göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

			Fusion 360		GS		p
Kategoriler	Adlar	Açıklamalar	x̄	s	x̄	s	
Kavramsal		Tercih yapma, estetik değerlendirme	52,75	46,83	107,50	60,51	0,000***
		Hedef belirleme					
		Bilgiyi düzeltme					

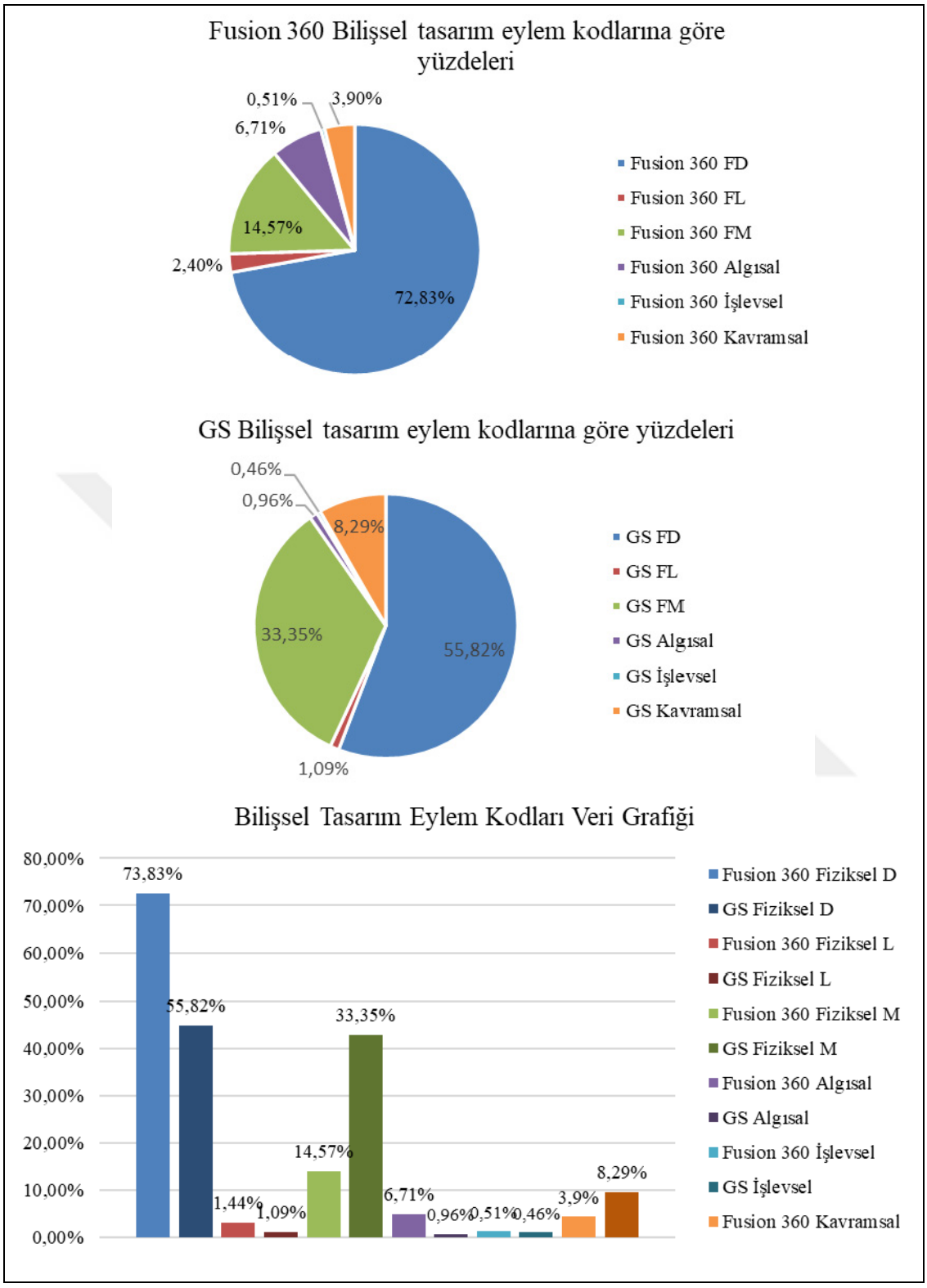
***p < 0.001
x̄: Ortalama
s: Standart sapma

Şekil 4.43'te 20 katılımcının aydınlatma tasarımı deneyinde Fusion 360 ve GS kullanırken her bir bilişsel tasarım eylem türünde geçirdikleri toplam süreler yüzde cinsinden pasta ve sütun grafikleri ile gösterilmiştir. Buna göre fiziksel eylemlerden D eylemlerine (Tasvir yapma: Her türden eskiz (çizgiler, daireler, oklar, kelimeler)) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre (%73,83) GS kullanırken ayırdığı sürenin (%55,82) 1,5 katına yakındır. Bu veriler bir önceki bölümde verilen toplam aydınlatma tasarımı alternatif sayıları (Fusion 360; 110, GS; 203) ile ilişkilendirildiğinde Fusion 360 kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalama 178,84 sn. (19673/110) GS kullanırken her bir eskize ayrılan süre ortalamasının ise (14469/183) 71,27 sn. olduğu görülmektedir. Buna göre GS kullanırken katılımcıların yaklaşık 2,5 kat daha hızlı ürün geliştirdikleri söylenebilir.

Diğer bir fiziksel eylem olan L eylemlerine (Önceki tasvirlere bakma) Fusion 360 kullanırken ayrılan ortalama sürenin (%2,4) GS kullanırken ayrılan ortalama sürenin (%1,09) iki katından fazla olduğu görülmektedir. Buna göre yine vazo tasarımı deneyinde olduğu gibi GS kullanırken katılımcılar bir önceki tasvirlere bakmaya daha az gereksinim duymuşlardır denebilir.

Diğer bir eylem türü olan algısal eylemlere bakıldığında (Elemanların görsel özelliklerine bakma: şekiller, boyutlar, dokular, ilişkiler; öğeler arasındaki uzamsal ilişkilere bakma: yakınlık, hizalama, kesişim ve elemanları düzenleme ve karşılaştırma: gruplama, benzerlik, kontrast) Fusion 360 kullanırken ayrılan sürenin (%6,71) GS kullanırken ayrılan sürenin (%0,96) yaklaşık 7 katı olduğu görülmektedir..

Hem Fusion 360 hem de GS kullanırken işlevsel eylem türüne ayrılan süre yüzdeleri (Fusion 360; %0,51, GS; %0,46) çok düşüktür. Bu durum aydınlatma tasarım çalışmasının form üzerine odaklanmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.43. Bilişsel tasarım eylem kodları veri grafiği (Aydınlatma tasarımı)

Çizelge 4.40'da 20 katılımcının aydınlatma tasarım çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken her bir tasarım düşüncesine ayırdığı süreler yüzde cinsinden verilmiştir.

Çizelge 4.40. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

Katılımcı No	Fusion 360			GS		
	Iraksak (%)	Yakınsak (%)	Yansıtıcı (%)	Iraksak (%)	Yakınsak (%)	Yansıtıcı (%)
K1	50	30	20	80	10	10
K2	65	35	0	70	20	10
K3	65	35	0	90	0	10
K4	70	30	0	80	20	0
K5	70	30	0	70	30	0
K6	70	30	0	0	100	0
K7	100	0	0	50	30	20
K8	75	25	0	80	20	0
K9	75	25	0	100	0	0
K10	50	50	0	80	20	0
K11	50	50	0	75	15	10
K12	40	60	0	80	20	0
K13	75	25	0	80	20	0
K14	50	50	0	80	20	0
K15	50	30	20	80	10	10
K16	60	20	20	70	20	10
K17	60	30	10	80	10	10
K18	75	25	0	60	40	0
K19	75	15	10	100	0	0
K20	50	15	10	100	30	0

Çizelge 4.41'de 20 katılımcının aydınlatma tasarımı çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken her bir tasarım düşüncesine ayırdığı sürenin yüzde cinsinden ortalamaları ($\bar{x}$), standart sapma (s) ve anlamlılık değerleri (p) verilmiştir. Buna göre ıraksak ve yakınsak düşünce türlerindeki anlamlılık değerleri sırasıyla p=0,007 ve p=0,002 şeklindedir. Dolayısıyla Fusion 360 ve GS bu iki tasarım düşüncesi türü açısından anlamlı olarak farklıdır.

Çizelge 4.41. Tasarım düşüncesi türlerine göre veriler (Aydınlatma tasarımı)

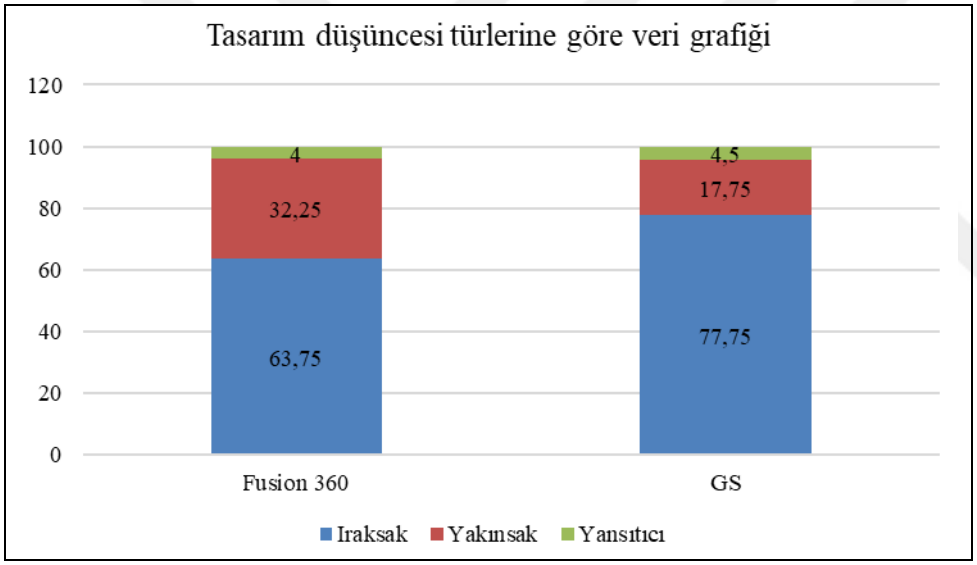
	Fusion 360		*GS*		
Türler	$\bar{x}$	*s*	$\bar{x}$	*s*	*p*
Iraksak	63,75	14,13	77,75	14	0,007**
Yakınsak	32,25	14,09	17,75	13,22	0,002**
Yansıtıcı	4	7,53	4,5	6,04	0,772

**p < 0.01
$\bar{x}$: Ortalama
s: Standart sapma

Şekil 4.44'te katılımcıların aydınlatma tasarımı çalışması sırasında Fusion 360 ve GS kullanırken üç tasarım düşüncesi türüne ayırdıkları sürelerin ortalamaları sütun grafiği ile verilmiştir. Katılımcıların ıraksak düşünce türüne GS kullanırken ayırdığı süre (%77,75)

Fusion 360 kullanırken ayırdığı süreden (%63,75) daha fazladır. Vazo tasarımı deneyinde olduğu gibi katılımcıların GS kullanırken bir tasarım üzerine yoğunlaşmak yerine, yeni ve farklı tasarım alternatifleri geliştirme eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu iki uygulama sırasında üretilen alternatif sayılarına bakıldığında da (Fusion 360; 110, GS; 203) bu sonuç doğrulanmaktadır.

Katılımcıların yakınsak düşünce türüne (Tasarımcı, belirli bir fikri ifade etmeye odaklanır. Karmaşıklık ve somutluk içinde kademeli bir artışla yakınsak bir şekilde düşünür.) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre (%32,25) GS kullanırken ayırdığı süreden (%17,75) daha fazladır. Diğer bir deyişle Fusion 360 kullanırken katılımcılar bir fikir üzerinde daha fazla düşünmeye ve onu geliştirmeye yoğunlaşmışlardır.



Şekil 4.44. Tasarım düşüncesi türlerine göre veri grafiği (Aydınlatma tasarımı)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, sanal gerçeklik (SG) uygulamaları için bir uzaktan eğitim modeli kurgulayarak söz konusu uygulamaların kavramsal tasarım evresinde kullanımının alternatif sayısı, çeşitlilik, yenilik ölçekleri ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerinden BDT araçları ile karşılaştırılarak avantajlarının ortaya konması ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda söz konusu teknolojilerin endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili önerilerde bulunulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda kurgulanan çalışmada literatür taramasını takiben Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü 4. sınıf öğrencilerinin katılımı ile ön araştırma ve ana çalışma olmak üzere iki aşamalı bir süreç yürütülmüştür. COVID-19 pandemisi sırasında yürütülen bu çalışma tüm pandemi koşulları göz önünde bulundurularak kurgulanmıştır. Bu bölümde, deneyler ve anketler sonucunda elde edilen bulgular literatürle ilişkilendirilip yorumlanarak sırasıyla sunulmaktadır. Son bölümde ise ileriki çalışmalara yönelik öneriler verilmektedir.

Buradalık algısı:

GS kullanırken katılımcıların sanal ortamda buradalık algılarının yüksek olduğu, kendilerini uygulamaya yüksek seviyede dahil edebildikleri görülmektedir. Buradalık algısının yüksek olması katılımcıların GS kullanırken hem alternatif sayısı, yenilik ve çeşitlilik ölçeğinde aldıkları puanları hem de kullanılabilirlik ile ilgili memnuniyetlerini olumlu etkilediği ve bu sonucun da literatürü de desteklediği söylenebilir.

Simülator rahatsızlığı:

Literatüre göre toplam puanı 20'nin üzerinde olan bir simülatör "kötü" olarak kabul edilir (Stanney vd., 1997). Bu çalışma kapsamında eğitimler ve deneyler sırasında katılımcıların GS uygulaması ile geçirdikleri süre maksimum bir saat olacak şekilde kurgulanmıştır. Bu süreler göz önünde bulundurularak ve literatürle ilişkilendirilerek GS kullanımının sağlık açısından uygun olduğunu söylemek mümkündür. GS ile geçirilen sürenin artması halinde yaşanabilecek rahatsızlıkları analiz edebilmek için daha uzun süreli deneylerin uygulanmasına ihtiyaç vardır.

Kullanılabilirlik:

Anket sonuçlarına bakıldığında GS uygulamasının sistem kullanışlılığı, bilgi kalitesi, ara yüz kalitesi alt boyutları ve genel tatmin seviyesi kullanılabilirliği ile ilgili katılımcıların memnuniyetinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

Korelasyon analizine bakıldığında Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch anketi ile Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketi arasında yüksek derecede pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle Bilgisayar Sistemi Kullanılabilirlik Anketini yüksek puanlayanlar Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch anketini de yüksek puanlamışlardır. Bu durum, GS uygulamasının kullanılabilirliği ile ilgili katılımcıların memnuniyetinin yüksek olmasının uygulamanın genel içeriği ile ilgili memnuniyetinin de yüksek olmasına katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

Gravity Sketch ile ilgili katılımcı değerlendirmeleri:

Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi sonuçlarına göre uygulamanın hızlı ve kolay olması, ürünü farklı açılardan görebilme ve üç boyutlu olarak daha iyi algılama gibi özelliklerinin öne çıktığı görülmektedir. Görüşme sorularına verilen yanıtlarına göre yine anket sonuçlarına benzer şekilde GS'in kolay ve hızlı olması, üç boyutlu düşünme ve algılamadaki kolaylığı, üç boyutlu modeli farklı açılardan görmenin kolay ve hızlı olması ve arayüzün basit ve açıklayıcı olması gibi özellikleri vurgulanmıştır. Ayrıca katılımcılar GS'i Fusion 360 ile karşılaştırdıklarında yine benzer özellikler ön plana çıkmaktadır. GS'in daha hızlı olduğu deney sonuçlarında alternatif sayısı ve çeşitlilik ölçeklerinde katılımcıların daha yüksek puanlar almalarıyla da desteklenmiştir. Katılımcılar yaşadıkları deneyim sonunda GS uygulamasının hızlı ve esnek modelleme özelliği nedeniyle tasarım süreçlerinin ilk evreleri olan "fikir üretme ve konsept geliştirme" evrelerinde daha verimli olacağı görüşündedir. Ayrıcı katılımcıların bir kısmı GS uygulamasında insan modellerinin hazır bulunması ve ürün bağlamı oluşturmanın kolay olması nedeniyle söz konusu uygulamanın sunum aşamasında da kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu çalışmadaki gibi başa takılı göstergelerin kullanıldığı 1997-2023 yılları arasında yayınlanan deneysel çalışmalara bakıldığında (Bknz. Bölüm 2.1.6) tasarım süreçlerinin ürün değerlendirme ve prototipleme gibi son evrelerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmada ise Cecil ve Kanchanapiboon (2007) ve Camburn vd. (2017) araştırmalarına

benzer şekilde SG tasarım uygulamalarının erken evrelerde de kullanımının uygun ve verimli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Katılımcılar GS uygulaması ile organik ve akışkan formları daha kolay modelleyebildiklerinin altını çizmiştir. Katılımcılar bu durumu GS uygulamasının hem modelleme ortamı hem de modelleme araçları olarak daha esnek ve özgür olmasına bağlamaktadır. Ayrıca katılımcılar GS kullanırken üç boyut modellerine istedikleri kadar yakınlaşıp uzaklaşabildikleri, gerçek ölçüleri ile görebildikleri ve etrafında istedikleri gibi dolaşabildikleri için her ölçekte ürünün modellenmesinin avantajlı olduğunu vurgulamıştır.

GS uygulamasında eklenmesi ve değiştirilmesi gereken noktalar sorulduğunda "kesme ve çıkarma aracının eklenmesi, hacimleri birleştirme, hacimleri çıkarma aracının eklenmesi, başlarken ölçü girilebilmesi, malzeme sayısının artırılması ve render araçlarının geliştirilmesi" cevapları alınmıştır. Bu bahsedilen özellikler katılımcıların kullanmaya alışık oldukları BDT araçlarının özellikleridir. Dolayısıyla katılımcıların halihazırda kullandıkları modelleme araçlarındaki alışkanlıklarını kullanmaya yeni başladıkları bir araçta da devam ettirme arzularının olduğunu söylemek mümkündür. GS kullanıcı geri bildirimleriyle devamlı olarak güncellenen bir uygulama olduğu için bu çalışmadan elde edilen bu verilerin uygulamanın geliştirilmesi adına da katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Uzaktan eğitim:

Ön araştırma sırasında Covid-19 pandemisinin ortaya çıkması nedeniyle bu araştırma tüm pandemi koşulları göz önünde bulundurularak uzaktan eğitim şeklinde yürütülmüştür. Araştırmacı tarafından hazırlanan eğitim videoları ve mevcut videolar kullanılmış, görüntülü görüşme ile desteklenmiş ve bulut platformunun avantajları kullanılmıştır. Her bir katılımcı ile on gün süren eğitim ve deney sürecinde hastalık, seyahat vs. gibi dış etkenler dışında donanımsal ya da yazılımsal herhangi bir aksaklık yaşanmamıştır.

Katılımcılara GS uygulamasının uzaktan eğitim ile verilmesinin verimli olup olmadığı sorulduğunda tüm katılımcılar verimli olduğunu ve hatta katılımcıların çoğunluğu yüz yüze eğitimden daha verimli olduğunu bildirmiştir. Uzaktan eğitimin eğitmenle iletişim kurabilme, fiziksel alanla sınırlı kalmama, bireysel çalışabilme, gözlüklere istedikleri zaman ulaşabilmeleri ve kendi hızlarında esnek çalışabilme gibi avantajları olduğunu

belirtmişlerdir. Eğitim ve deney sürecinde katılımcılar tarafından yapılan çalışmalar bulut platformu üzerinden takip edilebildiği için de sürecin takibi kolaylaşmıştır. Uzaktan eğitim sırasında gözlüklerin katılımcılara tek tek iletilmesi ve geri alınarak diğer katılımcılara ulaştırılması sırasında yaşanan zaman kaybı araştırmacı tarafından yaşanan dezavantajlardan biridir. Dolayısıyla gözlüklerin tedarik süreci farklı bir yöntem geliştirilerek hızlandırılabilir.

Özetle uzaktan eğitimin öğrencilere farklı yerlerden erişim sağlayarak daha geniş bir kitleye ulaşmayı ve daha esnek bir öğrenme ortamı sunmayı mümkün kıldığı söylenebilir.

Endüstriyel tasarım eğitimi ve profesyonel hayat:

Katılımcılar teknoloji ilerledikçe tasarım eğitimi müfredatının da buna göre değişmesi gerektiğini ve SG'nin bu dönüşümde rol oynayabileceğini ifade etmiştir. Bazı katılımcılar SG'nin BDT ve iletişim teknikleri gibi derslere ve mobilya ve aydınlatma tasarımı gibi seçmeli derslere entegre edilebileceğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca, tüm katılımcılar profesyonel yaşamlarında GS uygulamasını kullanmaya devam etme isteklerini dile getirmiştir. Bunun sebepleri arasında fikir üretmeye yardımcı olması, fikirleri aktarmadaki hızı ve etkinliği, görselleştirme ve modelleme becerilerini geliştirme potansiyeli ve motive edici etkisi sayılabilir. Bazı katılımcılar ayrıca GS kullanmanın bir alışkanlık haline geldiğini ve becerilerini daha da geliştirmek için kullanmaya devam etmek istediklerini belirtmiştir.

Genel olarak, GS uygulamasının endüstriyel tasarım eğitimine entegre edilebileceği ve tasarımcıları profesyonel uygulamalarında destekleme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Bu uygulamaların endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili katılımcıların da belirttiği gibi seçmeli ders dahilinde kurgulanabileceği düşünülmektedir. Mevcut SG gözlüğü sayısı ile orantılı olarak belirlenecek kontenjan dahilinde bu derslerin hem uzaktan hem de yüz yüze eğitim sistemi ile yürütülebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Alternatif sayısı, yenilik, çeşitlilik:

20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışması için ürettikleri alternatif sayılarının ortalamalarına bakıldığında üç tasarım çalışması için de GS'de

üretilen alternatif sayılarının Fusion 360 ile üretilen alternatif sayılarından daha fazla olduğu görülmektedir. Her üç tasarım için Fusion 360 ile ürettikleri alternatif sayıları, GS ile ürettikleri alternatif sayıları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Bu veriler, bilişsel tasarım eylem türlerinden fiziksel eylemlere ait veriler ile birleştirildiğinde GS kullanırken katılımcıların yaklaşık üç kat hızlı ürün geliştirdikleri söylenebilir. Benzer şekilde aydınlatma ürünü tasarımı deneyinde GS kullanırken katılımcıların iki buçuk kat hızlı ürün geliştirdiklerini söylemek mümkündür. Sanal Gerçeklik-Gravity Sketch Değerlendirme Anketi sonuçları ve görüşme soruları içerik analizine bakıldığında da katılımcıların GS aracını daha hızlı bulduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların GS kullanırken her bir eskizde daha az zaman geçirmeleri, katılımcıların yinelemeli tasarıma daha az bağımlı olduğu şeklinde de yorumlanabilir.

Katılımcıların Fusion 360 ve GS kullanarak her bir tasarım çalışmasının yenilik ölçeğinde aldıkları puanların ortalamalarına bakıldığında GS ile üretilen tasarım çalışmalarında alınan puanların ortalaması Fusion 360 ile üretilen tasarım çalışmalarında alınan puanların ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Vazo ve aydınlatma ürünü tasarımı yenilik ölçeğinde alınan ortalama puanlar arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark bulunmuşken, oturma birimi tasarımı ortalama puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu durum oturma birimi tasarım çalışmasında verilen sürenin daha uzun olması ya da bu ürünün diğer iki üründen daha karmaşık ve çok bileşenli olmasından kaynaklı olabilir. Sürenin daha uzun olması düşünme süresini uzattığı için iki modelleme aracı arasındaki farkın kapanmasına neden olmuş olabilir. Diğer taraftan, ürünün karmaşık ve çok bileşenli olması nedeniyle verilen süre her iki modelleme aracında yeterince yenilikçi ürün geliştirmek için yeterli olmamış olabilir. Bunu analiz edebilmek için ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Katılımcıların, çeşitlilik ölçeğinde her bir tasarım çalışması için aldıkları puanların ortalamalarına bakıldığında, GS kullanılarak üretilen tasarım çalışmalarının puan ortalamasının, Fusion 360 ile üretilen tasarım çalışmalarının puan ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Vazo ve aydınlatma ürünü tasarımlarının çeşitlilik ölçeğinde alınan ortalama puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken, oturma birimi tasarımının ortalama puanları arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Bu durumun yenilik ölçeğinde olduğu gibi oturma birimi tasarım çalışmasında verilen sürenin daha uzun olması ya da bu ürünün diğer iki üründen daha karmaşık ve çok bileşenli olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Bilişsel tasarım ve tasarım düşüncesi türleri:

Bu çalışmada, 20 katılımcının Fusion 360 ve GS kullanarak oluşturdukları vazo ve aydınlatma tasarımı çalışmaları, düşünce sürecinin adım adım anlatıldığı bir yöntem olan "sesli düşünme protokolü" kullanılarak analiz edilmiştir. Kaydedilen ekran görüntüleri ve seslerden oluşan protokoller, bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşünce türlerine göre kategorize edilmiştir.

Sonuçlar, Fusion 360 ve GS arasında işlevsel eylem türü dışında diğer tüm eylem türlerinde istatiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Katılımcıların fiziksel eylemlerden D eylemlerine (Tasvir yapma: Her türden eskiz (çizgiler, daireler, oklar, kelimeler) Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre GS kullanırken ayırdığı sürenin 1,5 katından fazladır. Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi bu veriler bir önceki bölümde verilen toplam vazo tasarımı alternatif sayıları ile ilişkilendirildiğinde GS kullanırken katılımcıların yaklaşık üç kat hızlı ürün geliştirdikleri söylenebilir. Tasarım düşüncesi türlerine ait analizlere bakıldığında katılımcıların ıraksak düşünce türüne GS kullanırken ayırdığı süre Fusion 360 kullanırken ayırdığı süreden daha fazladır. Diğer bir deyişle GS kullanırken katılımcılar bir tasarım üzerine yoğunlaşmak yerine, yeni ve farklı tasarım alternatifleri geliştirmeye yönelmişlerdir. Diğer taraftan bu farkın GS'nin daha hızlı alternatif üretmeyi sağlamasından mı yoksa düşünce türlerindeki farklılıktan mı kaynakladığını anlamak için ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Diğer bir fiziksel eylem olan L eylemlerine (Önceki tasvirlere bakma) Fusion 360 kullanırken ayrılan ortalama sürenin GS kullanırken ayrılan ortalama sürenin yaklaşık üç katı olduğu görülmektedir. Buna göre GS kullanırken katılımcılar bir önceki tasvirlere bakmaya daha az gereksinim duymuşlardır denebilir. Bunun sebebinin GS kullanırken tamamen üç boyutlu bir ortamda olmaları ve ürettikleri bir önceki alternatiflerin görüş açıları içerisinde olmaları ile ilgili olabileceği varsayımında bulunulabilir. Diğer taraftan katılımcıların önceki tasvirlere bakma sürelerini etkileyen tasarım deneyimleri, görsel hafızaları veya dikkat seviyeleri gibi kişisel özellikler de olabilir. Dolayısıyla, bu

sonuçların daha geniş bir örneklem üzerinde tekrarlanması ve diğer faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, kullanıcıların GS kullanırken üç boyutlu bir ortamda çalışabilmesi ve önceki alternatiflere daha kolay erişebilmesi tasarım sürecinde daha hızlı ve verimli olmasını sağlayabilir.

Her iki tasarım çalışmasında da algısal eylemler için Fusion 360 kullanırken ayrılan sürenin GS kullanırken ayrılan sürenin yaklaşık 7 katı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, GS kullanımının algısal eylemleri daha hızlı ve verimli hale getirdiğini düşündürmektedir. Üç boyutlu bir ortamda çalışmak, elemanların boyutlarını, şekillerini, dokularını ve uzamsal ilişkilerini daha iyi algılamayı ve elemanları daha kolay düzenlemeyi ve karşılaştırmayı sağlayabilir. Ancak, yine de bu deneylerin daha geniş bir örneklem üzerinde tekrarlanması ve diğer faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Hem Fusion 360 hem de GS kullanırken işlevsel eylem türüne ayrılan süre yüzdeleri çok düşüktür. Bunun nedeni deneylerde tasarlanması istenen ürünlerin formu ile öne çıkan ürünler olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu tür tasarımlarda işlevsellik yerine estetik görünüme daha fazla önem verilebilir. Dolayısıyla katılımcıların işlevsel eylemler için daha az süre harcadığı ve daha çok form ve estetik üzerine yoğunlaştıkları söylenebilir. Diğer taraftan, bu durumun kullanılan araçlar etkisi ile oluşabilme olasılığı da mevcuttur. Bunu analiz edebilmek için farklı tasarım görevleri veya farklı ürün kategorileri için benzer bir çalışma yapılması gerekmektedir.

Katılımcıların GS kullanırken kavramsal tasarım eylem türüne (Tercih yapma, estetik değerlendirme; hedef belirleme ve bilgiyi düzeltme) ayırdıkları süre Fusion 360 kullanırken ayırdıkları sürenin iki katından daha fazladır. Diğer bir deyişle GS katılımcılara tasarım aşamasında tekrarlayan değerlendirmeler yapmaya teşvik etmiştir denebilir. SG ortamında çalışmak, kullanıcıların tasarımlarını daha interaktif bir şekilde değerlendirmelerine olanak tanır. Kullanıcılar, tasarım sürecinde sürükleyici üç boyutlu ortamda modellere gerçek ölçülerde ve farklı açılardan bakabilir, modellere gerçek hayattaki gibi yaklaşıp uzaklaşarak modellerin etrafında gezinip inceleyebilir. Bu durum kullanıcıların tasarımlarını daha sık değerlendirme ve düzeltme şansı verebilir. Ancak yine de bu genelleme her kullanıcı için geçerli olmayabilir ve bireysel tercihler ve tasarım süreçlerine bağlı olarak değişebilir.

Her iki tasarım çalışması için de katılımcıların ıraksak düşünce türüne GS kullanırken ayırdığı süre Fusion 360 kullanırken ayırdığı süreden daha fazladır. Başka bir deyişle, katılımcılar, GS kullanırken tek bir tasarıma odaklanmak yerine, yeni ve farklı tasarım alternatifleri geliştirmeye yönelmişlerdir. İki uygulama sırasında üretilen alternatif sayılarına bakıldığında da bu sonucun doğrulandığı görülmektedir. Bu farkın GS'nin daha hızlı alternatif üretmeyi sağlamasından mı yoksa düşünce türündeki farklılıktan mı kaynakladığını anlamak için daha fazla analize ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer taraftan, katılımcıların yakınsak düşünce türüne Fusion 360 kullanırken ayırdığı süre GS kullanırken ayırdığı süreden daha fazladır. Başka bir deyişle Fusion 360 kullanırken katılımcılar bir fikir üzerinde daha fazla düşünmeye ve onu geliştirmeye yoğunlaşmışlardır. Bu sonuç, Fusion 360'nın daha yüksek seviyede detaylandırma ve karmaşıklık sunabilmesinden kaynaklı olabilir.

Katılımcı davranışları:

Tasarım deneyleri sırasında modelleme araçlarında kullanılan komutların analizi, katılımcıların tercihleri ve modelleme ihtiyaçları hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Dolayısıyla, katılımcıların vazo, aydınlatma ve oturma birimi tasarımı deneylerinde modelleme sırasında kullandıkları komutlar ve sayıları incelenmiştir. Buna göre, vazo tasarımı deneyinde her iki modelleme aracını kullanırken de en çok "revolve" komutunun kullanıldığı görülmüştür. "Revolve" komutu, üç boyutlu modellemede iki boyutlu bir çizimin bir eksen etrafında döndürülerek üç boyutlu bir objeye dönüştürülmesini sağlar. Biçimsel özelliklerinden dolayı vazo tasarımı sırasında katılımcıların bu aracı seçmeleri beklenen bir durumdur.

Aydınlatma ürünü tasarımı deneyinde Fusion 360 kullanırken en sık "extrude" ve "sub-D" komutu kullanılırken, GS kullanırken en sık "sub-D" ve "revolve" komutu kullanılmıştır. Toplam alternatif sayıları ile oranlandığında "sub-D" komutu GS kullanırken Fusion 360'a göre iki katı sıklıkta kullanılmıştır. Oturma birimi tasarımı deneyinde ise Fusion 360 kullanırken en çok "sub-D" ve "extrude" komutu kullanılırken, GS kullanırken en çok "sub-D" ve "revolve" komutu kullanılmıştır. Toplam alternatif sayıları ile oranlandığında "sub-D" komutu GS kullanırken Fusion 360'a göre aydınlatma ürünü tasarımında olduğu gibi iki kat sıklıkta kullanılmıştır. "Extrude" komutu, bir düzlemi belirleyerek bu düzlemin üzerindeki çizimleri üç boyutlu objeye dönüştürmek için kullanılırken, "sub-D" komutu,

yuvarlatılmış veya organik yüzeyler oluşturmak için kullanılır. GS'nin "sub-D" komutunun aydınlatma ürünü ve oturma birimi tasarımlarında daha sık kullanılması, programın bu tür organik ve karmaşık şekilleri oluşturma konusundaki üstünlüğünü yansıtabilir. Ayrıca, GS'nin grid olmadan üç boyutlu bir kanvas sunmasının doğurabileceği özgür modelleme alanı daha esnek biçimler yaratılmasını teşvik etmiş olabilir. Benzer şekilde, Fusion 360'ın "extrude" komutunun aydınlatma ürünü tasarımında sıklıkla kullanılması, programın daha düzgün ve geometrik şekilleri hızlı bir şekilde oluşturma konusundaki gücünü yansıtabilir. Bu sonuçlar, tasarım sürecinde farklı araçların farklı özelliklerini kullanarak bu araçları birlikte kullanmanın önemini vurgulamaktadır. Ek olarak, bu analizler sonucunda bir modelleme aracının belirli bir tasarım problemi için uygun olmadığı gözlemlenirse bu araç bu alanda iyileştirilebilir veya alternatif araçlar geliştirilebilir.

5.1. Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

Bu çalışmada SG teknolojilerinin kavramsal tasarım evresinde kullanımının alternatif sayısı, çeşitlilik, yenilik ölçekleri ve bilişsel tasarım eylemleri ve tasarım düşüncesi türleri üzerinden BDT araçları ile karşılaştırılarak avantajlarının ortaya konması ve elde edilecek sonuçlar doğrultusunda söz konusu teknolojilerin endüstriyel tasarım eğitimine entegrasyonu ile ilgili önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır. BDT araçları içerisinden katılımcıların daha yetkin olduğu görülen Fusion 360 programı seçilmiştir. Diğer taraftan katılımcılara daha önce hiç kullanmadıkları bir teknoloji ve uygulama olan GS çok kısa bir sürede öğretilerek Fusion 360 ile karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla sonraki çalışmalarda katılımcıların hiç kullanmadıkları iki farklı SG uygulamasının karşılaştırılması uygun olabilir. Bu çalışma kapsamında kurgulanan deneylerde vazo, aydınlatma ve oturma birimi gibi biçimsel özellikleri ön planda olan ürünler seçilmiştir. Bir sonraki çalışmalarda işlevsel özellikleri de baskın olan ürün grupları deneylere dahil edilebilir. Araştırma kapsamında eğitim ve deney süreleri maksimum 60 dk olacak şekilde kurgulanmıştır. Uzun süreli kullanımlar sonrası oluşabilecek simülatör rahatsızlıklarını analiz edebilmek için sonraki çalışmalarda bu süreler artırılabilir ve farklı sürelerde katılımcıların yaşadıkları rahatsızlıklar ve gösterdikleri performanslar karşılaştırılabilir. Araştırma süresi boyunca GS uygulaması güncellenerek geliştirilmiş ve yeni özellikler eklenmiştir. Bunlardan biri kullanıcıların aynı projede eşzamanlı olarak çalışmalarına olanak tanıyan ortam tasarım özelliğidir. Bu özellik sayesinde farklı kullanıcıların aynı tasarım projesi üzerinde iş birliği yapmaları kolaylaşır ve uzaktaki kullanıcıların bir araya gelmeden

birlikte çalışmaları sağlanır. Alan yazını incelendiğinde (Bknz. Bölüm 2.1.6) SG uygulamalarının ortak tasarım süreçlerinde kullanımına yönelik araştırmaların çok sınırlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ileriki araştırmalarda GS uygulamasının ortam tasarım alanında kullanımına odaklanılabilir.

KAYNAKLAR

Abdelhameed, W.A. (2014). *Creativity and VR Use.* In Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, Proceedings of the 19th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), pp. 719-728.

Abulrub, A. H. G., Attridge, A. N. and Williams, M. A. (2011). *Virtual reality in engineering education: The future of creative learning*. In 2011 IEEE global engineering education conference (EDUCON). IEEE, pp. 751-757.

Achten, H., De Vries, B., Jessurun, J. (2000). *Virtual Reality Sketch Tool for Early Design*. In Proceedings of the Fifth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, National University of Singapore, Singapore, pp. 451-460.

Adams, R. S., Turns J., and Atman, C. J.. (2003). Educating Effective Engineering Designers: the Role of Reflective Practice. *Design Studies*, 24(3), 275–294.

Adenauer, J., Israel, J. H. and Stark, R. (2013). Virtual reality technologies for creative design. In *CIRP Design 2012*. Springer, London, pp. 125-135.

Aitamurto, T., Zhou, S., Sakshuwong, S., Saldivar, J., Sadeghi, Y. and Tran, A. (2018). *Sense of presence, attitude change, perspective-taking and usability in first-person split-sphere 360 video*. In Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems, pp. 1-12.

Akner-koler, C. (2007). *Form and formlessness.* Publikation. Chalmers tekniska högskola, Sektionen för arkitektur, 1650-6340 Doctoral thesis.

Alkemade, R., Verbeek, F. J. and Lukosch, S. G. (2017). On the efficiency of a VR hand gesture-based interface for 3D object manipulations in conceptual design. *International Journal of Human–Computer Interaction,* 33(11), 882-901.

Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M. and Kranzlmüller, D. (2016). *State of the art of virtual reality technology*. In 2016 IEEE Aerospace Conference. IEEE, pp. 1-19.

Asiedu, Y. and Gu, P. (1998). Product life cycle cost analysis: State of the art review, *Int. J. Prod. Res*., 36(4), 883–908.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Robertson B. F. and Radcliffe D. F. (2009). Impact of CAD tools on creative problem solving in engineering design. *Computer-Aided Design*, 41(2009),136–146.

Backhaus, K., Jasper, J., Westhoff, K., Gausemeier, J., Grafe, M. and Stöcklein, J. (2014). Virtual reality based conjoint analysis for early customer integration in industrial product development. *Procedia CIRP*, 25, 61-68.

Bargar, A., Kulas, D., Poston, A., Richardson, T., Oren, M., Stone, B., ... and Yilmaz, S. (2011). *Comparing ASDS to Existing Software For Engineering Conceptual Design*.

Basadur, M. S. (1995). Optimal ideation-evaluation ratios. *Creativity Research Journal*, 8, 63–75.

Bell, P. R. M. (2002). Ergonomics in virtual environments. In *Handbook of Virtual Environments*, CRC Press, 847-866.

Berg, L. P. and Vance, J. M. (2017). An industry case study: investigating early design decision making in virtual reality. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 17(1).

Berg, L. P. and Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual reality*, 21(1), 1-17.

Berni, A. and Borgianni, Y. (2020). Applications of Virtual Reality in Engineering and Product Design: Why, What, How, When and Where. *Electronics*, 9(7), 1064.

Berta, J. (1999). Integrating VR and CAD. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19 (5), 14-19.

Bharathi, A. K. B. G. and Tucker, C. S. (2015). *Investigating the impact of interactive immersive virtual reality environments in enhancing task performance in online engineering design activities*. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 57106, p. V003T04A004). American Society of Mechanical Engineers.

Bochenek, G. M. and Ragusa, J. M. (2004). Improving integrated project team interaction through virtual (3D) collaboration. *Engineering Management Journal*, 16(2), 3-12.

Bordegoni, M. and Ferrise, F. (2013). Designing interaction with consumer products in a multisensory virtual reality environment: this paper shows how virtual reality technology can be used instead of physical artifacts or mock-ups for the new product and evaluation of its usage. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(1), 51-64.

Bordegoni, M., Colombo, G. and Formentini, L. (2006). Haptic technologies for the conceptual and validation phases of product design. *Computers & Graphics*, 30(3), 377-390.

Bordegoni, M., Ferrise, F., Covarrubias, M. and Antolini, M. (2010). Haptic and sound interface for shape rendering. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 19(4), 341-363.

Boren, T. and Ramey, J. (2000). Thinking aloud: Reconciling theory and practice. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 43(3), 261-278.

Boud, D., R. Keogh, and D. Walker. (1985). *Promoting Reflection in Learning: Reflection: Turning Experience Into Learning.* London: Kogan Page.

Bowman, D. A. (1999). *Interaction techniques for common tasks in immersive virtual environments: design, evaluation, and application*. Georgia Institute of Technology.

Bowman, D. A. and McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough?. *Computer*, 40(7), 36-43.

Bowman, D. A., Datey, A., Ryu, Y. S., Farooq, U. and Vasnaik, O. (2002). *Empirical comparison of human behavior and performance with different display devices for virtual environments*. In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting 46(26), 2134-2138. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

Bowman, D., Kruijff, E., La Viola, J. and Poupyrev, I. (2000). I., *The Art and Science of 3D Interaction, tutorial notes*. In Proceedings of IEEE International Virtual Reality 2000 conference. New Brunswick, NJ.

Bruno, F., Caruso, F., Li, K., Milite, A. and Muzzupappa, M. (2009). Dynamic simulation of virtual prototypes in immersive environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(5), 620-630.

Budd, R. W., Thorp, R. K. and Donohew, L. (1967). *Content analysis of communications*.

Butterworth, J., Davidson, A., Hench, S. and Olano, M. T. (1992). *3DM: A three dimensional modeler using a head-mounted display*. In Proceedings of the 1992 symposium on Interactive 3D graphics, pp. 135-138.

Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., ... and Wood, K. (2017). Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3.

Casas, L. A. A., Bridi, V. L., and Fialho, F. A. P. (1997). Virtual reality full immersion techniques for enhancing workers performance. In *Re-engineering for Sustainable Industrial Production: Proceedings of the OE/IFIP/IEEE International Conference on Integrated and Sustainable Industrial Production Lisbon, Portugal, May 1997* (pp. 399-411). Springer US.

Castronovo, F., Nikolic, D., Liu, Y. and Messner, J. (2013). *An evaluation of immersive virtual reality systems for design reviews.* In Proceedings of the 13th international conference on construction applications of virtual reality, Vol. 47. London, UK.

Cecil, J. and Kanchanapiboon, A. (2007). Virtual engineering approaches in product and process design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31(9-10), 846-856.

Chandrasekera, T., Vo, N. and D'Souza, N. (2013). The effect of subliminal suggestions on Sudden Moments of Inspiration (SMI) in the design process. *Design studies*, 34(2), 193-215.

Chen, J. L. and Stanney, K. M. (1999). A theoretical model of wayfinding in virtual environments: Proposed strategies for navigational aiding. *Presence*, 8(6), 671-685.

Chen, L., Wang, K. Q. and Xu, R. P. (2011). The Study of Products Design & Developement Using Virtual Clay Modeling System. In *Applied Mechanics and Materials* 44, pp. 2101-2105. Trans Tech Publications Ltd.

Chien, Y. T. and Jenkins, J. (1994). Virtual reality assessment. *A report of the Task Group on Virtual Reality to the High Performance Computing and Communications and Information Technology (HPCCIT) Subcommittee of the Information and Communications Research and Development Committee of the National Science and Technology Council (NSTC)*.

Choi, S. H. and Chan, A. M. M. (2003). A layer-based virtual prototyping system for product development. *Computers in Industry*, 51(3), 237-256.

Choi, S. H. and Chan, A. M. M. (2004). A virtual prototyping system for rapid product development. *Computer-aided design*, 36(5), 401-412.

Choi, S. H. and Cheung, H. H. (2008). A versatile virtual prototyping system for rapid product development. *Computers in Industry*, 59(5), 477-488.

Churchill Jr, G. A. (1979). A paradigm for developing better measures of marketing constructs. *Journal of marketing research*, 16(1), 64-73.

Coates, C. (2020). Virtual Reality is a big trend in museums, but what are the best examples of museums using VR. *MuseumNext.com*, 17.

Coffey, A. and Atkinson, P. (1996). *Making sense of qualitative data: Complementary research strategies*. Sage Publications, Inc.

Coley, F., Houseman, O., and Roy, R. (2007). An introduction to capturing and understanding the cognitive behaviour of design engineers. *Journal of Engineering Design*, 18(4), 311-325.

Craig, A. B., Sherman, W. R. and Will, J. D. (2009). *Developing virtual reality applications: Foundations of effective design*. Morgan Kaufmann.

Crick, F. and Koch, C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral cortex*, 8(2), 97-107.

Crilly, N., Moultrie, J. and Clarkson, P. J. (2004). Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. *Design studies*, 25(6), 547-577.

Cristobal, E., Flavian, C. and Guinaliu, M. (2007). Perceived e-service quality (PeSQ): Measurement validation and effects on consumer satisfaction and web site loyalty. *Managing Service Quality: An İnternational Journal*, 17(3), 317-340.

Cross, N. (1994). *Engineering design methods, strategies for product design*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Cross, N. (2000). *Engineering design methods: strategies for product design*. John Wiley & Sons Inc.

Cross, N. (2004). Expertise in design: an overview. *Design studies*, 25(5), 427-441.

Cross, N. (2008). *Engineering design methods*. Hoboken: Wiley.

Cummings, J. J. and Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272-309.

Czernuszenko, M., Pape, D., Sandin, D., DeFanti, T., Dawe, G. L. and Brown, M. D. (1997). The ImmersaDesk and Infinity Wall projection-based virtual reality displays. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 31(2), 46-49.

Dani, T. H. and Gadh, R. (1997). Creation of concept shape designs via a virtual reality interface. *Computer-Aided Design*, 29(8), 555-563.

Darken, R. P. and Sibert, J. L. (1993). *A toolset for navigation in virtual environments*. In Proceedings of the 6th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 157-165.

De Araùjo, B. R., Casiez, G. and Jorge, J. A. (2012). *Mockup builder: direct 3D modeling on and above the surface in a continuous interaction space*. In Proceedings of Graphics Interface *2012*, pp. 173-180.

De Araújo, B. R., Casiez, G., Jorge, J. A. and Hachet, M. (2013). Mockup Builder: 3D modeling on and above the surface. *Computers & Graphics*, 37(3), 165-178.

De Back, T. T., Tinga, A. M., Nguyen, P. and Louwerse, M. M. (2020). Benefits of immersive collaborative learning in CAVE-based virtual reality. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 1-18.

De Crescenzio, F., Bagassi, S., Asfaux, S. and Lawson, N. (2019). Human centred design and evaluation of cabin interiors for business jet aircraft in virtual reality. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(2), 761-772.

De Sa, A. G. and Zachmann, G. (1999). Virtual reality as a tool for verification of assembly and maintenance processes. *Computers & Graphics*, 23(3), 389-403.

DeFanti, T., Acevedo, D., Ainsworth, R., Brown, M., Cutchin, S., Dawe, G., ... and Wickham, G. (2011). The future of the CAVE. *Open Engineering*, (1), 16-37.

Dewey, J. (2005). *Art as experience*. Penguin.

Dinar, M., Summers, J. D., Shah, J. and Park, Y. S. (2016). Evaluation of empirical design studies and metrics. In *Experimental design research,* Springer, Cham, pp. 13-39.

DiZio, P. and Lackner, J. R. (1992). Spatial orientation, adaptation, and motion sickness in real and virtual environments. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 1(3).

Dorst, K. (1997) *Describing Design - A comparison of paradigms, in Industrial Design Engineering*. TU Delft.

Dorst, K. and Dijkhuis, J. (1995) Comparing Paradigms for Describing Design Activity. *Design Studies*, 16,(2), 261-274.

Dorst, K., and Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem–solution. *Design Studies*, 22(5), 425-437.

Dorta, T. (2007). Implementing and assessing the hybrid ideation space: a cognitive artefact for conceptual design. *Moon*, 61, 77.

Downe-Wamboldt, B. (1992). Content analysis: method, applications, and issues. *Health care for women international*, 13(3), 313-321.

Dreyfus, H. L. (1967). Why computers must have bodies in order to be intelligent. *The Review of Metaphysics*, 13-32.

Dunston, P., Wang, X., Billinghurst, M. and Hampson, B. (2003). *Mixed reality benefits for design perception*. Nist Special Publication, 191-196.

Durlach, N. I. and Mavor, A. S. (Eds.) (1995). *Virtual Reality. Scientific and Technical Challenges*. National Academy Press, Washington, D.C.

Ekströmer, P., Wever, R., Andersson, P. and Jönsson, J. (2019). *Shedding light on game engines and virtual reality for design ideation*. In Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design 1(1), 2003-2010. Cambridge University Press.

Elbert, R., Knigge, J. K., Makhlouf, R. and Sarnow, T. (2019). Experimental study on user rating of virtual reality applications in manual order picking. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 719-724.

Erdinç, O., and Lewis, J. R. (2013). Psychometric evaluation of the T-CSUQ: The Turkish version of the computer system usability questionnaire. *International Journal of Human-Computer Interaction,* 29(5), 319-326.

Ericsson, K. A. and Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological review*, 87(3), 215.

Ericsson, K. and Simon, H. (1987). "Verbal reports on thinking". In C. Faerch; G. Kasper (eds.). *Introspection in Second Language Research*. Clevedon, Avon: Multilingual Matters, 24–54.

Ericsson, K. and Simon, H. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* (2nd ed.). Boston: MIT Press. ISBN 0-262-05029-3.

Eroglu, S., Gebhardt, S., Schmitz, P., Rausch, D. and Kuhlen, T. W. (2018, March). *Fluid Sketching—Immersive Sketching Based on Fluid Flow*. In 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). IEEE, pp. 475-482.

Evans, G., Hoover, M. and Winer, E. (2020). Development of a 3D Conceptual Design Environment Using a Head Mounted Display Virtual Reality System. *Journal of Software Engineering and Applications*, 13(10), 258.

Evans, P. T., Vance, J. M. and Dark, V. J. (1999). *Assessing the effectiveness of traditional and virtual reality interfaces in spherical mechanism design*.

Falcão, C. S. and Soares, M. M. (2013). Application of virtual reality technologies in consumer product usability. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability*, 342-351. Springer, Berlin, Heidelberg.

Feeman, S. M., Wright, L. B. and Salmon, J. L. (2018). Exploration and evaluation of CAD modeling in virtual reality. Computer-Aided Design and Applications, 15(6), 892-904.

Felip, F., Galán, J., García-García, C. and Mulet, E. (2020). Influence of presentation means on industrial product evaluations with potential users: a first study by comparing tangible virtual reality and presenting a product in a real setting. *Virtual Reality*, 24(3), 439-451.

Finke, R. A., Ward, T. B. and Smith, S. M. (1992*). Creative cognition: Theory, research, and applications*.

Fiorentino, M., De Amicis, R., Stork, A. and Monno, G. (2002). *Surface design in virtual reality as industrial application*. In DS 30: Proceedings of DESIGN 2002, the 7th International Design Conference. Dubrovnik, pp. 477-482.

Fleury, S., Blanchard, P. and Richir, S. (2021). A study of the effects of a natural virtual environment on creativity during a product design activity. *Thinking Skills and Creativity*, 40, 100828.

Fleury, S., Poussard, B., Blanchard, P., Dupont, L., Broekema, P. M. and Richir, S. (2022). Innovative Process for Furniture Design: Contributions of 3D Scan and Virtual Reality. *Computer-Aided Design and Applications*, 19(5), 868-878.

Fontaine, G. (1992). The experience of a sense of presence in intercultural and international encounters. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(4), 482-490.

Freeman, I. J., Salmon, J. L., and Coburn, J. Q. (2016, November). *CAD integration in virtual reality design reviews for improved engineering model interaction*. In ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Vol. 50657. p. V011T15A006. American Society of Mechanical Engineers.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. and Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.

Gabbard, J. L. (1997). *A taxonomy of usability characteristics in virtual environments.* Doctoral dissertation, Virginia Tech.

Gabora, L. (2010). Revenge of the "neurds": Characterizing creative thought in terms of the structure and dynamics of memory. *Creativity Research Journal*, 22(1), 1-13.

Geszten, D., Hámornik, B. P., Komlodi, A., Hercegfi, K., Szabó, B. and Young, A. (2015). *Qualitative analysis of user experience in a 3D virtual environment*. In Proceedings of the 78th ASIS&T Annual Meeting: Information Science with Impact: Research in and for the Community. American Society for Information Science, p. 124.

Goel, V. (2014). Creative brains: Designing in the real world. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(Article 241), 1–14.

Goldschmidt, G. (2016). Linkographic evidence for concurrent divergent and convergent thinking in creative design. *Creativity research journal*, 28(2), 115-122.

Górski, F., Buń, P., Wichniarek, R., Zawadzki, P. and Hamrol, A. (2016). Design and implementation of a complex virtual reality system for product design with active participation of end user. In *Advances in Human Factors, Software, and Systems Engineering.* Springer, Cham, (pp. 31-4.

Grajewski, D., Diakun, J., Wichniarek, R., Dostatni, E., Buń, P., Górski, F. and Karwasz, A. (2015). Improving the skills and knowledge of future designers in the field of ecodesign using virtual reality technologies. *Procedia Computer Science*, 75, 348-358.

Guerra-Tamez, C. R. (2023). The Impact of Immersion through Virtual Reality in the Learning Experiences of Art and Design Students: The Mediating Effect of the Flow Experience. *Education Sciences*, 13(2), 185.

Guilford, J. P. (1950). *Fundamental statistics in psychology and education*.

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.

Guo, Z., Zhou, D., Chen, J., Geng, J., Lv, C. and Zeng, S. (2018). Using virtual reality to support the product's maintainability design: Immersive maintainability verification and evaluation system. *Computers in Industry*, 101, 41-50.

Guo, Z., Zhou, D., Zhou, Q., Mei, S., Zeng, S., Yu, D. and Chen, J. (2020). A hybrid method for evaluation of maintainability towards a design process using virtual reality. *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106227.

Gutierrez, M., Vexo, F. and Thalmann, D. (2008). *Stepping into virtual reality*. Springer Science & Business Media.

Hale, K. S. and Stanney, K. M. (2014). *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications.* CRC Press.

Hannaford, B. and Venema, S. (1995). Kinesthetic Displays for Remote and Virtual. *Virtual environments and advanced interface design*, 415.

Heim, S. (2007). *The resonant interface: HCI foundations for interaction design*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Held, R. M., & Durlach, N. I. (1992). Telepresence. Presence: Teleoperatorsand Virtual Environments, 1 (1), 109-112. Hendrix, C, & Barfield, W.(1996). Presence within virtual environments as a function ofvisual display parameters. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(2), 5-39..

Ho, C. H., Eastman, C., and Catrambone, R. (2006). An investigation of 2D and 3D spatial and mathematical abilities. *Design Studies*, 27(4), 505-524.

Hong, Y. C. and Choi, I. (2011). Three dimensions of reflective thinking in solving design problems: A conceptual model. *Educational Technology Research and Development*, 59(5), 687-710.

Horvat, N., Martinec, T., Lukačević, F., Perišić, M. M. and Škec, S. (2022). The potential of immersive virtual reality for representations in design education. Virtual Reality, 26(3), 1227-1244.

Houzangbe, S., Masson, D. H., Fleury, S., Jáuregui, D. A. G., Legardeur, J., Richir, S. and Couture, N. (2022). Is virtual reality the solution? A comparison between 3D and 2D creative sketching tools in the early design process. *Frontiers in Virtual Reality,* 3. 62–80.

Hsieh, H. F. and Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.

Hsu, W and Liu, B. (2000). Conceptual design: Issues and challenges. *Computer-Aided Design*, vol. 32(14), 849-850.

Hua, H. (2017). Enabling focus cues in head-mounted displays. *Proceedings of the IEEE,* 105(5), 805-824.

Huang, H. and Lee, C. F. (2019). Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment. *Interactive Learning Environments*, 1-14.

Huang, H., Lin, C. and Cai, D. (2021). Enhancing the learning effect of virtual reality 3D modeling: a new model of learner's design collaboration and a comparison of its field system usability. *Universal Access in the Information Society*, 20(3), 429-440.

Hwang, J., Jung, J., Yim, S., Cheon, J., Lee, S., Choi, S. and Kim, G. J. (2006). Requirements, implementation and applications of hand-held virtual reality. *International Journal of Virtual Reality*, 5(2), 59-66.

Impelluso, T. and Metoyer-Guidry, T. (2001). Virtual reality and learning by design: Tools for integrating mechanical engineering concepts. *Journal of Engineering Education*, 90(4), 527-534.

Ingram, J. (1984). Designing the spatial experience. *Design Studies*, 5(1), 257-269.

Innes, D. (2018). *Virtually Handcrafted: An Investigation of Immersive Architectural Design Processes*.

Israel, J. H., Mauderli, L. and Greslin, L. (2013). *Mastering digital materiality in immersive modelling*. In Proceedings of the International Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling, pp. 15-22.

Israel, J. H., Wiese, E., Mateescu, M., Zöllner, C. and Stark, R. (2009). Investigating three-dimensional sketching for early conceptual design—Results from expert discussions and user studies. *Computers & Graphics*, 33(4), 462-473.

İnternet: Aitoro, J. (2016). *30 Years: Virtual Reality — Training Transformation*. DefenseNews. URL: https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/who-coined-the-term.html, Son Erişim Tarihi: 18.01.2023.

İnternet: Amazon. (t.y.). HTC Vive Focus. URL: https://www.amazon.com/HTC-Vive-Focus-Almond-White/dp/B01N0GIOQA, Son Erişim Tarihi: 10.01.2023.

İnternet: Amazon. (t.y.). Oculus Quest. URL: https://www.amazon.co.uk/Oculus-Quest-All-Gaming-Headset/dp/B07P6RJ39C, Son Erişim Tarihi: 10.01.2023.

İnternet: Barnard, D. (2017). How Virtual Reality can Improve Online Learning. URL: https://virtualspeech.com/blog/how-virtual-reality-can-improve-online-learning, Son Erişim Tarihi: 01.04.2022.

İnternet: Brockwell, H. (2016). *Forgotten genius: the man who made a working VR machine in 1957*. Techradar. URL: https://www.techradar.com/news/wearables/forgotten-genius-the-man-who-made-a-working-vr-machine-in-1957-1318253/2 Son Erişim Tarihi: 08.11.2022

İnternet: Chebanova, A. (2020). "Making Use of Virtual Reality in Healthcare. URL: https://steelkiwi.com/blog/making-use-of-virtual-reality-in-healthcare/, Son Erişim Tarihi: 10.04.2022.

İnternet: Dormehl, L. (2021). *8 virtual reality milestones that took it from sci-fi to your living room.* Digitaltrends. URL: https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-virtual-reality/ Son Erişim Tarihi: 20.04.2023.

İnternet: English T. (2016). Tilt Brush uygulamasının moda tasarımında kullanımı. URL: https://interestingengineering.com/googles-tilt-brush-allows-paint-3-dimensions, Son Erişim Tarihi: 25.02.2023.

İnternet: Farmer, B. (2016). More than 1 in 20 troop deaths happen in training. URL: https://www.telegraph.co.uk/news/uknews/defence/12095670/More-than-1-in-20-troop-deaths-happen-in-training.html, Son Erişim Tarihi: 01.04.2022.

İnternet: Fedorov N. (2015). URL: https://www.avadirect.com/blog/the-history-of-virtual-reality/, Son Erişim Tarihi: 15.03.2022.

İnternet: Fortune Business Insights. URL: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378 10.03.2023.

İnternet: Gerçeklik. (t..y.). *Oxford Learners Diictionaries*. URL: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/reality?q=reality, Son Erişim Tarihi: 15.03.2022

İnternet: Gravity Sketch. (t.y.). Alex Hodge tarafından Gravity Sketch kullanarak tasarlanmış motosiklet tasarımı. URL: https://www.gravitysketch.com/workflows/, Son Erişim Tarihi: 15.03.2023.

İnternet: GS eğitim videoları. (t.y.). URL: https://www.gravitysketch.com/learn/, Son Erişim Tarihi: 10.03.2021.

İnternet: Irvine, K. 2017. *XR: VR, AR, MR – What's the Difference.* Viget. https://www.viget.com/articles/xr-vr-ar-mr-whats-the-difference/ Son Erişim Tarihi: 20.05.2023.

İnternet: Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., Plimmer, B. (2017). A Systematic Review of Virtual Reality in Education. Department of Computer Science, University of Auckland, New Zealand. 104, 106, 109. URL: https://eric.ed.gov/?id=EJ1165633, Son Erişim Tarihi: 01.03.2022.

İnternet: Kent State University. (t.y.). *Paired Samples t Test.* URL: https://libguides.library.kent.edu/spss/pairedsamplesttest, Son Erişim Tarihi: 01.03.2022.

İnternet: Learnbrite. 2020. URL: https://learnbrite.com/virtual-reality-campus/, Son Erişim Tarihi: 01.01.2021.

İnternet: Naone, E. (2008). *Déjà View*. MIT Technology Review. URL: https://www.technologyreview.com/2008/12/22/268046/d-j-view/ Son Erişim Tarihi: 10.03.2023.

İnternet: Nimoy L. (2018). Oculus Medium ile oluşturulmuş Spock modeli. URL: https://www.youtube.com/watch?v=WFGxEeB0k5Q, Son Erişim Tarihi: 10.03.2023.

İnternet: Oculus Quest. (t.y.). Oculus Quest First Steps uygulaması. URL: https://www.oculus.com/experiences/quest/1863547050392688/?locale=tr_TR, Son Erişim Tarihi: 20.04.2023.

İnternet: OSSO VR. (t.y.). OSSO VR SG Uygulaması. URL: https://www.ossovr.com/how-it-works, Son Erişim Tarihi: 10.03.2023.

İnternet: Plunkett, L. (2014). Facebook buys Oculus Rift for $2 billion. URL: https://kotaku.com/facebook-buys-oculus-rift-for-2-billion-1551487939, Son Erişim Tarihi: 10.03.2021.

İnternet: Rubin R. (2019). *Want to Know the Real Future of AR/VR? Ask Their Devs*. Wired. URL: https://www.wired.com/story/future-ar-vr-survey/ Son Erişim Tarihi: 01.03.2023.

İnternet: Sanal Gerçeklik. (t.y.) Collins Dictionary. URL: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/virtual-reality, Son Erişim Tarihi: 10.04.2023.

İnternet: Sanal. (t.y.). Cambridge Online Dictionary. URL: https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce-t%C3%BCrk%C3%A7e/virtual, Son Erişim Tarihi: 10.04.2023.

İnternet: Stickland, J. (t.y.). *How Virtual Reality Works*. How stuff Works. URL: https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm#pt8, Son Erişim Tarihi: 01.03.2023.

İnternet: ThinkMobiles. (2020). Virtual Reality in Entertainment. URL: https://thinkmobiles.com/blog/virtual-reality-military/, Son Erişim Tarihi: 01.03.2023.

İnternet: Velichko, M. (2020). VR Military Training – the Next Step of Combat Evolution URL: https://jasoren.com/vr-military-training-the-next-step-of-combat-evolution/ Son Erişim Tarihi:6 Nisan 2020.

İnternet: Virtual Reality Society. (t.y.). *Who Coined the Term "Virtual Reality"?*. URL: https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/who-coined-the-term.html, Son Erişim Tarihi: 01.03.2023.

İnternet: Visbox. (t.y.). VisCube™ M4 CAVE sistemi. URL: http://www.visbox.com/products/cave/viscube-m4/, Son Erişim Tarihi: 10.02.2023.

İnternet: *VR, AR, MR, XR – What are all these?*. (t.y.). URL: https://www.valmet.com/media/articles/all-articles/vr-ar-mr-xr-what-are-all-these/, Son Erişim Tarihi: 10.03.2023.

Jayaram, S., Connacher, H. I. and Lyons, K. W. (1997). Virtual assembly using virtual reality techniques. *Computer-aided design*, 29(8), 575-584.

Jayaram, S., Jayaram, U., Wang, Y., Tirumali, H., Lyons, K. and Hart, P. (1999). VADE: a virtual assembly design environment. *IEEE computer graphics and applications*, 19(6), 44-50.

Jayasekera, R. D. M. D. and Xu, X. (2019). Assembly validation in virtual reality—a demonstrative case. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(9), 3579-3592.

Jiang, H. and Yen, C. (2009). Protocol analysis in design research: a review. *Journal Paper*, 78(24), 16.

Jimeno, A. and Puerta, A. (2007). State of the art of the virtual reality applied to design and manufacturing processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *33*(9-10), 866-874.

Jonassen, D. H. (2008). "Instructional Design as Design Problem Solving: An Iterative Process." Educational Technology 48(3), 21–26

Joshi, P. and Sinha, S. (2017). *The Effect of Idea Representation Techniques on Design Decisions During Idea Exploration Phase: An Exploratory Study of New Product Design*. In International Conference on Research into Design. Springer, Singapore, pp. 567-576.

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.

Kalawsky, R. S. (1993). A comprehensive virtual environment laboratory facility. In *Virtual Reality Systems.* Academic Press, pp. 77-89.

Kalawsky, R. S. (1999). VRUSE—a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. *Applied ergonomics*, 30(1), 11-25.

Kameyama, K. I. (1997). *Virtual clay modeling system*. In Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, pp. 197-200.

Kang, J., Zhong, K., Qin, S., Wang, H., and Wright, D. (2013). Instant 3D design concept generation and visualization by real-time hand gesture recognition. *Computers in Industry*, *64*(7), 785-797.James E.. Melzer and Moffitt, K. W. (1997). *Head-mounted Displays: Designing for the User*. McGraw-Hill.

Karagöz, Y. (2010). Nonparametrik tekniklerin güç ve etkinlikleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(33), 18-40.

Kavakli, M. and J. S Gero. (2001). Sketching as mental imagery processing. *Design Studies,* 22(4), 347–364.

Keefe, D., Zeleznik, R. and Laidlaw, D. (2007). Drawing on air: Input techniques for controlled 3D line illustration. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 13(5), 1067-1081.

Kendall, M. G. and Smith, B. B. (1939). The problem of m rankings. *The annals of mathematical statistics*, 10(3), 275-287.

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. and Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.

Kılıç, S. (2016). Cronbach'ın alfa güvenirlik katsayısı. *Journal of Mood Disorders*, 6(1), 47-48.

Knauer, R. (2008). *Transformation: basic principles and methodology of design.* Birkhäuser.

Ko, C. H., Chang, T. C., Chen, Y. H. and Hua, L. H. (2011, September). *The application of augmented reality to design education*. In International Conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 20-24.

Kondracki, N. L., Wellman, N. S. and Amundson, D. R. (2002). Content analysis: Review of methods and their applications in nutrition education. *Journal of nutrition education and behavior,* 34(4), 224-230.

Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J., Louchart, S., Liu, Y. and Sung, R. (2013). Engineering design using game-enhanced CAD: The potential to augment the user experience with game elements. *Computer-Aided Design*, 45(3), 777-795.

Kotler, P. and Rath, G. (1984). Design: A powerful but neglected strategic tool. *Journal of business strategy*, 5(2), 16-21.

Kovar, J., Mouralova, K., Ksica, F., Kroupa, J., Andrs, O. and Hadas, Z. (2016, December). *Virtual reality in context of Industry 4.0 proposed projects at Brno University of Technology*. In 2016 17th International Conference on Mechatronics-Mechatronika (ME). IEEE, pp. 1-7.

Kraal, J. C. and Vance, J. M. (2001). VEMECS: A virtual reality interface for spherical mechanism design. *Journal of Engineering Design*, 12(3), 245-254.

Krause, F. L., Göbel, M., Wesche, G. and Biahmou, T. (2004*). A three-stage conceptual design process using virtual environments*. In The 12-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision. Pp. 81-84.

Krawczyk, R. J. (1998). Hilbert's Building Blocks. *Mathematics & Design*, 98, 281-288.

Kuusela, H. and Pallab, P. (2000). A comparison of concurrent and retrospective verbal protocol analysis. *The American journal of psychology*, 113(3), 387.

Lanzotti, A., Di Gironimo, G., Matrone, G., Patalano, S. and Renno, F. (2009). Virtual concepts and experiments to improve quality of train interiors. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 3(2), 65-79.

Lau, K. W. (2012). A study of students' learning experiences in creativity training in design education: An empirical research in virtual reality. *Journal of Design Research*, 10(3), 170-188.

Lee, J., Ahn, J., Kim, J., Kho, J. M. and Paik, H. Y. (2018). Cognitive evaluation for conceptual design: cognitive role of a 3D sculpture tool in the design thinking process. *Digital Creativity*, 29(4), 299-314.

Lehner, V. D. and DeFanti, T. A. (1997). Distributed virtual reality: Supporting remote collaboration in vehicle design. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 17(2), 13-17.

Liarokapis, F. and Anderson, E. F. (2010). Using augmented reality as a medium to assist teaching in higher education. In *Eurographics*, 9-16.

Lindkvist, K. (1981). Approaches to textual analysis. *Advances in content analysis*, 9, 23-42.

Linsey, J. S., Clauss, E. F., Kurtoglu, T., Murphy, J. T., Wood, K. L. and Markman, A. B. (2011). An experimental study of group idea generation techniques: Understanding the roles of idea representation and viewing methods. *Journal of Mechanical Design*, 133, 031008.

Liu, Y., Castronovo, F., Messner, J. and Leicht, R. (2020). Evaluating the impact of virtual reality on design review meetings. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 34(1), 04019045.

Lucia, A.D., Francese, R., Passero, I. and Tortora, G. (2009). Development and evaluation of a virtual campus on second life: The case of SecondDMI. *Computers & Education*, 52(1), 220-233.

Lukačević, F., Škec, S., Törlind, P. and Štorga, M. (2021). Identifying subassemblies and understanding their functions during a design review in immersive and non-immersive virtual environments. *Frontiers of Engineering Management*, 8(3), 412-428.

Mahdjoub, M., Gomes, S., Sagot, J. C. and Bluntzer, J. B. (2007). *Virtual Reality for a human-centered design methodology.* In 6th Eurosim (federation of European simulation societies) congress on modeling and simulation, pp. 9-13.

Mäkelä, W., Reunanen, M. and Takala, T. (2004). *Possibilities and limitations of immersive free-hand expression: a case study with professional artists*. In Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia, pp. 504-507.

Makris, S., Rentzos, L., Pintzos, G., Mavrikios, D. and Chryssolouris, G. (2012). Semantic-based taxonomy for immersive product design using VR techniques. *CIRP annals*, 61(1), 147-150.

Manghisi, V. M., Evangelista, A. and Uva, A. E. (2022). A Virtual Reality Approach for Assisting Sustainable Human-Centered Ergonomic Design: The ErgoVR tool. *Procedia Computer Science*, 200, 1338-1346.

Marks, S., Estevez, J. E. and Connor, A. M. (2014). *Towards the Holodeck: fully immersive virtual reality visualisation of scientific and engineering data*. In Proceedings of the 29th International Conference on Image and Vision Computing. New Zealand, pp. 42-47.

Martin-Gutiérrez, J., Mora, C., Añorbe-Díaz, B., González-Marrero, A. (2017). Virtual Technologies Trends in Education. *EURASIA J Math Sci Tech Ed*, 13(2) 469-486.

Mayring, P. (2004). Qualitative content analysis. In *A companion to qualitative research*, 159-176.

Mazuryk, T. and Gervautz, M. (1996). History, Applications, Technology and Future. *Virtual Reality*, 72.

McGreevy, M. W. (1992). The presence of field geologists in Mars-like terrain. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(4), 375-403.

McTavish, D. G. and Pirro, E. B. (1990). Contextual content analysis. *Quality and quantity*, 24(3), 245-265.

Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological review*, 69(3), 220.

Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.

Moreau, G., Fuchs, P. and Stergiopoulos, P. (2004). Applications of Virtual Reality in the manufacturing industry: from design review to ergonomic studies. *Mécanique & Industries*, 5(2), 171-179.

Morgan, D. L. (1993). Qualitative content analysis: a guide to paths not taken. *Qualitative health research*, 3(1), 112-121.

Morse, J. M. and Field, P. A. (1995). *Qualitative research methods for health professionals*. Sage Publications.

Morton, D. (2014). *Augmented Reality in architectural studio learning: How Augmented Reality can be used as an exploratory tool in the design learning journey*. In: Fusion - Proceedings of the 32nd eCAADe Conference. Northumbria University, pp. 343-356

Muhanna, M. A. (2015). Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 27(3), 344-361.

Naef, M. and Payne, J. (2007). Autoeval mkII-interaction design for a VR design review system. In *2007 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. IEEE.

Nelson, B. A., Wilson, J. O., Rosen, D. and Yen, J. (2009). Refined metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, 30, 737–743.

Nisbett, R. E. and Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological review*, 84(3), 231.

Noon, C., Zhang, R., Winer, E., Oliver, J., Gilmore, B. and Duncan, J. (2012). A system for rapid creation and assessment of conceptual large vehicle designs using immersive virtual reality. *Computers in Industry*, 63(5), 500-512.

Norman, D. A. (2004). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. New York: Basic Books.

Nyyssönen, T., Helle, S., Lehtonen, T. and Smed, J. (2022). A Comparison of Gesture and Controller-based User Interfaces for 3D Design Reviews in Virtual Reality. In *HICSS*, pp. 1-10.

Obeid, S. and Demirkan, H. (2020). The influence of virtual reality on design process creativity in basic design studios. *Interactive Learning Environments*, 1-19.

Osborn, A. (1953). *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving.* New York: Charles Scribner's Sons.

Özdinç, F. (2010). *Üç-boyutlu çok-kullanıcılı sanal ortamların oryantasyon amaçlı kullanılması.* Yayımlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Özuzun, Y. (2019). *Hacimsel Bulut ve Yordamsal Arazi Gerçekleştirimi ile Gerçekçi 3B Sanal Ortam Üretimi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K. H., Pahl, G., Beitz, W., ... and Grote, K. H. (2007). Product planning, solution finding and evaluation. *Engineering design: A systematic approach*, 63-124.

Panzoli, D., Royeres, P. and Fedou, M. (2019). *Hand-based interactions in Virtual Reality: No better feeling than the real thing!*. In 2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games). IEEE, pp. 1-2.

Pappas, M., Karabatsou, V., Mavrikios, D. and Chryssolouris, G. (2006). Development of a web-based collaboration platform for manufacturing product and process design evaluation using virtual reality techniques. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 19(8), 805-814.

Park, H., Son, J. S. and Lee, K. H. (2008). Design evaluation of digital consumer products using virtual reality-based functional behaviour simulation. *Journal of Engineering Design*, 19(4), 359-375.

Patton, M. Q. (1990*). Qualitative evaluation and research methods*. SAGE Publications, inc.

Patton, M. Q. (2002). Qualitative research and evaluation methods. Thousand Oaks. Cal.: Sage Publications, 4.

Pausch, R. (1993). Three views of virtual reality: An overview. *Computer*, 26(2), 79-80.

Perttula, M. and Sipilä, P. (2007). The idea exposure paradigm in design idea generation. *Journal of Engineering Design*, 18(1), 93-102.

Petiot, J. F. and Furet, B. (2010). Product, process and industrial system: innovative research tracks. *IntJInteractDesManuf*, 4(2010) 211–213.

Petrov, H. T. (2018). Use of Virtual Reality in designing urban furniture. *Annual Journal Of Technical University Of Varna, Bulgaria*, 2(1), 61 - 70.

Piegl, L. A. (2005). Ten challenges in computer-aided design. *Computer-aided design*, 37(4), 461-470.

Piumsomboon, T., Lee, G., Lindeman, R. W. and Billinghurst, M. (2017*). Exploring natural eye-gaze-based interaction for immersive virtual reality*. In 2017 IEEE symposium on 3D user interfaces (3DUI). IEEE, pp. 36-39.

Poupyrev, I. (2000). 3d manipulation techniques. 3D User Interface Design, Lecture Slides. SIGGRAPH, 2000.

Purschke, F., Schulze, M. and Zimmermann, P. (1998). Virtual reality-new methods for improving and accelerating the development process in vehicle styling and design. In *Proceedings. Computer Graphics International (Cat. No. 98EX149)*. IEEE, pp. 789-797.

Qian, Y. Y. and Teather, R. J. (2017, October). The eyes don't have it: an empirical comparison of head-based and eye-based selection in virtual reality. In *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction*, pp. 91-98.

Ramachandran, R., Caldwell, B. W. and Mocko, G. M. (2011). *A user study to evaluate the function model and function interaction model for concept generation*. In 23rd international conference on design theory and methodology; 16th design for manufacturing and the life cycle conference. Washington, DC: ASME, pp. 273–284.

Rampino, L. and Gorno, R. (2011). *Teaching design & engineering students how to handle the form giving issue*. In DS 69: Proceedings of E&PDE 2011, the 13th International Conference on Engineering and Product Design Education, London, UK, pp. 454-459.

Raposo, A., Santos, I., Soares, L., Wagner, G., Corseuil, E. and Gattass, M. (2009). Environ: integrating VR and CAD in engineering projects. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(6), 91-95.

Rapp, D. N. (2005). Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education. In *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 43–60.

Reason, J. T. and Brand, J. J. (1975). *Motion sickness*. Academic press.

Rebelo, F., Duarte, E., Noriega, P. and Soares, M. M. (2011). Virtual reality in consumer product design: methods and applications. In *Human factors and ergonomics in consumer product design.* CRC Press, pp. 381-402.

Rentzos, L., Vourtsis, C., Mavrikios, D. and Chryssolouris, G. (2014). *Using VR for complex product design*. In International conference on virtual, augmented and mixed reality. Springer, Cham, pp. 455-464.

Riegler, A., Riener, A. and Holzmann, C. (2019). *AutoWSD: Virtual Reality Automated Driving Simulator for Rapid HCI Prototyping.* In Proceedings of Mensch und Computer 2019, pp. 853-857.

Rieuf, V., Bouchard, C. and Aoussat, A. (2015). Immersive moodboards, a comparative study of industrial design inspiration material. *Journal of Design Research*, 13(1), 78-106.

Rieuf, V., Bouchard, C., Meyrueis, V. and Omhover, J. F. (2017). Emotional activity in early immersive design: Sketches and moodboards in virtual reality. *Design Studies*, 48, 43-75.

Riva, G. and Waterworth, J. A. (2014). *Being present in a virtual world*. The Oxford handbook of virtuality, 205-221.

Roberts, S., Page, R. and Richardson, M. (2020). *Designing in virtual environments: The integration of virtual reality tools into industrial design research and education.* In Boess, S., Cheung, M. and Cain, R. (eds.), Synergy - DRS International Conference 2020, 11-14 August, held online.

Robertson, S., Jones, B., O'Quinn, T., Presti, P., Wilson, J. and Gandy, M. (2009). *Multiuser collaborative exploration of immersive photorealistic virtual environments in public spaces.* In Virtual and Mixed Reality: Third International Conference, VMR 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009. Proceedings 3. Springer Berlin Heidelberg, pp. 235-243.

Rogers, J., Schnabel, M. A. and Lo, T. T. (2018). *Digital Culture-An Interconnective Design Methodology Ecosystem.* In Learning, Adapting and Prototyping (Proceedings of the 23rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)), pp. 493-502.

Rojas, J. C., Contero, M., Bartomeu, N. and Guixeres, J. (2015). Using combined bipolar semantic scales and eye-tracking metrics to compare consumer perception of real and virtual bottles. *Packaging technology and science*, 28(12), 1047-1056.

Runco, M. (2010). Divergent Thinking, Creativity, and Ideation. In J. Kaufman and R. Sternberg (Eds.), *The Cambridge Handbook of Creativity (Cambridge Handbooks in Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 413-446.

Rushton, S., Mon-Williams, M. and Wann, J. P. (1994). Binocular vision in a bi-ocular world: new-generation head-mounted displays avoid causing visual deficit. *Displays,* 15(4), 255-260.

Ryken, M. J. and Vance, J. M. (2000). Applying virtual reality techniques to the interactive stress analysis of a tractor lift arm. *Finite elements in analysis and design*, *35*(2), 141-155.

Salzman, M. C., Dede, C., Loftin, R. B., and Chen, J. (1999). A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *8*(3), 293-316.

Sanderson, P. M. and Fisher, C. (1994). Exploratory sequential data analysis: Foundations. *Human–Computer Interaction*, 9(3-4), 251-317.

Sauro, J., & Lewis, J. R. (2012). Standardized usability questionnaires. *Quantifying the user experience*, 8.

Schilling, A., Kim, S., Weissmann, D., Tang, Z. and Choi, S. (2006). CAD-VR geometry and meta data synchronization for design review applications. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, *7*(9), 1482-1491.

Schmidt, L. C., Vargas, N. V, Kremer, G. and Linsey, J. (2010). *Pilot of systematic ideation study with lessons learned.* In International design engineering technical conferences and computers and information in engineering conference. Montreal: ASME, pp. DETC2010–28785.

Schnabel, M. A. and Kvan, T. (2003). Spatial understanding in immersive virtual environments. *International Journal of Architectural Computing*, 1(4), 435-448.

Schön, D. 1987. *Educating the Reflective Practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Sener, B. (2007). Rethinking digital industrial design: a mandate for virtual workshops and intelligent environments. *Digital Creativity*, 18(4), 193-206.

Shah, J. J., Kulkarni, S. V. and Vargas-Hernandez, N. (2000). Evaluation of idea generation methods for conceptual design: effectiveness metrics and design of experiments. *J. Mech. Des.,* 122(4), 377-384.

Shah, J. J., Smith, S. M. and Vargas-Herna´ndez, N. (2003). Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, 24, 111–134.

Shen, Y., Ong, S. K., and Nee, A. Y. C. (2010) Augmented reality for collaborative product design and development. *Design Studies,* 31(2), 118-145.

Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. Presence Teleoperators *Virtual Environ*., 1(1), 120-125.

Sherman, W. R. and Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality*. San Francisco, CA: Morgan Kauffman.

Sherman, W. R. and Craig, A. B. (2019). Chapter 1-introduction to virtual reality. In *Understanding Virtual Reality*, 4-58.

Shih, S. L., Ou, S. J., Huang, Y. C. and Mu, Y. C. (2019). *The difficulties and countermeasures of applying virtual reality to industrial design education.* In Proceedings of the 3rd International Conference on Education and Multimedia Technology, pp. 269-272.

Slater, M. and Usoh, M. (1994). Body centred interaction in immersive virtual environments. *Artificial life and virtual reality*, 1(1994), 125-148.

Slater, M. and Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments,* 6(6), 603-616.

Sloman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin,* 119, 3–22.

Song, H., Chen, F., Peng, Q., Zhang, J. and Gu, P. (2018). Improvement of user experience using virtual reality in open-architecture product design. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 232(13), 2264-2275.

Söderman, M. (2005). Virtual reality in product evaluations with potential customers: An exploratory study comparing virtual reality with conventional product representations. *Journal of engineering design*, 16(3), 311-328.

Stadler, S., Cornet, H., Mazeas, D., Chardonnet, J. R. and Frenkler, F. (2020, May). *IMPRO: Immersive prototyping in virtual environments for industrial designers.* In Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference Vol. 1. Cambridge University Press, pp. 1375-1384.

Stanney, K. and Salvendy, G. (1998). Aftereffects and sense of presence in virtual environments: Formulation of a research and development agenda. *International Journal of Human-Computer Interaction,* 10(2), 135-187.

Stanney, K. M., Kennedy, R. S., & Drexler, J. M. (1997, October). Cybersickness is not simulator sickness. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society annual meeting (Vol. 41, No. 2, pp. 1138-1142). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

Stanney, K. M., Mollaghasemi, M., Reeves, L., Breaux, R. and Graeber, D. A. (2003). Usability engineering of virtual environments (VEs): identifying multiple criteria that drive effective VE system design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(4), 447-481.

Stanney, K. M., Mourant, R. R. and Kennedy, R. S. (1998). Human factors issues in virtual environments: A review of the literature. *Presence*, 7(4), 327-351.

Stark, R., Krause, F. L., Kind, C., Rothenburg, U., Müller, P., Hayka, H. and Stöckert, H. (2010). Competing in engineering design—The role of Virtual Product Creation. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 3(3), 175-184.

Steuer, E. (1992). Assessment center simulation: A university training program for business graduates. *Simulation & Gaming*, 23(3), 354-369.

Sung, R. C., Ritchie, J. M., Robinson, G., Day, P. N., Corney, J. R. and Lim, T. (2009). Automated design process modelling and analysis using immersive virtual reality. *Computer-Aided Design*, 41(12), 1082-1094.

Sutcliffe, A. (2019). *Multimedia and Virtual Reality: Designing Multisensory User Interfaces*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Mahwah, New Jersey London.

Suwa, M., and B. Tversky. (1997). What do Architects and Students Perceive in Their Design Sketches? A Protocol Analysis. *Design Studies,* 18 (4): 385–403.

Suwa, M., T. Purcell, and J. Gero. (1998). Macroscopic Analysis of Design Processes Based on a Scheme for Coding Designers' Cognitive Actions. *Design Studies*, 19, 455–483.

Tesch, R. (2013). Qualitative research: Analysis types and software. Routledge.

Tideman, M., van der Voort, M. C., and van Houten, F. J. (2008). A new product design method based on virtual reality, gaming and scenarios. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2(4), 195-205.

Toma, M. I., Gîrbacia, F., and Antonya, C. (2012). A comparative evaluation of human interaction for design and assembly of 3D CAD models in desktop and immersive environments. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 6(3), 179-193.

Torrance, E. P. (1988). The nature of creativity as manifest in its testing. In *The nature of creativity.* Cambridge University Press, 43-75.

Tuomaala, J. (2020). *Virtual reality and exergaming: Application in a campus environment.* LAB University of Applied Sciences Ltd.

Ullman, D. G. (2002). Toward the ideal mechanical engineering design support system. *Research in Engineering Design,* 13, 55-64.

Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D. (2003). *Product design and development* (Vol. 5th). New York, USA: MvGraw-Hill.

Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D. (2004). Product architecture. *Product design and development*, 3, 163-186.

Valencia-Romero, A. and Lugo, J. E. (2017). An immersive virtual discrete choice experiment for elicitation of product aesthetics using Gestalt principles. *Design Science*, *3*.

Van den Broek, E. L., Meijer, F., & Landman, R. B. (2010). Augmenting mental models. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*, *3*, 19-21.

Van Der Voort, M. C. and Tideman, M. (2008). Combining scenarios and virtual reality into a new approach to including users in product design processes. *Journal of design research*, 7(4), 393-410.

Van Dijk, C. G. C. (1995). New insights in computer-aided conceptual design. *Design Studies*, 16(1), 62-80.

Velasquez, A. C. (2020). *Examining Virtual Reality As An Empathizing Tool For Early Ideation Stage in Design*. Georgia Institute of Technology.

Violante, M. G., Vezzetti, E. and Piazzolla, P. (2019). How to design a virtual reality experience that impacts the consumer engagement: the case of the virtual supermarket. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(1), 243-262.

Vo, H. and Huesemann-Odom, P. (2023). Virtual Reality and Creativity: Lessons Learned from a Luminaire Design Project. In Van Wyk M. (Ed). *Technology in Learning*.

Wang, X. and Schnabel, M. A. (2009). *Mixed Reality In Architecture, Design, And Construction*. Springer Science+ Business Media B.

Wang, Z. and Dumont, G. (2011). Haptic manipulation of deformable CAD parts with a two-stage method. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 5(4), 255-270.

Wann, J. P. and Mon-Williams, M. (2002). Measurement of visual aftereffects following virtual environment exposure. In *Handbook of virtual environments*. CRC Press, pp. 771-790.

Ware, C. and Balakrishnan, R. (1994). Reaching for objects in VR displays: lag and frame rate. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* (TOCHI), 1(4), 331-356.

Weaver, M. B., Caldwell, B. W. and Sheafer, V. (2019). *Interpreting measures of rarity and novelty: Investigating correlations between relative infrequency and perceived ratings.* In ASME 2019 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.

Weber, R. P. (1990). *Basic content analysis* (No. 49). Sage.

Weidlich, D., Cser, L., Polzin, T., Cristiano, D. and Zickner, H. (2009). Virtual reality approaches for immersive design. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, *3*(2), 103-108.

Wickens, C. D., and Baker, P. (1995). Cognitive issues in virtual reality. In W. Barfield & T. A. Furness III (Eds.), *Virtual environments and advanced interface design*. Oxford University Press, pp. 514–541.

Wickman, C. and Söderberg, R. (2003). Increased concurrency between industrial and engineering design using CAT technology combined with virtual reality. *Concurrent Engineering*, 11(1), 7-15.

Wingler, D., Joseph, A., Bayramzadeh, S. and Robb, A. (2020). Using virtual reality to compare design alternatives using subjective and objective evaluation methods. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, *13*(1), 129-144.

Witmer, B. G. and Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240.

Wodehouse, A. J. and Ion, W. J. (2010b). The integration of information and ideas: Creating linkages through a novel concept design method. *Parsons Journal for Information Mapping*, 2(2).

Wolfartsberger, J. (2019). Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. *Automation in Construction*, 104, 27-37.

Xing, N. L. (2013). *Augmented reality 3D design space.* Doctoral Thesis. Nus Graduate School For Integrative Sciences And Engineering National University Of Singapore.

Yan, F. X., Hou, Z. X., Zhang, D. H. and Kang, W. K. (2009). Virtual clay modeling system with 6-DOF haptic feedback. In *Materials Science Forum Vol. 628*. Trans Tech Publications Ltd., pp. 155-160.

Yang, E. K. and Lee, J. H. (2020). Cognitive impact of virtual reality sketching on designers' concept generation. *Digital Creativity*, 31(2), 82-97.

Yang, X., Lin, L., Cheng, P. Y., Yang, X., Ren, Y. and Huang, Y. M. (2018). Examining creativity through a virtual reality support system. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1231-1254.

Ye, J., Badiyani, S., Raja, V. and Schlegel, T. (2007). *Applications of virtual reality in product design evaluation*. In International Conference on Human-Computer Interaction. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1190-1199.

Ye, J., Campbell, R. I., Page, T., and Badni, K. S. (2006). An investigation into the implementation of virtual reality technologies in support of conceptual design. *Design Studies*, 27(1), 77-97.

Yeh, T. P. and Vance, J. M. (1998). Applying virtual reality techniques to sensitivity-based structural shape design. *J. Mech. Des*. 120(4), 612-619.

Zeisel, J. (2006). *Inquiry by design: Environment/behavior/neuroscience in architecture, interiors, landscape, and planning*. WW Norton & Co.

Zeltzer, D. (1992). *Human figure modeling for virtual environment applications*. In 1992 Proceedings IEEE International Workshop on Robot and Human Communication IEEE, pp. 117-122.

Zhai, S. (1996). *Human performance in six degree of freedom input control*. University of Toronto.

Zhang, L., Dai, X., Xu, X., Shi, G. and Tang, Z. (2020). User Experience Research on Product Design Evaluation based on Virtual Reality Prototyping. In 2020 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC) (pp. 214-218). IEEE.

Zhang, R., Noon, C., Winer, E., Oliver, J. H., Gilmore, B. and Duncan, J. (2007). Immersive product configurator for conceptual design. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 48078, pp. 1403-1413).

Zhang, Z., Peng, Q. and Gu, P. (2015). Improvement of user involvement in product design. *Procedia Cirp*, 36, 267-272.

Zignego, M. I. and Gemelli, P. (2020). A smart mockup for a small habitat. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(2), 467-479.

Zorriassatine, F., Wykes, C., Parkin, R. and Gindy, N. (2003). A survey of virtual prototyping techniques for mechanical product development. *Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part B: Journal of engineering manufacture*, 217(4), 513-530.

EKLER

EK-1. Ön Anket - BDT ve SG Farkındalık Anketi

KATILIMCI DEMOGRAFİK BİLGİ FORMU

Katılımcı Numarası: ___

Tarih: ___ / ___ / _____

Yaşınız					
Cinsiyetiniz	☐Kadın ☐Erkek				
Hangi resim düzenleme ve BDT uygulamalarını kullanmaktasınız?					
Aşağıdaki yazılımlarla ilgili yeterlilik seviyenizi puanlayınız.	1=hiç	2=az	3=orta	4=iyi	5=çok iyi
Rhinoceros	☐	☐	☐	☐	☐
3DsMax	☐	☐	☐	☐	☐
Solidworks	☐	☐	☐	☐	☐
Fusion 360	☐	☐	☐	☐	☐
A. Illustrator	☐	☐	☐	☐	☐
A. Photoshop	☐	☐	☐	☐	☐
SketchUP	☐	☐	☐	☐	☐
Diğer……..	☐	☐	☐	☐	☐
Tasarım sürecinde hangi donanımları kullanıyorsunuz?	1=hiç	2=az	3=orta	4=sık	5=çok sık
Masaüstü	☐	☐	☐	☐	☐
Laptop	☐	☐	☐	☐	☐

EK- 1. (devam) Ön Anket - BDT Ve SG Farkındalık Anketi

Tablet	☐	☐	☐	☐	☐
Cep Telefonu	☐	☐	☐	☐	☐
Çizim Tableti	☐	☐	☐	☐	☐
3 Boyutlu Yazıcı	☐	☐	☐	☐	☐
Diğer……..	☐	☐	☐	☐	☐
Sanal gerçekliğin ne olduğunu biliyor musunuz?	☐Evet ☐Hayır				
Evetse nasıl öğrendiniz?	☐İnternet ☐Reklam ☐Arkadaş ☐Eğitimci ☐Diğer.....				
Sanal gerçekliği hiç deneyimlediniz mi? Evetse nasıl ve hangi yazılım ve donanımları deneyimlediniz?	☐Evet ☐Hayır				
Tasarım sürecinde size faydalı olabileceğini düşünüyor musunuz? Neden?	☐Evet ☐Hayır				
Sanal gerçeklik uygulamalarının tasarım sürecinde kullanımının karmaşık olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?	☐Evet ☐Hayır				

EK-2. Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

SANAL ORTAMDA BURADALIK ÖLÇEĞİ

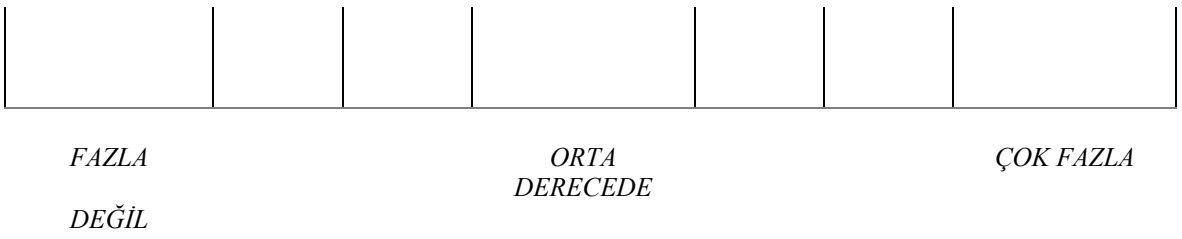
(Presence Questionnaire - PQ)

Bu ölçek katıldığınız uygulamada sizin ortama ne kadar dâhil olduğunuzu ölçmeyi amaçlamaktadır. Aşağıda verilen maddeler için, kutuların altındaki açıklayıcı kelimeler doğrultusunda size uygun gelen 7 kutudan birisine "X" işareti koyunuz.

Örnek:

Sanal ortamın içerisinde etrafta hareket etme sezginiz ne ölçüde zorlandı?

1. Olayları ne ölçüde kontrol edebiliyordunuz?



EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

2. Ortam sizin başlattığınız (ya da gerçekleştirdiğiniz) eylemlere ne ölçüde cevap veriyordu?

DUYARLI DEĞİL | *ORTA DERECEDE DUYARLI* | *ÇOK DUYARLI*

3. Ortamla olan etkileşiminiz ne ölçüde doğal görünüyordu?

DOĞAL DEĞİLDİ | *ORTA DERECEDE DOĞALDI* | *ÇOK DOĞALDI*

4. Tüm duyularınız ne ölçüde tam olarak olaya dâhildi?

DAHİL DEĞİLDİ | *ORTA DERECEDE DAHİLDİ* | *ÇOK DAHİLDİ*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

5. Ortamın görsel yanları sizi ne ölçüde olaya dâhil etti?

FAZLA DEĞİL | *ORTA DERECEDE* | *ÇOK FAZLA*

6. Ortamda hareketi kontrol eden mekanizma (kumandalar) ne kadar doğaldı?

DOĞAL DEĞİLDİ | *ORTA DERECEDE DOĞALDI* | *ÇOK DOĞALDI*

7. Çevrenizde gerçek ortamda olan olayların (etrafınızdaki kişilerin hareket etmesi, lab içerisinde olup bitenler) ne kadar farkındaydınız?

FARKINDA DEĞİLDİM | *ORTA DERECEDE FARKINDAYDIM* | *ÇOK FARKINDAYDIM*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

8. Kullandığınız gösterim ve kontrol araçlarının (örneğin kumanda) ne kadar farkındaydınız?

FARKINDA DEĞİLDİM | *ORTA DERECEDE FARKINDAYDIM* | *ÇOK FARKINDAYDIM*

9. Sanal ortamda hareket eden nesneleri algılamanız ne ölçüde zorlayıcıydı?

ZORLAYICI DEĞİL | *ORTA DERECEDE ZORLAYICI* | *ÇOK ZORLAYICI*

10. Farklı duyularınızdan gelen bilgi ne ölçüde tutarsız ya da bağıntısızdı?

TUTARSIZ DEĞİL | *ORTA DERECEDE TUTARSIZ* | *ÇOK TUTARSIZ*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

11. Sanal ortamdaki deneyimleriniz gerçek dünyadaki deneyimlerinizle ne ölçüde tutarlı görünmekteydi?

TUTARLI DEĞİL | *ORTA DERECEDE TUTARLI* | *ÇOK TUTARLI*

12. Gerçekleştirdiğiniz eylemlerin sonucu olarak nelerin meydana gelebileceğini tahmin edebildiniz mi?

FAZLA DEĞİL | *ORTA DERECEDE* | *ÇOK FAZLA*

13. Görme duyusunu kullanarak ortamı aktif bir şekilde ne ölçüde tam olarak inceleyebildiniz ya da araştırabildiniz?

FAZLA DEĞİL | *ORTA DERECEDE* | *ÇOK FAZLA*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

14. Sanal ortamda etrafta hareket etme sezginiz ne ölçüde zorlandı?

ZORLAYICI DEĞİL | *ORTA DERECEDE ZORLAYICI* | *ÇOK ZORLAYICI*

15. Nesneleri ne ölçüde yakından inceleyebildiniz?

YAKINDAN DEĞİL | *ORTA DERECEDE YAKINDAN* | *ÇOK YAKINDAN*

16. Nesneleri çoklu bakış açılarından ne ölçüde inceleyebildiniz?

İYİ DEĞİL | *ORTA DERECEDE İYİ* | *ÇOK İYİ*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

17. Uygulamanın sonunda, kendinizi ne ölçüde kafası karışmış ve yolunu kaybetmiş hissettiniz?

18. Sanal ortam deneyiminin ne ölçüde içindeydiniz?

19. Kontrol mekanizması (kumandalar) ne ölçüde dikkat dağıtıcıydı?

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

20. Eylemleriniz ve beklenen sonuçları arasında ne kadarlık bir gecikme yaşadınız?

FAZLA DEĞİL | *ORTA DERECEDE* | *ÇOK FAZLA*

21. Sanal ortam deneyimine ne kadar çabuk uyum sağladınız?

ÇABUK DEĞİL | *ORTA DERECEDE ÇABUK* | *ÇOK ÇABUK*

22. Deneyiminizin sonunda sanal ortamda hareket etme ve sanal ortamla etkileşime geçme konusunda kendinizi ne ölçüde yetkin hissettiniz?

YETKİN DEĞİL | *ORTA DERECEDE YETKİN* | *ÇOK YETKİN*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

23. Görsel görüntü kalitesi, verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmekten sizi ne ölçüde alıkoydu?

FAZLA DEĞİL *ORTA DERECEDE* *ÇOK FAZLA*

24. Kontrol aygıtları (kumandalar), verilen görevlerin ya da diğer eylemlerin gerçekleştirilmesine ne ölçüde müdahale etti?

FAZLA DEĞİL *ORTA DERECEDE* *ÇOK FAZLA*

25. Verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmek için kullanılan mekanizmalardan ziyade bu görev ve eylemlere ne ölçüde odaklandınız?

İYİ DEĞİL *ORTA DERECEDE İYİ* *ÇOK İYİ*

EK-2. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

26. Sanal ortamda yeni bilgiler öğrendiniz mi?

27. Uygulamaya zamanın geçtiğini fark etmeyecek kadar kendinizi kaptırdınız mı?

EK-3. Simülatör Rahatsızlığı Anketi

SİMÜLATÖR RAHATSIZLIĞI ANKETİ

(Simulator Sickness Questionnaire - SSQ)

	Yok	Hafif	Orta	Şiddetli
Genel rahatsızlık, huzursuzluk				
Yorgunluk, bitkinlik, tükenmişlik				
Baş Ağrısı				
Göz Yorgunluğu				
Odaklanma Zorluğu				
Artan Tükürük Salgısı				
Terleme				
Mide Bulantısı				
Konsantrasyon Zorluğu				
Kafa Dolgunluğu				
Bulanık Görme				
Sersemlemiş, Yönünü Şaşırmış (Gözler Açık)				
Sersemleme, Yönünü Şaşırmış (Gözler Kapalı)				
Baş Dönmesi				
Mide Farkındalığı				
Geğirme				

EK-4. Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

BİLGİSAYAR SİSTEMİ KULLANILABİLİRLİK ANKETİ

(Computer System Usability Questionnaire - CSUQ)

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Genel olarak, sistemin kullanım kolaylığından memnunum.							
Sistemi kullanmak basittir.							
Sistemi kullanarak işlerimi etkin bir şekilde yapabiliyorum.							
Sistemi kullanarak işlerimi hızlı bir şekilde yapabiliyorum.							
Sistemi kullanarak işlerimi verimli bir şekilde yapabiliyorum.							
Sistemi rahatlıkla kullanabiliyorum.							
Sistemi kullanmayı öğrenmem kolay oldu.							
Sistemi kullanarak kısa zamanda üretken hale geldiğime inanıyorum.							
Sistemin verdiği hata mesajları, problemleri nasıl gidereceğimi açıkça anlatmaktadır.							

EK-4. (devam) Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Sistemi kullanırken yaptığım hataları, kolay ve hızlı bir şekilde düzeltebiliyorum.							
Sistemin verdiği bilgiler (çevrim-içi yardım, ekran mesajları, diğer bilgiler, vb.) açık ve nettir.							
Sistemde ihtiyaç duyduğum bilgilere ulaşmak kolaydır.							
Sistemin verdiği bilgiler kolayca anlaşılmaktadır.							
Sistemin verdiği bilgiler işlerimi yapmama yardımcı olmaktadır.							
Sistemin ekranlarındaki bilgiler açık ve anlaşılır biçimde düzenlenmiştir.							
Sistemin ara yüzünü beğendim.							
Sistemin ara yüzünü kullanmak hoşuma gidiyor.							
Sistem, beklediğim bütün işlevlere sahiptir ve yeterlidir.							
Genel olarak sistem tatmin edicidir.							

EK-5. Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi

SANAL GERÇEKLİK - GRAVİTY SKETCH DEĞERLENDİRME ANKETİ

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Bu aracı kullanırken daha yaratıcı ürünler tasarladığımı düşünüyorum.							
Bu aracı kullanırken daha üretken olduğumu düşünüyorum.							
Bu araç fikirlerimi görselleştirirken beni daha az sınırlandırdı.							
Bu araç fikirlerimi daha hızlı görselleştirmemi sağladı.							
Bu araç fikrimi daha az hata ile görselleştirmemi sağladı.							
Bu araç 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı.							
Bu araç ürünü daha sağlıklı ölçeklendirmemi sağladı.							

EK-5. (devam) Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Bu araç ürünün ölçüsünü daha kolay değiştirebilmemi sağladı.							
Bu araç ürünü tasarlarken oran ve orantıya ilişkin daha sağlıklı karar vermemi sağladı.							
Bu araç tasarladığım ürünü 3 boyutlu olarak daha iyi algılamamı sağladı.							
Bu araç ürünün perspektifini daha iyi algılamamı sağladı.							
Bu araç ürünü farklı açılardan görmemi kolaylaştırdı ve hızlandırdı.							
Bu araç ürünü estetik açıdan daha iyi değerlendirmemi sağladı.							

EK-5. (devam) Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Bu araç tasarladığım ürünün son biçimini belirlememi kolaylaştırdı.							
Bu araç beni dış uyaranlardan yalıtarak daha iyi odaklanmamı sağladı.							
Bu aracın elle ve BDT programları ile çizilmesi zor olan şekillerin çizimini kolaylaştırdığını düşünüyorum.							
Bu aracın fiziksel model yapma gerekliliğini ortadan kaldırabileceğini düşünüyorum.							
Bu aracın çizim ve modelleme becerilerimi geliştireceğini düşünüyorum.							
Bu aracın 3 boyutlu algılama ve kurgulama becerimi geliştireceğini düşünüyorum.							

EK-5. (devam) Sanal Gerçeklik - Gravity Sketch Değerlendirme Anketi

	1 Kesinlikle Katılmıyorum	2 Katılmıyorum	3 Kısmen Katılmıyorum	4 Kararsızım	5 Kısmen Katılıyorum	6 Katılıyorum	7 Kesinlikle Katılıyorum
Bu aracın tasarlama hızımı artıracağını düşünüyorum.							
Bu aracı tasarım süreçlerinde kullanmaya devam etmek istiyorum.							
Bu aracın eğlenceli olduğunu düşünüyorum.							
Bu aracın motive edici olduğunu düşünüyorum.							

EK-6. Görüşme soruları

GÖRÜŞME SORULARI

1- Genel olarak Gravity Sketch uygulamasının kavramsal tasarım sürecinde kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz (3 boyutlu düşünme, gerçek boyutunda modelleme, kullanılabilirlik (arayüz, kumandalar), etkileşim tasarımı (3 boyutlu etkileşim, doğal etkileşim (gerçek dünyada çizer gibi))? Sizce olumlu ve olumsuz yönleri nelerdir?

2- Sizce Gravity Sketch ve Fusion 360 gibi BDT uygulamaları arasındaki farklılıklar nelerdir?

3- Gravity Sketch uygulamasının tasarım süreçlerinin hangi evrelerinde (Fikir üretme, konsept geliştirme, detaylandırma, prototipleme, sunum gibi) kullanımının daha verimli olacağını düşünüyorsunuz? Neden?

4- Gravity Sketch uygulaması kullanarak sizce hangi ürünleri tasarlamak daha mantıklı? Neden?

5- Geleneksel yollarla tasarlayamayıp Gravity Sketch ile tasarlayabileceğinizi düşündüğünüz ürünler var mı? Varsa bunların ne olduğunu ve nedeni açıklayınız.

6- Gravity Sketch uygulamasında sizce değiştirilmesi veya eklenmesi gereken özellikler var mı? Varsa açıklayınız.

7- Bu uygulamanın uzaktan eğitim ile verilmesinin verimli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

8- Sizce bu uygulama Endüstriyel Tasarım eğitimine entegre edilebilir mi? Neden?

9- Bu uygulamayı profesyonel hayatınızda kullanmaya devam etmek ister misiniz? Neden?

EK-7. Tasarım çalışması değerlendirme formu

TASARIM ÇALIŞMASI DEĞERLENDİRME FORMU

AÇIKLAMALAR

Bu çalışmada katılımcılar tarafından hem Fusion 360 hem de GS kullanılarak tasarlanan ürünler alternatif sayısı, yenilik ve çeşitlilik ölçekleri üzerinden değerlendirilecektir.

Alternatif sayısı: Bir grup tarafından, belirli bir fikir üretme yöntemi kullanılarak üretilen toplam fikir sayısıdır.

Yenilik: Tasarım benzersiz veya olağandışı bir fikri temsil ediyorsa, yeni kabul edilir (Nelson, Wilson, Rosen ve Yen, 2009; Shah vd., 2000; 2003)

Derece	Açıklama
5	Var olduğunu bildiğimiz birçok çözümün aksine, son derece orijinal
4	Orijinal ama bildiğimiz ortak bir çözüm ilkesinin benzersiz bir uygulaması değil
3	Bilinen veya yaygın olmasına rağmen, orijinal sayılabilecek benzersiz bir yönü ve bileşeni var
2	Yaygın, ancak tamamen sıradan değil
1	Çok yaygın, orijinal olmayan bir çözüm

Çeşitlilik: Bir dizi fikrin benzersizliğini ifade eden ve iki -veya daha çok- fikrin birbirinden ne kadar farklı olduğunu gösteren ölçüdür (Shah vd., 2003).

Derece	Açıklama
3	Birçok farklı fikir denenmiş
2	Fikir çeşitliliği maksimumun yaklaşık yarısı kadardır
1	Çok farklı fikir yok

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 1	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 2	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 3	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 4	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 5	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 6	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 7	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 8	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 9	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 10	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 11	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 12	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 13	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 14	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 15	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 16	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 17	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 18	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

EK 7. (devam) Tasarım çalışması değerlendirme formu

KATILIMCI 19	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

KATILIMCI 20	ALTERNATİF SAYISI		YENİLİK		ÇEŞİTLİLİK	
	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS	Fusion 360	GS
TASARIM ÇALIŞMASI 1 - VAZO						
TASARIM ÇALIŞMASI 2 - AYDINLATMA						
TASARIM ÇALIŞMASI 3 - OTURMA BİRİMİ						

Gazili olmak ayrıcalıktır