



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

7. SINIF FEN EĞİTİMİNDE UZAKTAN EĞİTİM YOLUYLA VERİLEN  
ÜÇ BOYUTLU TASARIM UYGULAMASININ ETKİLİLİĞİ:

VAKA ÇALIŞMASI

Hakan DAĞLI

19830206101

Danışman

Doç. Dr. Seyit Ahmet KIRAY

Konya 2022

## ÖZET

Bu araştırmada, uzaktan eğitim yoluyla katılımcılara 3D tasarım eğitimi verilmiş ve katılımcılardan tasarım yapmaları istenmiştir. Katılımcıların tasarım, 3D tasarım, 3D yazıcı, 3D yazıcıların kullanım alanları, 3D yazıcıların eğitimde kullanımı ve aldıkları 3D tasarım eğitimi hakkındaki gürüşlerinin de açığa çıkarılması amaçlanmıştır. Araştırmada uzaktan eğitim yoluyla katılımcıların 3D tasarım yapmayı öğrenmiş olmaları önemli görölmektedir. Araştırmanın problem cümlesi “7. sınıf öğrencilerine uzaktan eğitim yoluyla verilen üç boyutlu tasarım uygulamasının etkililiği nasıldır?” şeklinde belirlenmiştir. Çalışmada, bir nitel araştırma yöntemi olan durum çalışması modeli kullanılmıştır. Araştırmada yer alan beş katılımcı, araştırmacının daha önce uzaktan eğitim verdiği tek okuldan 7. sınıf öğrencileri arasından gönüllölük esasına dayalı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın inandırıcılık ve geçerliğini artırmak adına veriler çeşitleme yapılarak toplanmıştır. Araştırmada katılımcılar çevrimiçi etkinlik kayıtlarının tekrar izlenmesi esnasında gözlem formu kullanılarak gözlemlenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak katılımcılarla görüşme yapılmıştır. Elde edilen bütün verilerin betimsel analiz ve içerik analiz yöntemleri kullanılarak çözümlemesi yapılmış ve temalar elde edilmiştir. Araştırmada, 3D yazıcıların okullarda kullanılmasının bazı ders ve konularda öğrenmelerin kolay ve kalıcı olmasını sağlayabileceği ve 3D tasarım uygulamaları ile fen öğretim materyallerinin çeşitlendirilebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Anahtar Kavramlar:** Fen Eğitimi, Uzaktan Eğitim, 21. Yüzyıl Becerileri, 3D Tasarım, 3D Yazıcı

## **ABSTRACT**

In this research, 3D design trained to the participants with the distance education and the participants were asked to design. It is also aimed to reveal the views of the participants about design, 3D design, 3D printer, usage areas of 3D printers. In the research, it is important that the participants learn to make 3D design through distance education. The problem sentence of the research is “What is the effectiveness of the three-dimensional design application given to 7. primary school students through distance education?” determined as. The case study model, which is a qualitative research method, was used in the study. In order to increase the reliability and validity of the study, the data were collected by making triangulation. In the research, the participants were observed using the observation form during the re-watching of the online activity records. The interviews were conducted using the semi-structured interview forms. All the data obtained were analyzed using descriptive analysis and content analysis methods and themes were obtained. In the research, it has been concluded that the use of 3D printers in schools can facilitate learning in some courses and subjects. Also it has been concluded that science teaching materials can be increase with 3D design applications.

**Keywords:** Science Education, Distance Education, 21st Century Skills, 3D Design, 3D Printer.

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	ii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem Durumu .....	1
1.2 Araştırmanın Amacı.....	3
1.3 Araştırmanın Önemi.....	3
1.4. Problem Cümlesi.....	4
1.5. Sayıtlılar.....	4
1.6. Sınırlılıklar.....	4
1.7.Tanımlar.....	4
2. ALAN YAZIN.....	5
2.1. Uzaktan Eğitim.....	5
2.1.1. Uzaktan Eğitimin Dünya'daki Gelişimi.....	6
2.1.2. Uzaktan Eğitimin Türkiye'deki Gelişimi.....	7
2.2. 21. Yüzyıl Becerileri.....	8
2.3. STEM.....	10
2.3.1. STEM disiplinleri.....	11
2.3.2. 3D Tasarım ve 3D Tasarım Araçları .....	12
2.3.3. 3D yazıcı.....	19
3. YÖNTEM.....	24
3.1 Araştırmanın Modeli .....	24
3.2 Katılımcılar.....	25

3.3 Veri Toplama Araç ve/veya Teknikleri.....	25
3.4 Verilerin Toplanması .....	27
3.5. Güvenirlik ve Geçerlik.....	27
3.6. Verilerin Analizi.....	28
4. BULGULAR.....	33
4.1. Tasarım.....	33
4.2. Fen Eğitiminde Üç Boyutlu Tasarım.....	36
4.2.1 Hücre ve Organel Modelleri.....	37
4.3. Üç Boyutlu Tasarım Süreci.....	43
4.4. Üç boyutlu tasarımın Güçlü ve Zayıf Yanları.....	46
5. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49
5.1. Tartışma.....	49
5.2 Sonuçlar.....	52
5.3 Öneriler.....	52
5.4 Kaynakça.....	53
Ekler.....	62

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı ve önemi, problem ve alt problemler, sayıtlar ve tanımlar üzerinde durulmuştur.

### 1.1. Problem Durumu

Son yıllarda gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomi yarışı ve buna bağlı olarak üretim, buluş yapma ve teknolojik gelişme alanlarındaki yarışlar da önem kazanmıştır. İnsan gücüyle yapılan işlerin makinelerle yapılmasına başlanmasıyla insanın yerini makine almış ve bu konuda insan gücüne duyulan ihtiyaç azalmıştır. Bu durum insana duyulan ihtiyacın başka alanlara kaymasına sebep olmuştur. Bu alanlar makinelerin tasarlanması, üretilmesi ve idame ettirilmesi şeklinde ortaya çıkmıştır (Akgündüz, 2018). Ortaya çıkan bu ihtiyacı karşılamak isteyen Amerika 1990'lı yılların başlarında Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik (Science, Technology, Engineering, Mathematic, STEM) yaklaşımını ortaya atarak 21. yüzyıl becerilerine sahip bireyler yetiştirmeyi hedeflemiştir (Sanders, 2009). Bu zorlu süreçte ihtiyaçları karşılamak ve Dünya dengesinde olması gereken yere ulaşabilmek isteyen ülkeler 21. yüzyıl becerilerine sahip bireyler yetiştirmek zorundadır. 21. yüzyıl becerileri; dinamik bilgiye uyum sağlayabilmek, bilgiyi yapılandırabilmek, toplumda yer edinebilmek, eleştirel bakışa sahip olabilmek, etkili bir iletişime sahip olabilmek, senkronize çalışabilmek, üretken ve çalışkan olmak, iyi vatandaş olmak, sosyal olaylara karşı duyarlı olmak, teşebbüste bulunabilmek ve yaşam boyu öğrenen olmak şeklinde sıralanabilir. (Belet-Boyacı ve Güner-Özer, 2019)

1970'lerden sonra 3D tasarım ve bu tasarımların yaratıcı performansla oluşturulmaları 3D tasarımdan farklı alanlardan faydalanılmasını sağlamıştır. 3D tasarım boyutunda teorilerin gelişmesi ile mühendislik ve endüstriyel tasarım alanlarında 3D tasarım yer almaya başlamıştır (Allen, 1978).

Üç boyutlu nesnelerin tanımlanabilmesi amacıyla koordinat sistemi kullanılmaktadır. Koordinat sistemi, orijinden başlamak üzere birbirine dik olmak üzere, yatayda x, dikeyde y eksenli düzleme gelecek şekilde derinliği ifade eden z ekseninin düzleme eklenmiş olması ile meydana gelmektedir (Ünal ve ark. 2012). İki ve üç boyut arasındaki en büyük fark, düzlemde derinliğe karşılık gelen z eksenidir (Balaban, 2007).

3D tasarım cismin ya da nesnenin boşluktaki konumunu ve diğer cisim ya da nesnelerle olan ilişkisinin anlaşılmasını kolaylaştırır. Erken yaşlarda karşılaşılan 3D çalışmalar gelecekte mimarlık, heykeltıraşlık ve endüstriyel tasarımcılık gibi mesleklere sahip olacaklar için ilk adım sayılmaktadır. 3D çalışmalar gelecekte hangi mesleğe sahip olursa olsun, her çocuk için, kendisi de 3D olan yaşam için hazırlanma olanağı sağlar. (Çapar, 2006).

3D tasarım çabaları bireyde analitik düşünme yöntemlerini ve karar verme gücünü geliştirmektedir (Allen, 1978). Üç boyutu zihinde canlandırmak çocukların hayal etme ve akıl yürütme yetilerini artırır. Çocuklarda görsel duyarlılığın artması diğer disiplinlerdeki ilişki kurma ve problem çözme alanlarına da olumlu etki eder (Allen, 1978).

3D tasarım için yalnızca biçimlendirme yeterli değildir. Zihinde kurgulanan 3D tasarım uygulamaya geçildiğinde, bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Bu sorunları en aza indirmek doğru matematiksel hesaplar yapmayı ve iyi bir ölçüm düzeyi gerektirdiğinden rakamlar çok önemlidir (Jesson, 1991). 3D tasarıma yönelik eğitimin uygulanmasındaki en önemli sorun, araç-gereç bakımından yeterli özel dersliklerin bulunmaması, sınıflardaki öğrenci sayısının fazlalığı ve bu yüzden bütün öğrencilerle yeterince ilgilenilememesidir (Çapar, 2006). 3D tasarımdan sinema, televizyon, reklamcılık, alanların yanı sıra mimarlık, fotoğrafçılık, sanat ve tasarım alanlarında da yararlanılmaktadır. 3D tasarımın kullanım alanları arkeoloji, kimya, mühendislik dalları, tıp, astronomi ve eğitim gibi alanlarla birlikte oyun ve eğlencede de kullanılmasıyla günden güne artmaktadır (Hünerli, 2000).

Tasarım sürecinin durum saptama, analiz etme, tanımlama, eleme, uygulama ve değerlendirme gibi parçaları vardır. Tasarımı izleyen ve kullanan bireylerin de algılama şekilleri farklı olduğundan; tasarım, tasarımcı ve kullanıcı arasında bir etkileşim bulunmaktadır (Gümüş, 2007).

Teknoloji ve yenilikçilik konularında kendini geliştiremeyen ülkeler gelişmiş ülkelerin teknolojilerini satın almak ve bu alımlar karşısında da çok yüksek meblağlar ödemek zorunda kalabilir. Bu doğrultuda yetişen nesillerin bilgiye sadece ulaşan değil aynı zamanda bilgiyi üreten, bu bilgiyi kullanarak ürettiği makine, yazılım gibi enstrümanlarla ihtiyaç giderebilen bireyler olması için çalışılması gerekmektedir.

Maalesef, bilgiyi bu anlamda kullanan bir ülke olduğumuz henüz söylenemez. Bu durum ülkemiz açısından büyük bir problem olarak göze çarpmaktadır. Bu ana problemin çözümünde pay sahibi olmak amacıyla bu araştırmada “Uzaktan eğitim yoluyla verilen üç boyutlu tasarım uygulamasının etkililiği nasıldır ve katılımcıların 3D tasarıma ve yazıcıya ilişkin görüşleri nelerdir?” sorularına cevaplar aranmıştır. Covid-19 pandemisi sürecinde “Uzaktan Eğitim” kavramı eğitim hayatımızın bir parçası hâline gelmiştir. Araştırmanın uzaktan eğitimden yararlanılarak tasarlanması, verilerin toplanması araştırmanın orijinal olmasını sağlayan özellikler arasındadır.

### **1.2. Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmada, uzaktan eğitim yoluyla katılımcılara 3D tasarım eğitimi verilmiş ve katılımcılardan tasarım yapımları istenmiştir. Araştırmanın amacı 7. sınıf öğrencilerine uzaktan eğitim yoluyla 3D tasarım öğretmek ve yaptırmaktır. Ayrıca katılımcıların tasarım, 3D tasarım, 3D yazıcı, 3D yazıcıların kullanım alanları, 3D yazıcıların eğitimde kullanımı ve aldıkları 3D tasarım eğitim hakkındaki görüşlerinin de açığa çıkarılması amaçlanmıştır.

### **1.3. Araştırmanın Önemi**

Uzaktan eğitim Covid-19 salgını sebebiyle bir dönem birincil öğretim yolu olmuştur. Araştırmada uzaktan eğitim yoluyla katılımcıların 3D tasarım yapmayı öğrenmiş olmaları önemli görülmektedir. Ayrıca araştırma son yıllarda oldukça rağbet gören STEM etkinlikleri arasında yer alan 3D tasarım süreçlerini katılımcılar özelinde derinlemesine incelemesi bakımından manidardır. Elde edilen bulguların daha sonra yapılacak araştırmalar için ışık tutacak olması araştırmayı önemli kılmaktadır. Gelişen teknoloji ile hayatımızın hemen hemen her noktasında izi olan teknolojik aygıtlar yardımıyla hayatı kolaylaştıracak ürünler üretmek kaçınılmaz bir zorunluluk hâline gelmiştir. Araştırma, gerçek yaşam problemlerine yönelik çözüm geliştirmede katılımcıların kullanabileceği matematik yeterliği, bilim ve teknoloji yeterliği, dijital yeterlik gibi 21. yüzyıl becerilerini ön plana çıkarması açısından önemli görülmektedir. Araştırmanın, 3D yazıcı teknolojisinin fen eğitiminde kullanımına dönük tutum, bilgi ve becerilerin nasıl kazandırılacağına ilişkin, öğretmenlere yol göstermesi beklenmektedir.

#### 1.4. Problem Cümlesi

7. sınıf öğrencilerine uzaktan eğitim yoluyla verilen üç boyutlu tasarım uygulamasının etkililiği nasıldır?

#### 1.5. Sayıtlar

- Resmi evraklar (gözlem formları, görüşme formları, 3D tasarımları ve 3D yazıcı çıktıları) aracılığıyla toplanan veriler gerçeği yansıtmaktadır.
- Görüşme ve gözlem formlarının kapsam geçerliliği için uzman kanısı yeterlidir.
- Katılımcılar kendilerine ait özgün fikirlerini belirtmişlerdir.

#### 1.6. Sınırlılıklar

Araştırma;

- 2020-2021 Eğitim-Öğretim yılında Konya ilinde yer alan tek okulda eğitim gören 7. Sınıf öğrencisi 5 katılımcı ile sınırlıdır.
- Uzaktan eğitim yoluyla verilen üç boyutlu tasarım uygulamasıyla sınırlıdır.
- Katılımcılara hazırlatılan tasarımlardan; görüşme, gözlem formlarından elde edilen veriler ile sınırlıdır.

#### 1.7. Tanımlar

**Uzaktan eğitimle 3D fen materyali tasarımı.** 7. sınıf öğrencilerine üç boyutlu tasarım programları kullanılarak uzaktan eğitim yoluyla yaptırılan üç boyutlu fen materyalleri tasarımlarıdır.

**Uzaktan eğitimle verilen 3D tasarım odaklı fen eğitimi.** 7. sınıf öğrencilerine uzaktan iletişim imkânı sağlayan bir platform üzerinden 3D tasarım programı fusion 360 programı kullanılarak materyal tasarlanmasıyla gerçekleşen fen eğitimi.

## BÖLÜM 2

### ALAN YAZIN

#### 2.1. Uzaktan Eğitim

Aslında alternatif bir eğitim yöntemi olan “Uzaktan Eğitim” (UE) dünyayı etkileyen Covid-19 pandemisiyle zorunlu bir yöntem hâline gelmiştir. Gün geçtikçe artan teknolojik imkânlar uzaktan eğitim sisteminde kullanılabilir olacak donanım ve yazılım ürünlerinin niceliğini ve kalitesini artırmaktadır. Zamanla uzaktan eğitimin kullanımı artmaktadır. İletişim ve etkileşim ihtiyacı duyan kitleleri birbirine yaklaştıran, çok sayıda uzamı tek bir platformda birleştiren iletişim teknolojileri, yeni eğitim usullerinin gelişmesine öncülük etmiştir. Bu usullerden en çok bilineni ve yaygını uzaktan eğitim modelidir (Elitaş, 2017). Uzaktan eğitimin bireyselleştirme, özelleştirme, konvansiyonel eğitime uygun olmayan öğrenenlere eğitim verme, geniş hareket yeteneğine sahip olma, diğer eğitim sistemlerine nazaran ucuz olma gibi olumlu yönleri bulunmaktadır (Yadigâr, 2010). Ayrıca uzaktan eğitim, farklı koşullarda bulunan büyük kitlelerin faydalanabileceği bir eğitim uygulaması, bireyselleşmiş, öz öğretim, uzaktan eğitim elektronik öğrenme (e-learning) web tabanlı öğrenme çevrimiçi öğrenme mobil öğrenme gibi özellikleriyle öğrenme sorumluluğunu büyük ölçüde kişiye bırakmaktadır (Hızal, 1983).

Antalyalı (2004), kitle iletişim araçlarına ulaşılabilirliğin artması, dünya üzerinde değişimi etkileyen en önemli unsur hâline gelmiş ve gündeme globalleşme ve bilgi toplumu gibi kavramları yerleştirdiğini ifade etmiştir. Uzaktan eğitimin özelliklerine ve amacına ilişkin yapılan açıklamalara bakıldığında, temelde uzaktan eğitimin bireylere kendi kendilerine öğrenme olanağı sağladığı, daha zengin bir eğitim ortamı sunduğu, eğitimi bireyselleştirdiği, bireye ilgi ve yetenekleri doğrultusunda öğrenme sorumluluğu kazandırdığı, geleneksel eğitime göre daha esnek ve bireysel koşullara uygulanabilir olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bakımdan uzaktan eğitim, öğrencilerin öğrenme stillerine dayalı eğitim-öğretim yapılmasına imkân sağlayan bir uygulamadır (Ekici, 2003).

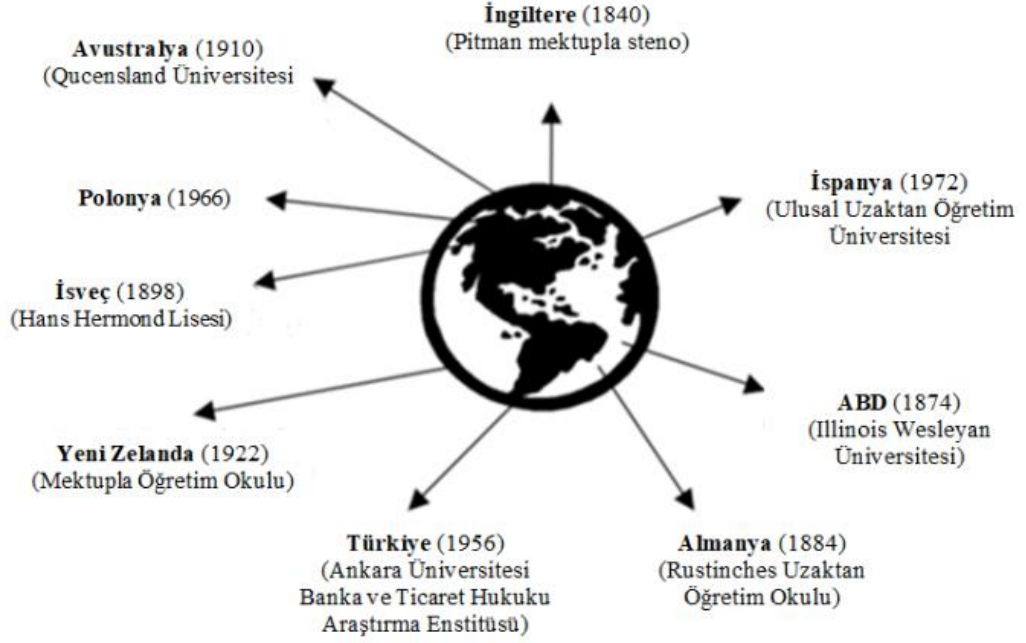
Uzaktan eğitim, paydaşlardan kaynaklanan sınırlılıkları ortadan kaldıran ve oluşan problemleri çözümlleyen, bütün bunları yaparken de var olan teknolojiyi kullanan bir yaklaşımdır (Bozkurt, 2017). Özarslan (2008) çalışmasında, uzaktan eğitimi; özgün, karmaşık, doğrusal olmayan bir sistem olarak tanımlamış ve uzaktan eğitimin belirli bir

plan çerçevesinde, teknoloji yardımıyla devam ettirilen öğrenim ve öğretim faaliyeti olduğunu belirtmiştir. Uzaktan eğitim için yapılan tanımlar, bilgi kaynağına ulaşma ve bu kaynağı öğrenene ulaştırmada teknolojiden yararlanma ortak noktasında buluşmaktadır. Uzaktan eğitimin ilk örnekleri 1700'lü yıllara dayanmaktadır. İlk mektupla uzaktan eğitim uygulaması 1728'de İsveç'te gerçekleştirilmiştir. 1833'te mektup aracılığıyla ile yapılması planlanan bir eğitimin duyurusunun İsveç'te yayınlanan bir gazete ilanında yapıldığı bilinmektedir (Çoban, 2017).

Uzaktan eğitim ile var olan örgün ve yaygın eğitim imkanlarına ek olanaklar sunarak çağımızda zorunlu olan eğitim gereksinimleri sağlanabilir ve eğitimin daha geniş kesimlere ulaşması mümkün olabilir (Orhan ve Akkoyunlu, 1999). Uzaktan eğitim sistemi birçok aşamadan geçerek güncel hâlini almış ve kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır.

### **2.1.1. Uzaktan eğitimin dünyadaki gelişimi**

Dünya'da ilk uzaktan eğitim çalışması 1840 yılında İngiltere'de, mektupla öğrencilere ders verilerek başlamış ve bu derslerde öğrencilerin başarıları notla değerlendirilmiştir. Bundan yaklaşık 35 yıl sonra Amerika'da Illinois Wesleyan Üniversitesi'nde uzaktan eğitim uygulamaları ilk kez gerçekleştirilmiştir. Almanya'da ise 1884'de üniversite giriş sınavına hazırlamak için bir uzaktan eğitim okulu kurulmuştur. İsveç'te 1898 yılında uzaktan eğitim çalışmaları yapan bir lise kurulmuştur (Kaya, 2002). Uzaktan eğitim "distance education" kavramının ilk olarak Wisconsin Üniversitesi'nin bir kataloğunda 1892'de yazılı olarak geçtiği düşünülmektedir (Raymond, 2000). Aynı üniversitede 1920'de radyo vasıtasıyla uzaktan eğitim dersleri başlatılmış ve bu dersler, binlerce öğrencinin bu üniversitedeki önemli profesörlerden ders almasına olanak sağlamıştır. Iowa Üniversitesi'nin 1930'lu yıllarda televizyon aracılığıyla uzaktan eğitim vermeye başlaması yükseköğretimde yeni bir çağ başlatmış oldu (Bullock, Gable ve Mohr, 2008). Aşağıda şekilde Kaya (2002)'nin hazırladığı Dünya'daki bazı uzaktan eğitim çalışmalarının başlangıç tarihleri ve ilk uygulamalarını gösteren bir şekil verilmiştir.



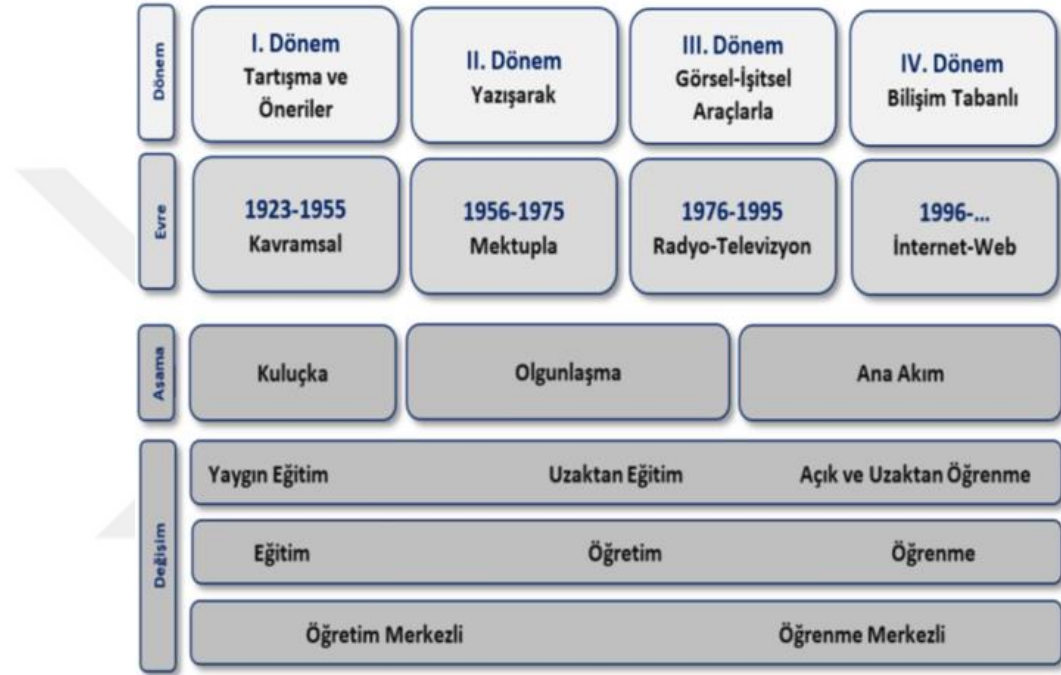
**Şekil 2.** Dünya'daki bazı uzaktan eğitim çalışmalarının başlangıç tarihleri ve ilk uygulamaları

### 2.1.2. Uzaktan Eğitimin Türkiye'deki Gelişimi

Türkiye'de uzaktan eğitimin ortaöğretim ve yükseköğretim kademelerinde çeşitli uygulamalarına rastlanmaktadır. Eğitim kademelerine çeşitli boyutlarda yansımış olan uzaktan eğitim uygulamaları ve gelişmelerin merkezinde yer almaktadır (Yadigâr, 2010).

Dünyada uzaktan eğitimin ilk uygulaması hayata geçirildikten yaklaşık iki yüzyıl sonra Türkiye Cumhuriyeti Devleti kurulmuştur. Eğitimli nüfusunun çoğunluğunu savaşta kaybetmiş ülkemizin toparlanabilmesi için öğrenim görmüş bireylere duyulan ihtiyaçtan eğitim-öğretim öncelikli bir hâl almıştır. Uzaktan eğitim ülkemizde 1923'den itibaren yaklaşık 40 yıl kavramsal olarak tartışılmıştır. 1970'li yıllardan sonra orta eğitim düzeyinde uzaktan eğitim çalışmaları yapılmış, bazı deneyimler elde edilmiş ve az da olsa ilerleme sağlanmıştır. Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi'nin de kurulmasıyla birlikte bu uygulamalar yükseköğretime aktarılmıştır. 1980 ve 1990'lı yıllarda kazanılan başarılar ile uzaktan eğitim büyük ilgi ve kabul görmüştür. 2000'li yılların başından itibaren bilgi ve iletişim teknolojileri alanında yaşanan gelişmelerle uzaktan eğitim ile sunulan eğitim fırsatları artmış ve uzaktan eğitim milyonları bulan öğrenci sayısı ile

ülkemizde eğitimde ana akımın bir parçası olmuştur (Bozkurt, 2017). Sarıtaş (2009)'a göre Cumhuriyetin kurulması beraberinde eğitim sorunlarına dair bazı çözümler getirmiştir. Bunlardan biri olan uzaktan eğitim kavramı ilk kez 1924'te J. Dewey tarafından hazırlanan öğretmen eğitim raporunda geçmiştir. Uzaktan eğitim ile ilgili devletimiz tarafından atılan ilk önemli girişim Mektupla Öğretim Merkezinin 1966'da genel müdürlük hâline getirilmesidir. Uzaktan eğitimin Türkiye'de gelişim evreleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.

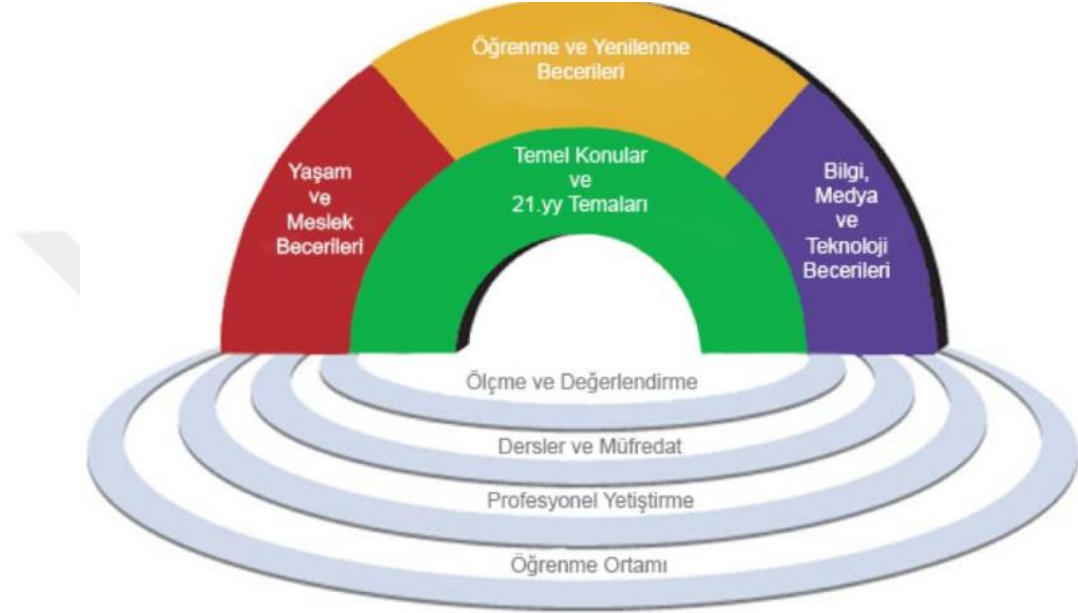


**Şekil 1.** Uzaktan Eğitimin Türkiye'de Gelişim Evreleri (Bozkurt, 2017).

## 2.2. 21. Yüzyıl Becerileri

21. yüzyıla geçişte globalleşmenin hızlanması ve bu durumun toplumun birçok alanında yenilikler getirmesi beraberinde bazı zorlukları da getirmiştir. Bu zorluklarla ortadan kaldırmak için de bireylerin ilgili becerilere sahip olması ihtiyacı doğmuştur. (Greiff ve ark. 2014). 21. Yüzyılın özelliklerine bakıldığında; Problemlerin daha karmaşık hâle geleceği, bilgi artışının ciddi oranda yükseleceği, anî değişimler ve istikrar problemlerinin ortaya çıkacağı, ülke demografilerinin farklılaşacağı ve çok kültürlü bir yaşamın ortaya çıkacağı sonuçlarına varılmıştır (Cansoy, 2018). Araştırmacıların yanı sıra birçok kurum ve kuruluş tarafından 21. Yüzyıl becerilerinin saptanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. 21. Yüzyıl Becerileri için Ortaklık Platformu, (Partnership for

21st Century Skills) 21. Yüzyıl becerileri ile ilgili en çok inceleme yapılan ve kabul edilen becerilere referans olan platformdur (Cansoy, 2018). P21 tarafından 2009 yılında yapılan ve üç temel kategori ve her kategoride farklı becerilere dair gruplar oluşturularak 21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesi oluşturulmuştur. Bu çerçeve, bireylerin eğitim ve iş hayatının yanı sıra başarılı olmaları için sahip olmaları gereken bilgi, beceri ve yeterlilikleri içermektedir.



**Şekil 2.** 21. Yy. Öğrenme Çerçevesi, Öğrenme Çıktıları ve Destek Sistemleri (P21, 2009)

Şekil 2’de gösterilen 21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesindeki; “şeklin üst tarafındaki bileşenler öğrenme çıktıları”, alt tarafında yer alan bileşenler ise “destek sistemleri” temsil etmektedir. Tüm bileşenler 21. yüzyıl öğrenme ve öğretme sürecinde birbirlerine bağlı olarak çalışmaktadır (Partnership for 21st Century Skills,[P21], 2009).

21. Yüzyıl becerilerini belirlemek için çalışma yapan bir başka örgüt olan Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (OECD) öğrencilerin 2030’lu yıllarda olması gereken becerilere yönelik 2009 yılında yaptığı çalışmada 21. yüzyıl becerilerini üç kategoride toplamıştır (Cansoy, 2018). Bu kategorilerden ilki araştırma ve problem çözme becerilerini kapsayan, tanımlama, araştırma, analiz etmeyi içeren bilgi; ikincisi iş birliği ve etkileşim becerilerini kapsayan, takım çalışması, uyum ve esnekliği içeren iletişim; son olarak ise sosyal sorumluluk, karar verme, etik ilkeleri kapsayan, dijital

okuryazarlık becerisini içeren etik ve sosyal etki kategorisidir. (Ananiadou ve Claro, 2009).

Türkiye’de MEB tarafından yapılan çalışmada, öğrencilerin sahip olmaları gereken beceriler ve yetkinlikler ile ilgili olarak 21. yüzyıl becerileri çerçevesi dokuz kategoride belirlenmiştir. Bu kategorilerde anadilde iletişim, yabancı dillerde iletişim, matematik yeterliği, bilim ve teknoloji yeterliği, dijital yeterlik, öğrenmeyi öğrenme, inisiyatif alma ve girişimcilik algısı, sosyal ve kamusal yeterlilik, kültürel farklılıklar ve ifade becerileri yer almaktadır. Belirlenen bu 21. yüzyıl becerilerinin öğrencilere müfredat çerçevesinde hazırlanan ders kitaplarında yer alan etkinlik ve deneylerle kazandırılması amaçlanmıştır (Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı [TTKB], 2017).

Geçmişten günümüze yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalarda yer alan beceriler genel olarak birbiriyle benzerlik göstermektedir. Genel olarak 21. yüzyıl becerilerine sahip bir bireyin; eleştirel ve yaratıcı düşünme becerisi olan, problem çözme becerisine sahip, sorumluluk alabilen, günün gereği teknolojiyi kullanabilen, iletişimi güçlü, takım çalışmasına yatkın, girişimci bir birey olduğu söylenebilir. 21. yüzyıl becerilerinin bireylere kazandırılabilmesi için eğitimlerin öğrenci merkezli olması ve öğrencideki potansiyelin gün yüzüne çıkması için, becerilerin uygulamaya dökülmesi için eğitim uygulamalarında da gerekli ve yeterli değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu sebeple 21. yüzyıl becerilerinin eğitim programlarında uygulanmasında öğrencinin yaparak ve yaşayarak öğrenmeleri sağlanmalıdır. Öğrencilerin yaparak ve yaşayarak öğrenmesinin temelinde deneyimlemek yer almaktadır (Cansoy, 2018).

### **2.3. Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik (Science, Technology, Engineering, Mathematic-STEM)**

STEM; kapsadığı alanlara ait bilgi ve becerilerin, mühendislik becerilerinin, tasarım merkezli düşünmenin bir öğretim üzerinde senkronize edilmesine yoğunlaşan, sistematik düşünebilme, disiplinler arası iş birliği yapabilme, etik değerlere sahip olma, iletişime açık olma, üretme, yaratıcılık, araştırma ve problemleri en uygun biçimde çözebilme becerilerini kazandırmayı amaçlayan bir eğitim yaklaşımıdır. (Bybee, 2010).

Küresel ekonominin doğurduğu sıkıntılı süreçlerden kurtulmak zorunda kalan ülkeler arasında STEM büyük bir tartışma konusu hâline gelmiştir. Hükümetler eğitim

politikalarındaki değişimleri ortaya koymaya başlamıştır (Banks ve Barlex, 2014). STEM günümüz şartlarına uyum sağlamış bireylerden istenen farklı problemlere çözüm sunabilecek çoklu disiplinli bir sistem olarak görülmektedir. Ayrıca, birbiriyle ilişkili bir örüntü olarak da düşünülebilir. Disiplinler arası çalışma ve disiplinler arası yeni bilgi üretebilme, fikir sunma ve ürün oluşturabilme gibi 21. Yy. becerilerinin geliştirilmesinde bütünleştirilmiş bir eğitim anlayışıdır (Eroğlu ve Bektaş 2016). Öğrenenlerin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarında, öğrendikleri bilgilerin uygulamaya, yenilikçi buluşlara ve ürüne çevrilmesini amaçlayan STEM eğitimi, birçok ülkenin müfredatında yerini almıştır. (Callison ve Lamb, 2004).

Şen, Ay ve Kıray (2020) çalışmalarında öğrencilerin STEM eğitiminde çeşitli teknolojik malzemeler aracılığıyla fen ve matematik bilgilerini birleştirerek ürünler çıkarabileceklerini ve STEM eğitimi alan öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları problemlerin çözümünde mühendislik becerilerini rahat bir şekilde kullanabildiklerini ifade etmişlerdir.

Öğrenim programlarında STEM kazanımlarına da yer veren ülkeler fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarını kubaşık bir biçimde kullanarak yeni bir ürün ortaya koyarak ekonomilerine fayda sağlamayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda STEM eğitimi ülkelerin geleceğinin planlanmasında büyük rollere sahiptir (Buyruk ve Korkmaz, 2016). 21. Yüzyıl becerileri P21 (Partnership for 21st Century Learning) tarafından bazılarının İngilizce isimlerinin ilk harfleri dikkate alınarak 4C olmak üzere (communication, colloboration, critical thinking, creativitiy) iletişim, iş birliği, eleştirel düşünme ve yaratıcılık olarak belirlenmiştir (Akgündüz, 2018). Bu durum, diğer ülkelerin farklı eğitim yaklaşımları arayışına girmesine sebep olmuş, bu arayış STEM eğitimi yaklaşımının Dünya’da kabul görmesini sağlamıştır (Türk, 2019). Daymaz (2019), STEM etkinliklerinin akademik başarı üzerinde etkisini araştırdığı çalışmasında, STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarını olumlu etkilediği sonucunu elde etmiştir.

### **2.3.1. STEM disiplinleri**

#### **2.3.1.1. Fen**

Fen “doğayı ve doğada gerçekleşen olayları açıklayan, fizik, kimya, biyoloji, uzay bilimleri, mühendislik bilimleri, matematik, tıp, zooloji ve çevre bilimleri gibi dalları ve

bu dallar ile bağlantıyı kapsayan prensip, kavram ve kuralları inceler (Chalmers, 1976). Fen yaşamımızı şekillendirmemizde de ve gelecekteki hayatımızda etkili olmaktadır. Bu amaç doğrultusunda tasarlanan fen eğitiminde bilimsel bilginin aktarılması, bilimsel yöntem ve süreçler bulunmaktadır.

### **2.3.1.2. Teknoloji**

Banks ve Barlex (2014) Teknolojinin bilgi, mekanizma ve yapılara ilişkin sistemler barındırdığını ifade etmektedir. İnsanlar var olduklarından bu yana yaşamlarını kolaylaştırmak amacıyla birçok teknolojik materyal geliştirmiştir. Günümüz teknolojik ürün eldesinde fen, mühendislik ve matematik bilimlerinin ilkeleri birlikte işe koşulmaktadır.

### **2.3.1.3. Mühendislik**

Günlük hayatta karşılaşılan karmaşık problemlerin çözümünde, ürünlerin tasarım ve yapım aşamasında ihtiyaç duyulan temel bilgiyi içermektedir. Mühendislikte materyal oluşturma aşamaları; tasarım, yaratıcılık, matematik ve fen bilimleri ilkelerini kapsamaktadır. Öğrenciler çözüm için bir öneride bulunurken fen, matematik, mühendislik, teknoloji ve sanat gibi birçok disipline ait bilgileri kullanmaktadırlar. (Stone-MacDonald ve diğerleri, 2015).

### **2.3.1.4. Matematik**

Matematik daha çok sayılar ve sayılarla ilgili hesaplamalar şeklinde tanımlanmaktadır (Gilfeather ve del Regato, 1999). Kaliteli bir matematik eğitimi alan öğrenciler maruz kaldıkları değişik durumlar için matematik ilkelerini ve becerilerini kullanırlar (Common Core State Standards Initiative [CCSI], 2010). Kaliteli bir matematik eğitimi dış dünyayı anlamada, matematiksel düşünce ve mantıksal çıkarım yapmada, etkili olmaktadır.

## **2.3.2. 3D Tasarım ve 3D Tasarım Araçları**

3D Tasarım, genel olarak bilgisayar grafikleri kullanarak 3D modelleme için özel programlar ile canlı veya cansız bir nesnenin üç boyutlu matematiksel modellemesidir. (<https://akts.adu.edu.tr/programme-detail/2/4024/lecture/31122>, 2022)

MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünce 2023 Eğitim Vizyonunda 3D tasarım hakkında aşağıda verilen ifade yer almaktadır:

“Dijital becerilerin gelişmesi için içerik geliştirilecek ve öğretmen eğitimlerinin yapılması için önümüzdeki üç yıllık dönemde lise, ortaokul ve ilkokul seviyelerinde, okul dışında ve okulda öğretmene, öğrenciye, eğitim yöneticilerine, kamuya, eğitsel içeriği, müfredata, vb. yönelik yapılacak çalışmalar ile 3D Tasarım, elektronik tasarım, kodlama ve benzeri bilişimle üretim becerilerinin öğrenme süreçlerine entegrasyonu sağlanacaktır” (Yenilik Ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü [YEĞİTEK], 2019). Gün geçtikçe kendini yenileyen ve geliştiren 3D tasarım devrimi eğitimden sağlığa, mühendislikten arkeolojiye kadar pek çok alanda kendisini hissettirmektedir. Eğitim alanında kompleks yapıları daha da iyi öğretebilmek için 3D ürünler basılabilir. 3D tasarım ve baskı sayesinde çivi yazısı kullanılarak yazılmış tarihi tabletler ve madeni paralar gibi büyük değerlere sahip nesnelere çoğaltılabilir. Ayrıca giyecek üretimi amacıyla dikiş makinelerinde kullanılan parçalar 3D olarak basılabilir. Yakın gelecekte, sürdürülebilir kalkınma felsefesi kapsamında su pompalarından yaşam alanlarına kadar birçok şeyi üretebilecek daha büyük boyutlara yazıcıların üretileceği düşünülmektedir. (Canessa ve ark., 2013). Gerçek bir ürüne yazdırmanın ilk adımı, CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) isimli bir yazılım kullanarak onun sanal bir dijital 3D modelini yapmaktır (Canessa ve ark., 2013). 3D modelleme için SolidWorks, Tinkercad ve Auto Fusion 360 gibi yazılımlar mevcuttur. (Canessa ve ark., 2013).

### **2.3.2.1. Solidworks**

Solidworks iki ve üç boyutlu tasarım için kullanılan bilgisayar destekli bir programdır. Bu tasarım aracı günümüzde hem 2B hem de 3B tasarımlar için birçok tasarımcı tarafından tercih edilmektedir. Resmi veriler incelendiğinde Solidworks programının aktif olarak kullanılan en yaygın araç olduğu görülmektedir. Solidworks birçok güncel 3D tasarım programı gibi değişken tabanlı modelleme teknolojisine sahiptir. Solidworks ile modeller değişkenli yaklaşımlarla oluşturularak basit ve kolay düzenlenebilir bir yapı elde edilir. Bu tasarım aracı yardımıyla hazırlanan parça modelleri bir araya getirilerek ürün montajı kolayca yapılabilir. (<https://cadsay.com/solidworks-nedir>, 2022)

### **2.3.2.2. Tinkercad**

Tinkercad, basit şekiller kullanarak 3D modellerin oluşturulmasına izin veren ücretsiz bir web uygulamasıdır. Üç boyutlu tasarıma yeni başlayanlar için Tinkercad iyi bir seçimdir. Tinkercad çevrimiçi üç boyutlu tasarımlar yapılabilir, Autodesk tarafından kullanıma sunulan bir tasarım platformudur. Tinkercad diğer 3D tasarım araçlarına göre daha çok özelleştirilmiş ve sık tercih edilen internet tabanlı bir platformdur. Öğretmenler; Tinkercad platformunda öğrenenler için sanal sınıflar oluşturabilmekte ve öğrenenleri uzaktan takip edebilmektedirler. Tinkercad programının sağladığı bu kolaylıkla birlikte öğrenenler ve diğer tüm Araştırmacılar bu platformda ücretsiz tasarımlar oluşturabilirler. Bu tasarım aracında hazırlanan tasarımlar çevrimiçi hesaba kaydedilip paylaşılabilir veya tasarım dosyası olarak da dışa aktarılıp 3 boyutlu yazıcılarda yazdırılabilmektedir. Basit ara yüzü sayesinde bütün yaş gruplarındaki kullanıcılarca kullanılabilen programda sürükle bırak, boyutlandır ve gruplandır komutlarıyla 3D ürünleri kolayca tasarlamak mümkündür (Şahin ve Turan, 2018).

Tinkercad tarayıcı tabanlı bir yapıya sahip olduğundan ve herhangi bir güncel web tarayıcısında çalışabildiğinden, çok üst düzey donanımlara sahip bilgisayarlara gerek yoktur. İyi hazırlanmış bir giriş öğreticisi olarak yeni başlayanlar için çok uygundur. 3D modelleri basit temel şekillerle (küp, küre, piramit) inşa ederek çalışır. (Griffey, 2014).

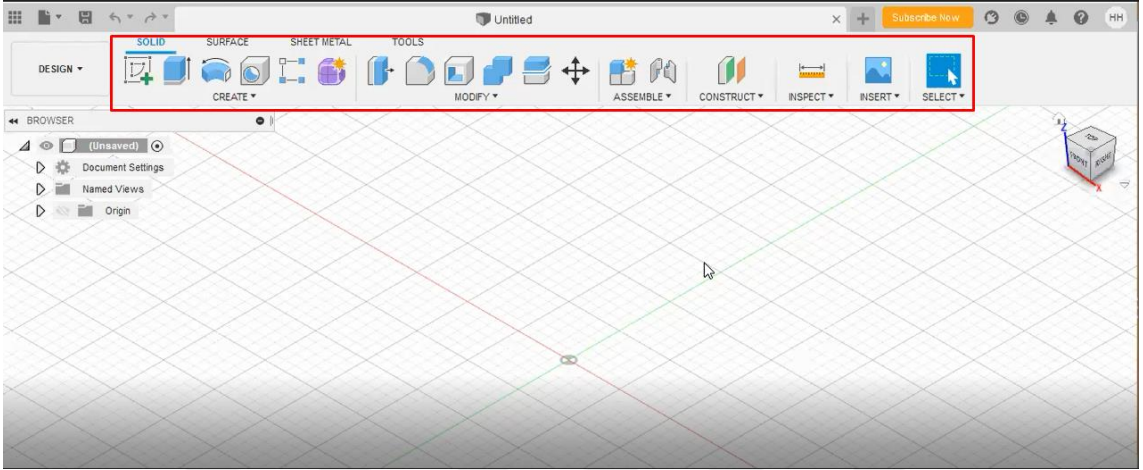
Tinkercad programı 3D tasarım, bilgi işlemsel düşünmenin alt bileşenleri olan yaratıcılık, eleştirel düşünme, algoritmik düşünme ve problem çözme boyutlarını etkileyecek özelliklere sahiptir. Bu özellikler göz önüne alındığında Tinkercad 21.yüzyıl becerilerinin bireylere kazandırılmasında önemli bir araç olarak görülmektedir (Deniz, 2020).

### **2.3.2.3. Fusion 360**

Fusion 360, üç boyutlu modeller yapılmasına imkân veren ve modeller üzerinde değişiklikler yapıp çıktı alabileceğiniz bir modelleme programıdır. Bu çalışmada ortaokul öğrencilerine daha uygun olduğu düşünüldüğünden fusion 360 programı tercih edilmiştir. Tasarım aracını edinebilmek için eğitim lisansı da kullanılabilir. Eğitim lisansı 3 yıl boyunca, orijinal bir Fusion 360 programı sağlamaktadır. (<https://www.autodesk.com/education/edusoftware/overview?sorting=featuredvefilters=>

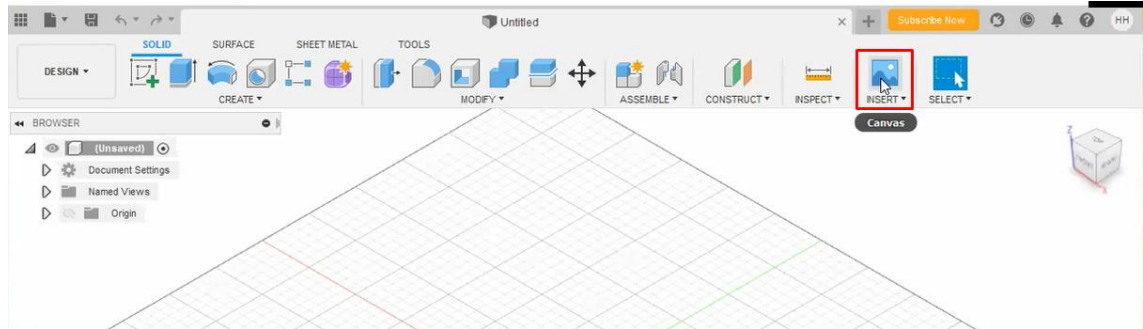
[individual](#), 2022,) Bu çalışmada da 3D tasarım aracı olarak Fusion 360 programından yararlanılmıştır. Fusion 360 programının araştırmacı tarafından tercih edilmesinin sebebi, diğer tasarım programlarına göre öğrencilerin yaş seviyelerine daha uygun olmasıdır.

Aşağıda Fusion 360 programındaki bazı araçların kullanımı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Fusion 360 oldukça pratik bir kullanıma sahiptir. Bu pratikliği sağlayan etkenlerden biri de programın araç çubuğudur. Araç çubuğunu gösteren görsel aşağıda verilmiştir.



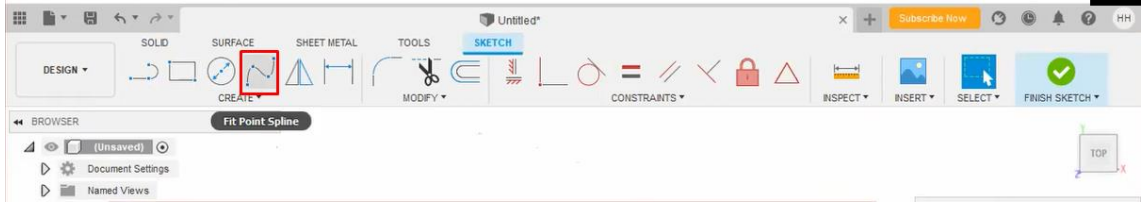
**şekil 3.** Fusion 360’da araç ubuğu.

Fusion 360’a 3D tasarımı yapılacak nesnenin görseli yüklenebilir. Görsel yklmeyi sağlayan araç görseli aşağıda verilmiştir.



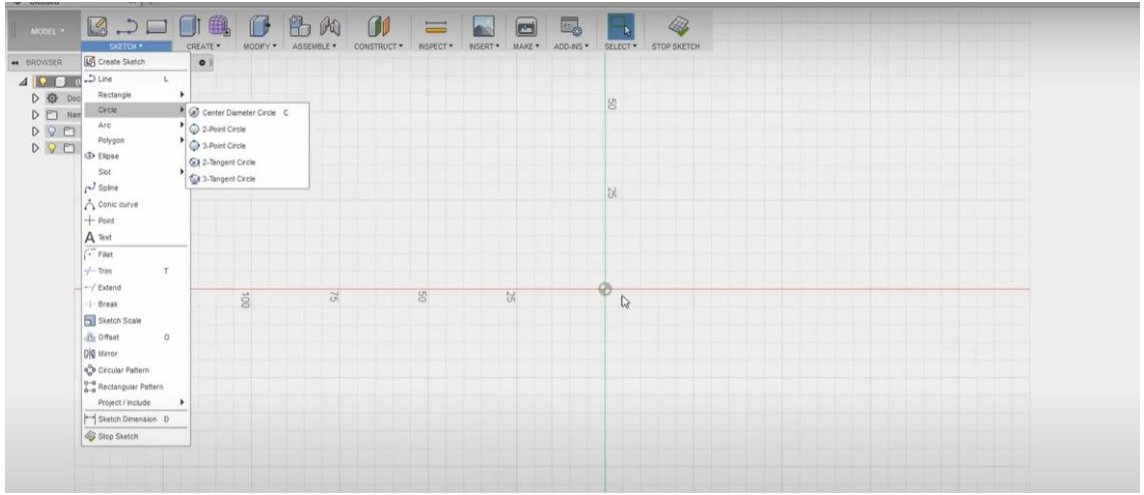
**şekil 4.** Fusion 360’da görsel yükleme aracı.

Programa yüklenen görsel ya da çizimin etrafını çizmek için “Spline” aracı kullanılır.

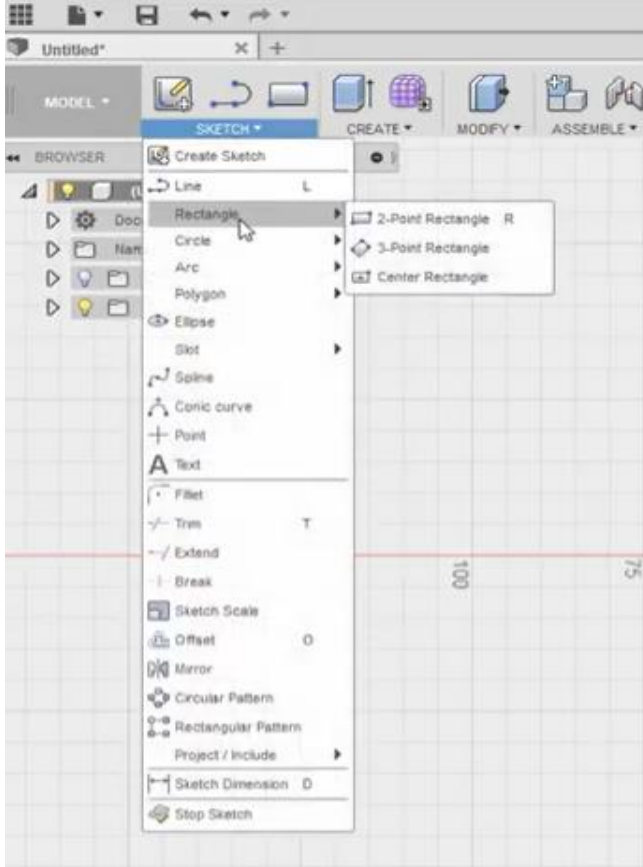


Şekil 5. Fusion 360’da kenar çizme (Spline) aracı.

Fusion 360’da otomatik daire ve dikdörtgen çizmek mümkündür. Bu işlem için “Circle” ve “Rectangle” sekmesi kullanılmalıdır.



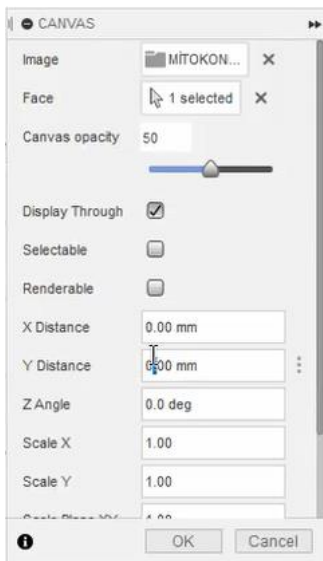
Şekil 6. Fusion 360’da daire çizme (Circle) aracı.



Şekil 7. Fusion 360'da dikdörtgen çizme (Rectangle) aracı.

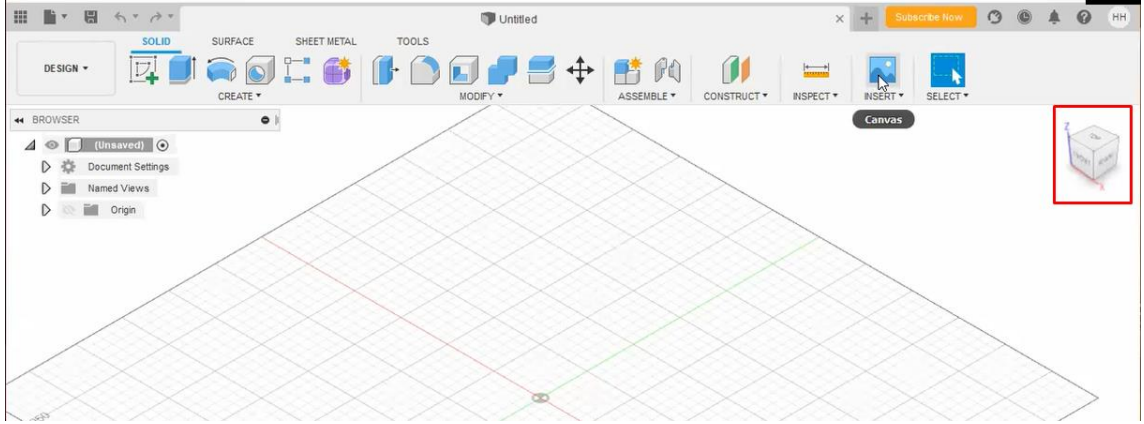
Fusion 360'da tasarıma fare yardımı ile en-boy-derinlik boyutları belirlenebildiği gibi klavye yardımı ile de doğrudan sayısal değer girilerek de bu boyutlar değerlendirilebilir

Değer girmeyi sağlayan araçlara ait görseller aşağıda verilmiştir.



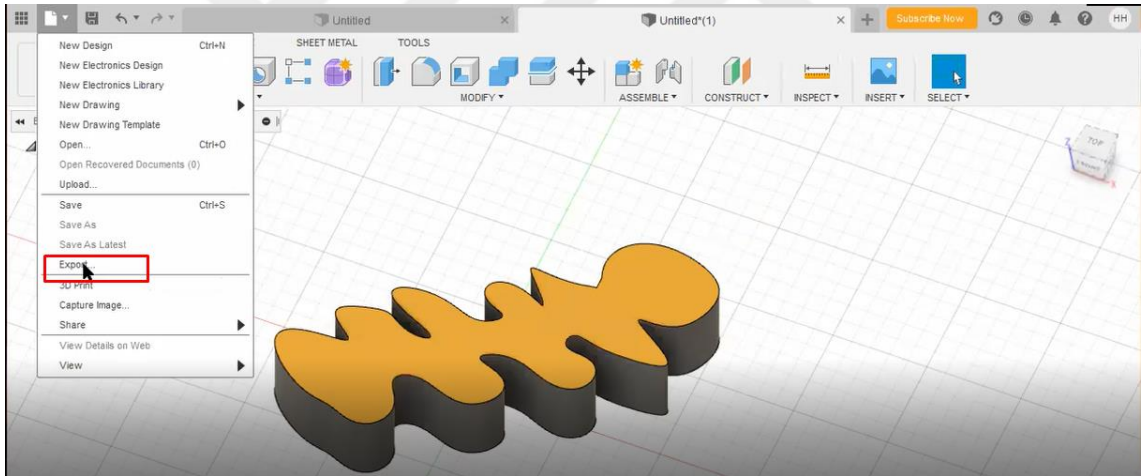
Şekil 8. Fusion 360'da değer verme aracı.

Tasarımın 3 boyutunun da aynı anda görülebilmesi için aşağıdaki görselde gösterilen XYZ küpünün hareket ettirilmesi gerekmektedir.



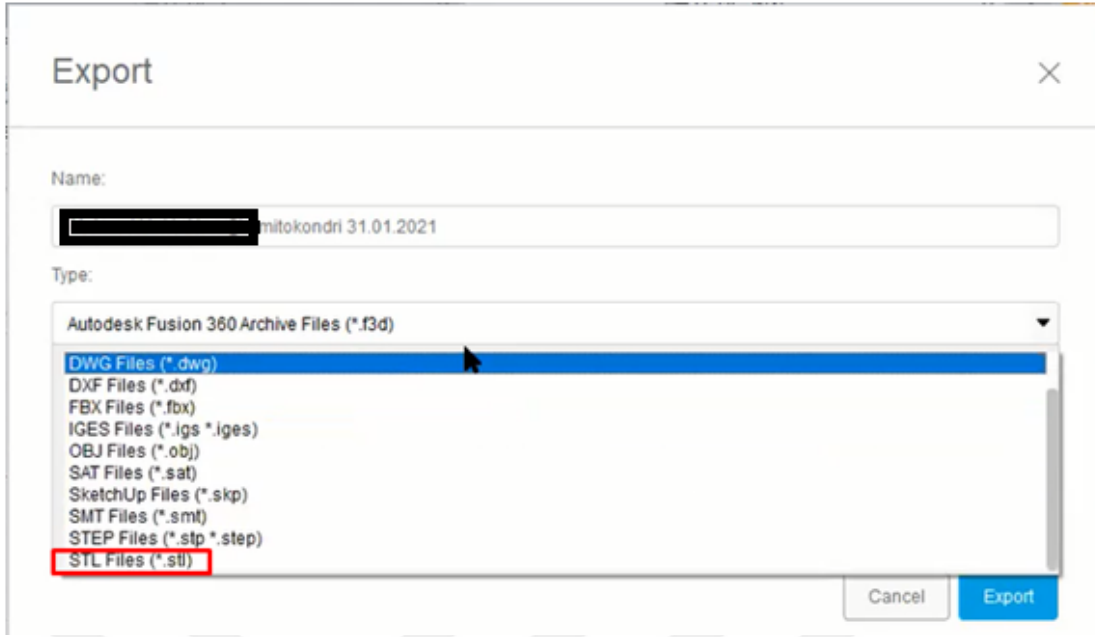
**Şekil 9.** Fusion 360’da tasarımı her yöne döndürme aracı.

Tasarım işlemi bittiğinde elde edilen tasarım “Export” aracı kullanılarak çıkarılır.



**Şekil 10.** Fusion 360’da tasarımında export.

Fusion 360’da yapılan tasarımı bilgisayara kaydetmek için “Name” yazılması ve “.stl” uzantısı seçilmelidir.



Şekil 11. Fusion 360’da tasarımı “name” ve “type” Araçları

### 2.3.3. 3D yazıcı

STEM eğitiminin yaygınlaşmasına yardımcı olan gelişmelerden biri 3D yazıcıların kullanımının artmasıdır. 3D yazıcılar yaygın bir şekilde kullanılan x-y eksenlerinde yazı yazabilen 2 boyutlu yazıcıların yerine sunulan ve x-y-z eksenlerinde çıktı almaya yarayan cihazlardır (Yılmaz, Arar ve Koç, 2013). 3D yazıcılarda çıktı alabilmek için öncelikle üç boyutlu tasarım yapılabilecek bir programa ihtiyaç duyulmaktadır. Baskısı yapılmak istenen nesne bu programda tasarlanmalı ve ardından yazıcıdan çıktı alınmalıdır. Yazıcı, programla oluşturulan tasarımı okumakta, en alttan en üste kadar parçalara ayırmakta ve daha sonra işleme başlamaktadır. İki boyutlu yazıcıların çalışma prensibiyle kıyaslanacak olursa, üç boyutlu yazıcının farkı, derinliği (3. boyut) sağlamak için en alttan en üste kadar baskı maddesini katman katman atarak nesneyi oluşturmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların keşfi Chuck Hull tarafından yapılmıştır. Hull, 1984 yılında üç boyutlu yazıcı anlamını taşıyan “stereolithography” terimini kullanmıştır. (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015). 3D yazıcıların gelişim süreci incelendiğinde bu teknolojinin 1980’li yıllara dayandığı ancak 2000’li yılların başlarında yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. 3D yazıcıların tercih edilir bir duruma gelmesi bu aygıtların seri üretimlerinin artmasını ve buna bağlı olarak fiyatlarının düşmesini sağlamıştır.

Fiyatlardaki düşüşle birlikte bu teknolojiyi ev kullanıcıları bile sahiplenmeye başlamıştır. (Çallı ve Taşkın, 2015; Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014). 3D baskı teknolojisinin mühendislik alanında bu kadar beğenilir ve tercih edilir hâle gelmesinin başlıca nedeni, konvansiyonel işleme süreçlerini incelediğimizde işlemin basit olması ve öğrenme deneyimini önemli derecede etkileyen basit sonuçlar vermesidir (Stamper ve Dekker, 2000).

3D yazıcıların eğitimde kullanılmaya başlaması yakın bir tarihe dayanmaktadır. 3D yazıcıların eğitimde kullanılmaya geç başlanmasına neden olarak, 3D ürün tasarımının zor olması ve cihazın baskı hızının yavaş olması gösterilebilir. (Yıldırım ve Çelik, 2018).

Eisenberg 2013 yılında yaptığı çalışmasında; 3D yazıcılarla öğrencilerin somut öğrenmelere sahip olmalarına, yaratıcı düşünme becerilerinin gelişmesine destek olacağını belirtmiştir. Eğitim alanında gerçekleştirilmiş 3D yazıcılarla ilgili çalışmaların çoğunun 3D materyal üretmeye yönelik olduğu görülür (Blauch ve Carroll, 2014). Yıldırım ve arkadaşları, (2018) öğrencilerin; başarı, ilgi, motivasyon, problem çözme gibi konularda beceri seviyelerini belirleyecek çalışmaların oldukça sınırlı olduğunu ifade etmişler ve bu durumun ortaya çıkmasında özellikle çalışmaların yeni olmasının, sınıf ortamlarında teknolojinin yaygın olarak kullanılamamasının etkili olduğunu belirtmişlerdir. Öğrenciler tarafından, 3D yazıcılarla çeşitli becerilerin ortaya koyulabileceği çalışmaların eğitim alanında oldukça etkili olması beklenmektedir. (Brown, 2015). 3D yazıcı kullanımının yaygınlaşması ile öğretmen ve öğrenci arasındaki etkileşim artacaktır. Bunun yanı sıra öğrencilerin fikir boyutundaki kavramlarının dokunulabilir nesnelere dönüşmesi ile yaratıcılık ve yenilikçi düşünce becerisi kazanmaları da beklenmektedir (Kökhan ve Özcan, 2018).

Alanyazın incelendiğinde 3D yazıcı teknolojisinin eğitimde henüz istenen düzeyde kullanılmadığı gerçeği ile karşılaşmıştır. Kökhan ve Özcan (2018) yaptıkları çalışma ile 3D baskı teknolojisinin hem eğitimde hem de eğitim sonrası iş hayatında önemli avantajlar sağlayabileceği sonuçlarına ulaşmıştır. Bu araştırmalar 3D yazıcı destekli eğitimin önemini ortaya koymaktadır.

Çoban (2017), 7. sınıf fen bilimleri öğretim programından “Güneş Sistemi ve Ötesi” ünitesinin 3D bilgisayar modelleri ile öğretilmesinin öğrenci başarısına etkisinin

araştırıldığı çalışmada; ünitenin 3D bilgisayar modelleri ile öğretildiği grupta kontrol grubuna göre öğrencilerin daha başarılı olduğunu belirlemiştir.

Bir başka çalışmada eğitimde 3 boyutlu yazıcıların kullanımının,

- görerek, dokunarak, somut, kalıcı öğrenmelerin gerçekleştirdiği
- öğrencilerde problem çözme, karar verme, yaratıcılık, bilgisayar okuryazarlığı gibi çeşitli becerilerin geliştirdiği
- öğrencinin merakının ve ilgisinin artırılarak dersin daha eğlenceli hale dönüştürülebildiği
- öğrencilerin elde ettikleri bilgilerin gerçek yaşamdaki yerini somut bir biçimde görebildiği
- öğrenme-öğretme materyallerinin daha ekonomik ve hızlı bir biçimde temin edildiği
- geçmiş ve gelecek üretim araçları bağlamında sosyal değişimin kavratılmasına ve geleceğin üretici vatandaşlarının yetiştirilmesine katkı sağlayabildiğine dair sonuçlar yer almaktadır (Karaduman, 2017).

Kökhan ve Özcan (2018), çalışmasında eğitim sistemlerinin bu yeni teknolojiye uygun hâle getirilmesi ve eğitim içeriklerinin bu teknolojilerle daha bağlantılı bir yapıya dönüştürülmesi gerektiğini, böylece eğitim verimliliğinin artabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte Şen (2018) çalışmasında 3D STEM uygulamaları sayesinde öğrencilerin Fusion 360 kullanımı ile temel 3D modelleme yapmaları ve 3D yazıcı kullanarak ürün elde etmeleri sağladığını, bilgi ve iletişim teknolojileri ve dijital teknolojinin yer verildiği STEM etkinlikleriyle öğrencilerin mühendislik ve yenilikçilik becerilerinin etkili olduklarının görüldüğünü belirtmiştir. Ayrıca aynı çalışmada; STEM etkinliklerinde teknolojik araç-gereç kullanımı ve uygulamaları ile öğrencilerin bu alanlarda beceri gelişimlerinin olabileceği ve gelecekte etkili olacak bu mesleklere sahip olabilecekleri de ifade edilmiştir.

Bilgisayar destekli öğretimi temeline koyan bir başka çalışmada teknolojilerle desteklenen öğretim tasarımları sonucunda öğrenci akademik başarısının ve performansının arttığı belirtilmiştir (Demirbaş ve Demirkan, 2003). Güven ve Sülün (2012)'ün yaptığı bir çalışmada, bilgisayar destekli öğretimin uygulandığı deney grubu

öğrencilerinin son test başarı puanları ile geleneksel öğretim yöntemlerinin kullanıldığı kontrol grubu öğrencilerinin son test başarı puanları arasında deney grubu açısından anlamlı bir farkın olduğu belirlenmiştir.

Alanyazın, eğitimde 3D yazıcı teknolojisinin kullanılmaya başlamasının yakın tarihlere dayandığı görüşünde birleşmektedir. Ayrıca 3D yazıcı teknolojisinin eğitimde henüz istenen düzeyde kullanılmadığı gerçeğiyle de karşılaşmıştır.

Gürel Taşkiran (2019), araştırmasında, öğrencilerin fen eğitiminde 3D yazıcı kullanımına ilişkin oldukça olumlu görüşlere sahip olduğu belirlemiş, 3D yazıcının fen eğitiminde kullanılmasının öğrencilerin bu teknoloji ile ilgili farkındalık düzeylerine olumlu yönde katkı sağladığını ifade etmiştir.

Alanyazın incelemesinde karşılaşılan bir başka çalışmada; STEM eğitimi kapsamında yapılan, 21 yüzyıl öğrenen becerileri, 3D yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının öğretmen adayları üzerinde olumlu ve anlamlı bir etki bıraktığından bahsedilmektedir. Bunun yanı sıra aynı çalışmada; öğretmen adaylarında, STEM eğitimi kapsamında yapılan 3D yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının fen bilimleri konularına olan ilgi ve tutumu artırdığı, fen bilimleri konuların entegrasyonunda sıkıntı yaşanmayacağı ve bu uygulamaların öğretici, eğlenceli, faydalı olduğunu bildirilmiştir (Güleryüz, 2020).

Bununla birlikte Şen (2018) çalışmasında 3D STEM uygulamaları sayesinde öğrencilerin Fusion 360 kullanımı ile temel 3D modelleme yapmaları ve 3D yazıcı kullanarak ürün elde etmeleri sağladığını, bilgi ve iletişim teknolojileri ve dijital teknolojinin yer verildiği STEM etkinlikleri sayesinde öğrencilerin mühendislik ve inovasyon becerilerinin etkili olduklarının görüldüğünü belirtmiştir. Ayrıca aynı çalışmada; STEM etkinliklerinde teknolojik araç-gereç kullanımı ve uygulamaları ile öğrencilerin bu alanlarda beceri gelişimlerinin olabileceği ve gelecekte etkili olan bu mesleklerde yer edinebilecekleri de ifade edilmiştir. Çalışmada mühendislik tasarımı odaklı bütünleşik STEM etkinliklerinde yer alan üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin akıl yürütme, problem çözme, ilişkilendirme, mühendislik, inovasyon, yaratıcılık, iletişim ve işbirliği, yaşam ve kariyer becerilerini kullandıkları ortaya çıkmıştır. Katılımcıların STEM eğitimi öncesi ve sonrasında STEM ve STEM eğitimine yönelik görüşlerine bakıldığında ise STEM eğitiminin STEM disiplinlerini tanımlamada, ilgi ve motivasyon sağlamada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. STEM etkinlikleri süresince

uygulama ortamının ve etkinlik içeriklerinin STEM becerilerinin ortaya konulmasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Bilgisayar destekli öğretimi temel alan bir araştırmada teknolojilerle desteklenen öğretim tasarımları sonucunda öğrenci akademik başarısının ve performansının arttığı belirtilmiştir (Demirbaş ve Demirkan, 2003). Güven ve Sülün (2012)'ün yaptığı bir çalışmada, bilgisayar destekli öğretimin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin son test başarı puanları ile geleneksel öğretim yöntemlerinin kullanıldığı kontrol grubu öğrencilerinin son test başarı puanları arasında deney grubu açısından anlamlı bir farkın oluştuğu belirlenmiştir.

STEM uygulamaları kapsamında 3D yazıcı kullanımına yönelik fen bilimleri öğretmen adaylarının görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlayan bir başka araştırmada öğretmen adaylarının 3D Yazıcıları kullanmaları onların çözüm odaklı ve daha üretken olmalarını sağladığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda öğretmen adayları 3D yazıcıları; öğrenmede kolaylık sağlayan, bilgileri somutlaştıran, öğrenme sürecinde materyal desteği sağlayan ve 21 yy. becerilerine ait olan bir teknoloji olarak tanımlamışlardır (Güleryüz, Dilber ve Erdoğan, 2019).

## BÖLÜM 3

### YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın türü, çalışma grubu, veri toplama ve araştırma süreci, araştırmacının rolü, veri toplama araçları ve verilerin analizine değinilmiştir.

#### 3.1 Araştırmanın Modeli

Çalışmada, bir nitel araştırma yöntemi olan durum çalışması modeli kullanılmıştır. Fraenkel ve Wallen (2009) nitel araştırmayı farklı durumların, etkinliklerin ve ilişkilerin derinlemesine inceleyen, ayrıntılı araştırmaları içeren ve bütüncül bir metodla ele alan çalışmalar olarak tanımlamaktadır. Nitel araştırma, sosyal ya da kişisel bir durumu kompleks ve bütüncül bir metodla ele alan, doğal ortamında farklı perspektiflerden inceleyen araştırma yöntemidir (Richardson ve Ginsburg, 1999). Yıldırım ve Şimsek (2011) ise nitel araştırmayı; gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasında, izlenen yol olarak tanımlamaktadırlar.

Creswell (2009), belli bir bağlam içerisinde yer alan özel durumların incelemesinde durum çalışmaları uygun görülmektedir. Durum çalışmaları eğitim-öğretimde yer alan program, kişi, süreç veya sosyal grup gibi belli vakâların özüne inilerek yapılan araştırmaları içerir (Merriam, 1988). Fraenkel ve Wallen, (2009) durum çalışmalarında ele alınan özel durumların kişi, program, sınıf, okul gibi örnek durumlar olabileceği gibi bir sürece yönelik durumlar da olabileceğini belirtmiştir. Durum çalışması, Yin (2003) tarafından tek durum ve çoklu durum çalışmaları olarak ele alınmıştır. Tek durum çalışmaları adından da anlaşıldığı gibi bir birey, program veya süreç gibi tek bir analiz birimini incelemektedir. Bütüncül tek durum, tek bir duruma (bir birey, bir program, vb.) yönelik yapılan çalışmalardır.

Çalışmada “Uzaktan eğitim yoluyla verilen üç boyutlu fen materyali tasarım eğitimi” vaka olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda katılımcılara uzaktan eğitimle 3D tasarım eğitimi verilmiş ve katılımcılardan 3D hücre ve organel modelleri tasarlamaları istenmiştir.

### 3.2 Katılımcılar

Nitel araştırmalar elde edilen sonuçlardan bir genelleme amacı çoğunlukla taşımaz. Patton (2002) nitel araştırmaların genellikle küçük çalışma grupları veya az sayıdaki katılımcılar ile derinlemesine bir yaklaşım içinde gerçekleştirilen çalışmalar olduğunu belirtmiştir. Beş katılımcı, araştırmacının daha önce uzaktan eğitim verdiği 7. sınıf öğrencileri arasından gönüllülük esasına dayalı olarak belirlenmiştir.

### 3.3 Veri Toplama Araç ve/veya Teknikleri

Çalışmanın inandırıcılık ve geçerliğini artırmak adına veriler çeşitleme yapılarak toplanmıştır. Araştırmada katılımcılar evrimii etkinlikler esnasında gözlem formu kullanılarak gözlemlenmiş ve yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak katılımcılarla görüşme yapılmıştır. Görüşme yönteminde amaç; bireyin olaylara nasıl baktığını ve olayları nasıl gördüğünü anlamaktır. Görüşme yöntemi kolay gibi görünmesine rağmen beceri, duyarlık, yoğunlaşma gibi birçok özelliğe sahip olunması gerektirdiği için hem bir sanat hem de bilimdir. Çalışmada elde edilen baskılar ayrıca doküman olarak incelenmiş ve veri kaynağı olarak kullanılmıştır (Patton, 2002).

#### 3.3.1. Gözlem

Bu çalışmada gözlem verisi elde etmek için, çalışma esnasında kaydedilen ekran videoları araştırmacı tarafından geliştirilen ve iki ayrı alan uzmanının görüşleri doğrultusunda son hâli verilen gözlem formu kullanılarak, araştırmacı dışında bir alan uzmanı tarafından izlenmiş ve ilgili gözlemler yapılarak gözlem notları oluşturulmuştur. Gözlem formunda yer alan kriterler;

- Verilen eğitimi anlama,
- Tasarım programını kullanabilme,
- Sahip olunan bilgiyi tasarıma aktarma,
- Tasarım süreci,
- Yapılan tasarımı değerlendirme,
- Üretilen modeli değerlendirme,
- Model tasarlama sürecinde uzamsal becerileri işe koşma,
- Özgünlük, ayrıntıya yer verme,
- Modele son halinin verilmesi,

- Elde edilen ürünün değerlendirilmesi şeklindedir.

### 3.3.2. Görüşme

Araştırmada araştırmacı tarafından geliştirilen ve iki alan uzmanının görüşüne sunulmuş son hâli verilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak katılımcıların görüşleri toplanmıştır. En yaygın kullanımı, yüz yüze veya telefonla olsa da bu çalışma bir uzaktan eğitim platformu olan ZOOM ile gerçekleştirilmiştir. Görüşme bir uzaktan eğitim platformu olan ZOOM ile gerçekleştirilmiştir. Görüşmede katılımcılara yöneltilen ana sorular ve yardımcı sorular aşağıda verilmiştir.

1. Tasarım ne demektir?
  - 1.1. Yaptığınız uygulamaları göz önünde bulundurarak 3D ve tasarım kavramları arasındaki ilişkiyi açıklar mısınız?
  - 1.2. Hücre modeli tasarlarken nelere dikkat ettiniz?
  - 1.3. Yaptığınız uygulamaların tasarımı aşamasında karşılaştığınız zorluklardan bahsedebilir misiniz?
  - 1.4. Zihninizde oluşturduğunuz 3D hücre modeli ile 3D yazıcıdan çıktı olarak alınmış ürününüzün ne derece örtüştüğünü düşünüyorsunuz? Fark var ise bu farkın sebebi ne olabilir?
  - 1.5. İleride bir tasarımcı olursanız ne tasarlamak istersiniz? (Evet) Tasarımı nasıl yaparsınız? Bu tasarımdaki amacınız ne olur?
2. Uygulamalarda kullandığınız “Fusion 360” programı hakkında düşünceleriniz nelerdir?
  - 2.1. “Fusion 360” programı zihninizdeki tasarımları yapmanız için yeterli oldu mu? Yoksa zihninizdekileri tasarımlarınıza yansıtmakta zorluk çektiniz mi? Açıklayınız.
  - 2.2. Uygulama öncesi yaptığınız model çizimleri ile tasarımlarınızın ne derece örtüştüğünü düşünüyorsunuz? Fark var ise bu farkın sebebi ne olabilir?
3. Fen öğretiminde sizce 3D tasarımın veya 3D cismin önemi nedir?
4. 3D yazıcılar hakkında bildiklerinizi paylaşır mısınız? Bu bilgileri nereden ve nasıl edindiniz?
  - 4.1. Günümüzde 3D yazıcılar hangi alanlarda kullanılmaktadır? (Verilen cevaplara göre; 3D yazıcıların bu alanlarda kullanım amaçları nelerdir?)

4.2. 3D yazıcılar evlerde hangi amaçla kullanılabilir? Örnek verebilir misiniz?

4.3. 3D yazıcılar okullarda kullanılabilir mi? (Evet, Hayır) Neden kullanılabilir/mez? (Evet) Hangi amaçla kullanılabilir?

### 3.3.4. Doküman İncelemesi

Doküman incelemeleri yazılı kaynakları ve araştırmalarda elde edilen bazı ürünleri, uygulamada elde edilen kayıtları eleştirel bir bakış açısıyla inceleyip sözcükler yoluyla ifade ederek veri elde etmeyi sağlamaktadır (Creswell, 2012). Bu çalışmada da doküman olarak uygulamada elde edilen 3D baskılar amaca uygunluk bakımından incelenmiştir. Doküman incelemesi esnasında;

- Üretilen modelin değerlendirilmesi,
- Modelde uzamsal becerilerin kullanılması,
- Modelde ayrıntıya yer verilmesi,
- Modelin gerçeğe yakın olması kriterleri dikkate alınmıştır.

### 3.4. Güvenirlik ve Geçerlik

Çalışma nitel bir araştırma olduğundan güvenirlilik kavramı yerine inandırıcılık kavramı kullanılmıştır. İnandırıcılık için araştırmada kaydedilen çevrimiçi görüşmelerin yazıya dökümünün tutarlı olması için farklı zamanlarda iki farklı çözümleme yapılmış ve çözümler karşılaştırılmıştır. Çalışmanın geçerliğinin sağlanması amacıyla görüşme soruları hakkında uzman görüşü alınmıştır. Görüşme kayıtları hassas bir şekilde analiz edilmiştir. Geçerliğin yüksek olması için çeşitli kaynaklardan veri toplanmıştır.

Araştırmacı gözlem notları, katılımcı görüşleri ve dokümanlardan yararlanılmıştır.

Gözlem notları araştırmacı dışında bir alan uzmanı tarafından tutulmuştur.

### 3.5. Verilerin Toplanması

Tasarım uygulamaları sürecinde araştırmacı tarafından katılımcılara çevrimiçi olarak 3D tasarım uygulamasının nasıl yapılacağına dair eğitim verilmiştir. Yine bu süreçte araştırmacı tarafından fen bilimleri dersi öğretim programındaki ilgili 7. Sınıf 2. ünite hücre konusu kazanımlarını destekleyecek tasarım etkinlikleri belirlenmiştir. Etkinlik içeriklerine ait metin (Ek-A) çevrimiçi oturum gerçekleştirilmeden en az 2 gün önce katılımcılarla uygun iletişim kanalları aracılığıyla paylaşılmış ve katılımcılardan ilgili etkinlik hakkında düşünceleri istenmiştir. Çevrimiçi oturum

esnasında daha önce paylaşılan etkinlik yönerge metni araştırmacı moderatörlüğünde ve katılımcılarla birlikte incelenmiştir. İnceleme işlemi ardından katılımcılardan tasarımlarını yapmaları istenmiştir. Tasarımların yapım aşamaları araştırmacı tarafından ekran videosu olarak kaydedilmiştir. Tasarım uygulamaları süreci beş haftada tamamlanmıştır. Katılımcılar sadece 3D tasarım yapmış, 3D baskısı almamışlardır. Tasarımlar araştırmacı tarafından temin edilmiş olan 3D yazıcıda yazdırılmıştır. Tasarım süreci ve elde edilen ürünler hakkında katılımcılarla yapılandırılmış bireysel görüşme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 3D yazıcıdan elde edilen ürünler araştırmacı tarafından doküman olarak incelenmiştir. Doküman analizi beş aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar, dokümanlara ulaşma, orijinalliği kontrol etme, dokümanları anlama, veriyi analiz etme ve veriyi kullanmadır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Doküman analizinin güçlü yönlerini Bailey (1982) kolay ulaşılamayacak özneler, tepkiselliğin olmaması, uzun süreli veya zamana yayılmış analiz, örneklem büyüklüğü, bireysellik ve özgünlük, görece düşük maliyet ve nitelik olarak yedi boyutta incelemiştir. Bailey (1982) doküman analizinin zayıf yönlerini ise olası yanlılık, seçilmişlik, eksiklik, ulaşılabirlik, örneklem yanlılığı, sınırlı sözel davranış, standart bir formatın olmaması ve kodlama güçlüğü olarak ifade etmiştir. Katılımcıların araştırma boyunca ürettiği dokümanlar (ekran videoları, ekran resimleri, fusion 360 dosyaları ve 3D yazıcı çıktıları) araştırmacı tarafından incelenmiştir. Ayrıca araştırmacı etkinlik yapım aşamalarını ekran videosu şeklinde kaydetmiştir. Araştırmacı gerek gördüğü durumlarda ekran görüntüsü kaydedip doküman olarak incelemiştir.

### **3.6. Araştırma Süreci**

Tasarım uygulamaları öncesinde geçirilen dört haftalık süreçte, etkinlik içeriklerinin oluşturulması, gözlem ve görüşme formlarının oluşturulması, uzman görüşlerinin alınması ve katılımcıların belirlenmesi işlemlerinin her biri için birer hafta zaman ayrılmıştır. 1. hafta fen bilimleri öğretim programı 7. sınıf, 2. ünite kazanımlarından “Hayvan ve bitki hücrelerini ve temel kısımlarını karşılaştırır.” Kazanımı doğrultusunda etkinlik içerikleri oluşturulmuştur. 2. hafta gözlem ve görüşme formlarında yer alan sorular hazırlanmıştır. 3. haftada ise bu sorulara uzman görüşleri doğrultusunda son hâlleri verilmiştir. 4. haftada katılımcılar belirlenmiştir.

Tasarım uygulamaları için geçirilen beş haftalık süreçte, katılımcılara uygulamaya yönelik bilgi verilmesi için bir hafta, fusion 360 ile 3D tasarım eğitimi için iki hafta tasarımların yapılması için ise üç hafta zaman ayrılmıştır.

Tasarım uygulamaları sonrası geçirilen yedi haftalık süreçte, tasarım videolarının araştırmacı tarafından izlenmesi için üç hafta, 3D baskı alınması için bir hafta, videoların gözlemci tarafından izlenmesi ve gözlemci notlarının tutulması için iki hafta, bireysel görüşmeler verilerin analizi için ikişer hafta ve verilerin raporlaştırılması için ise bir hafta zaman ayrılmıştır. Toplam on altı haftalık bu süreci belirten Tablo 1 aşağıda verilmiştir.



Tablo 1

*Tasarım Uygulamaları Çalışma Takvimi*

Yapılanlar (Hafta)	H1.	H2.	H3.	H4.	H5.	H6.	H7.	H8.	H9.	H10.	H11.	H12.	H13.	H14.	H15.	H16.
Etkinlik İçeriklerinin Oluşturulması	X															
Gözlem ve Görüşme Formlarının Oluşturulması		X														
Uzman Görüşlerinin Alınması			X													
Katılımcıların Belirlenmesi				X												
Uygulamaya Yönelik Katılımcılara Bilgi Verilmesi					X											
Fusion 360 ile Tasarım Eğitimi Verilmesi					X	X										

Yapılanlar (Hafta) | H1. H2. H3. H4. H5. H6. H7. H8. H9. H10. H11. H12. H13. H14. H15. H16.

Tasarımların Yapılması

X X X

Tasarım Videolarının  
Araştırmacı Tarafından  
İzlenmesi

X X X

3D Baskı Alınması

X

Tasarım Videolarının  
Gözlemci Tarafından  
İzlenmesi ve Gözlemci

X X

Notlarının Tutulması

Bireysel Görüşmeler

X X

Verilerin Analiz

Edilmesi

X X

Verilerin Raporlaştırılması

X

### **3.7. Verilerin Analizi**

Katılımcıların etkinlikler esnasında yaptıkları çalışmalara dair ekran videoları dijital ortamda dosyalanmıştır. Videolar araştırmacı dışında bir alan uzmanı tarafından izlenmiş ve bu şekilde süreç gözlenerek, gözlemci notları oluşturulmuştur. Etkinlik sonlarında katılımcılarla yapılan görüşme kayıtları da dosyalanmıştır. Etkinliklerden elde edilen dokümanlar amaca uygunluk bakımından incelenmiştir. Dosyalama işlemleri her bir katılımcı için ayrı ayrı yapılmıştır. Elde edilen bütün verilerin betimsel analiz ve içerik analiz yöntemleri kullanılarak çözümlenmesi yapılmış ve temalar elde edilmiştir. Veri analizi aşamasında çeşitli yöntemlerle elde edilen veriler düzene konular, daha kolay anlaşılabilir ve yorumlanabilir hale getirilir. Veri setinde doğrudan görülemeyen, ancak kavramsal kodlama ve sınıflama yoluyla ve bu temalar arası anlamlı ilişkilerin ortaya çıkarılması analiz sürecinin temel işlevidir (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

## BÖLÜM 4

### BULGULAR

Araştırmanın amacı doğrultusunda katılımcılardan elde edilen görüşme verilerinin, gözlemci notlarının ve fotoğraf, video ve 3D baskı dokümanlarının analiz edilmesiyle bulgular elde edilmiştir. Bu bulguların ortak noktalarından yola çıkılarak ve farklı veri kaynaklarından elde edilen verilerin benzerliklerinden yararlanılarak temalar ortaya çıkarılmıştır. Bu temalar; tasarım, fen eğitiminde 3D tasarım, 3D tasarım süreci, 3D tasarım uygulamalarının güçlü ve zayıf yönleri şeklindedir ve aşağıda verilmiştir.

#### 4.1. Tasarım

Katılımcıların tasarım ve 3D tasarım kavramlarına ilişkin görüşleri, gözlemci notlarının incelenmesi ve video kayıtlarından alınan ekran resimleri doğrultusunda ulaşılan temalardan biri tasarımdır. Katılımcılar tasarım kavramını, ürüne dair düşünceler, 3 boyutlu çalışmalar, ürünün prototipi ve insanlığın problemlerinden herhangi birine çözüm olarak algılamaktadırlar. Katılımcılar tasarımı bir problemin çözümü için ortaya çıkan ürünler ile ilişkilendirerek açıklamak istemişlerdir. Katılımcıların tasarım ile ilgili sorulara yanıt verirken; tasarımı bir ürünle açıklama ihtiyacı hissettikleri görülmüştür. Tasarım denildiğinde; katılımcılar genelde insanlığın işine yarayacak şeylerden bahsetmektedirler. Ayrıca katılımcılar tasarımlarını matematik becerileri, uzamsal beceriler ve bilgisayar kullanma becerileri iş birliğiyle yapmışlardır.

Bu duruma ilişkin katılımcı görüşleri aşağıda verilmiştir.

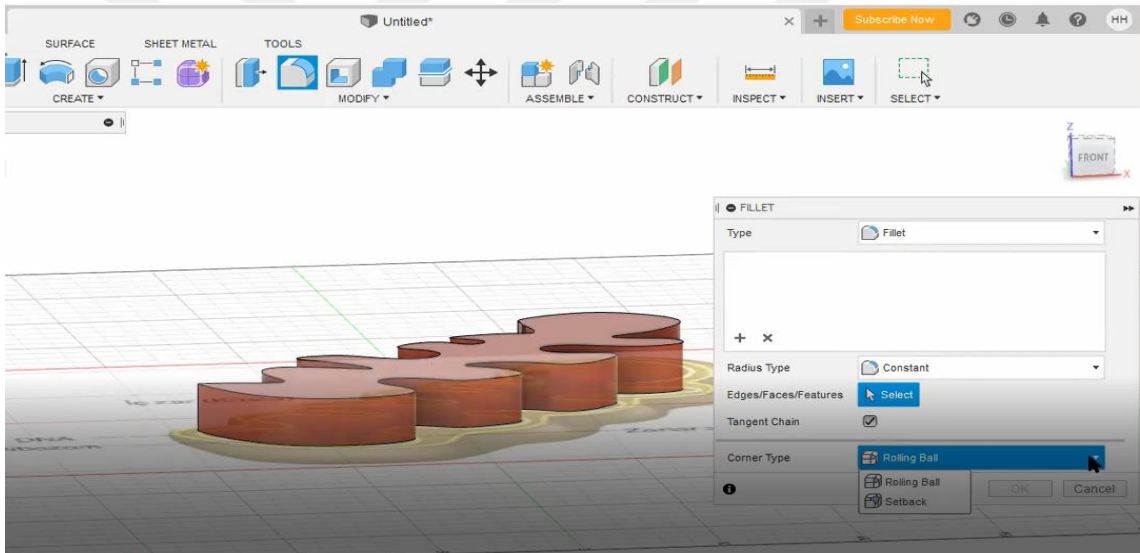
**Katılımcı 1:** *Tasarım bir aletin, mesela SIHA'ların üretim aşamasında ürün oluşturulmadan önce ürünün nasıl bir şey olacağına dair yapılan düşüncelerin olgunlaştırılmasıdır. Ben tasarımlarımı yaparken matematik bilgimi de kullandım. Mesela X, Y ve Z eksenlerine değerler verirken "Koordinat Sistemi" konusu aklıma geldi ve bu durum işimi kolaylaştırdı. Ayrıca tasarlayacağım modelin en-boy oranlarını kendimce tahmin etmeye çalıştım. Tasarımlarımın eni ve boyu için programa gireceğim sayısal değerlere bu şekilde karar verdim.*

**Katılımcı 2:** *Tasarım bir konu ile ilgili yapılanları başkasına sunmak için yapılan 3 boyutlu çalışmalardır. Zaten tasarım kelimesi tasarlamaktan geliyor.*

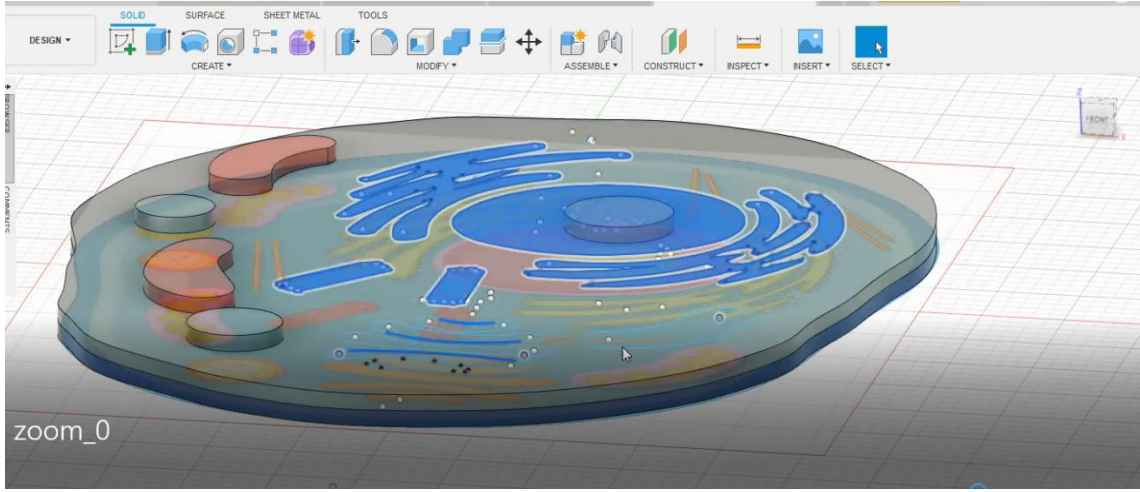
**Katılımcı 3:** *Tasarım bir ürün oluşturmadan önce ürünün nasıl olacağına dair önceden hazırlanan çalışmalara denir. Tasarımımı yaparken bir an iyi ki bilgisayar kullanmayı iyi biliyorum diye aklımdan geçirdim. Yoksa tasarımı yaparken çok zorlanırdım.*

**Katılımcı 5:** *Bir ürün üretilmeye karar verildiğinde ürünün hangi özelliklere sahip olması gerektiğine dair sorulara, tasarımcının zihninde verdiği yanıtlara tasarım denir.*

Katılımcıların Fusion 360 programında bir problemin çözümüne yönelik tasarımları yaparken oldukça dikkatli davrandıkları görülmüştür. Katılımcıların organel ve hücre modelleri tasarımlarına yönelik yaptıkları çalışmaları gösteren bazı ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.1.** Mitokondri tasarımına ilişkin bir görsel



**Şekil 4.2.** Hayvan hücresi tasarımına ilişkin bir görsel

Katılımcıların tasarım ve 3D tasarım kavramlarını ilişkilendirebildikleri, 3 boyutlu modelleri tasarım olarak kabul ettikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca bazı katılımcılar 3D kavramını açıklarken X, Y ve Z eksenlerinden de bahsetmiştir. Bu duruma ilişkin katılımcı görüşleri aşağıdaki gibidir.

**Katılımcı 1:** *Eni boyu ve yüksekliği olan her şey üç boyutludur, tasarımda üç boyutun da kullanılması gerekir.*

**Katılımcı 2:** *X, Y ve Z eksenlerindeki değerler 3D'yi oluşturmaktadır. Tasarım ise bir konu hakkında bir şey oluşturmaktır. 3 boyutlu tasarım ise 3 eksene sahip ürünler oluşturmaktır.*

**Katılımcı 3:** *Üç boyutlu demek en boy ve derinliği olan cisim demektir, tasarım ise insanların bazı şeyleri daha iyi anlatabilmek için (gerçek ürünü oluşturmak amacıyla) yaptıkları çalışmalardır.*

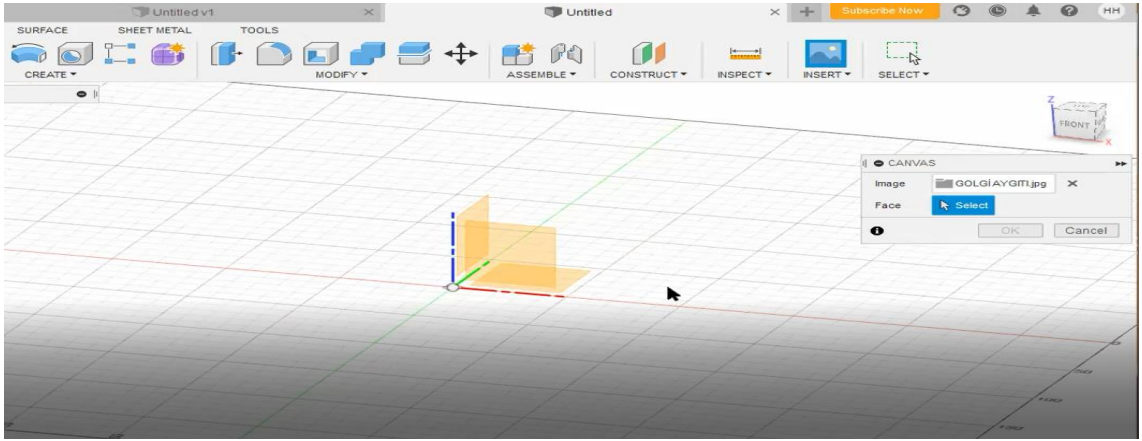
**Katılımcı 4:** *Tasarımda üç boyutun olması gerekiyor 3 boyutun olması tasarımı oluşturan unsurlardan biridir.*

**Katılımcı 5:** *Tasarım ve 3D kavramları birbirleriyle ilişkili kavramlardır. Tasarımı bir çizimden ayıran en temel özellik 3 boyuta sahip olmasıdır.*

Katılımcıların, 3D olarak nesneyi oluşturan en, boy ve yükseklik değerlerini kullandıkları gözlemci notlarından anlaşılmaktadır. Bu durumu açıklayan gözlemci notu aşağıda verilmiştir.

*“Bazı katılımcıların tasarımda 3D'yi oluştururken en, boy, yükseklik eksenlerini kullandığı bu eksenler için 3D tasarım programında, x, y ve z eksenlerini kullandıkları gözlemlenmiştir. Katılımcılar Fusion 360 programında tasarım yaparken üç boyutu da doğru ve aktif bir şekilde kullanmışlardır.” (17.06.2021)*

Programda üç boyutu gösteren bir ekran görseli aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Fusion 360 programında üç boyutun gösterimi

## 4.2. Fen Eğitiminde 3D Tasarım

Katılımcılar 3D tasarımın eğitimden mimariye, evden sağlığa birçok alanda çok farklı amaçlarla kullanılabileceğinden bahsetmişlerdir. Katılımcıların bazıları üç boyutlu tasarımın fen eğitiminde kullanılmasının ilgili konuların kalıcı olarak öğrenilmesine katkı sunacağını, öğrencilerin ilgisini çekeceğini ve bu durumun eğitime değer katabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca katılımcılar 3D tasarım uygulamaları ve yazıcılarla projeler, DNA ve hücre modelleri üretilebileceğini, bu modeller yardımıyla da fen öğrenmenin daha kolay, öğrenilenlerin de daha akılda kalıcı olabileceğine değinmişlerdir.

Bununla ilgili katılımcı görüşleri aşağıdaki gibidir.

**Katılımcı 1:** *Okullarda 3 boyutlu yazıcılar kullanılabilir ama biraz maliyetli olabilir, bizim yaptığımız gibi fen dersine ilişkin 3 boyutlu tasarım modelleri üretilebilir, DNA modelleri, hücre modelleri tasarlanabilir.*

**Katılımcı 2:** *Okullarda bazı konularda eğitim vermek ve proje yapmak için kullanılabilir.*

**Katılımcı 3:** *Evet, mesela çocukların fen öğrenmelerini daha kolay sağlamak için kullanılabilir.*

**Katılımcı 5:** *Üç boyutlu yazıcılar fen eğitimi alanında kullanılabilir, böylece bazı konular öğrenciler tarafından daha kalıcı bir şekilde öğrenilmiş olur.*

Ayrıca aşağıdaki gözlemci notu da yukarıda verilen bulguları destekler niteliktedir.

*“Katılımcıların 3D tasarım uygulamalarıyla fen dersi materyalleri üretebildikleri görülmüştür.” (20.06.2021)*

Katılımcılar tarafından 3D tasarım yoluyla üretilen bazı hücre ve organel materyallerine ait görsel aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Üç boyutlu tasarım yoluyla hazırlanan bazı hücre materyalleri

#### **4.2.1. Hücre ve organel modelleri**

Katılımcılar görüşmede tasarım sürecine ilişkin görüşlerini ifade etmişlerdir. Tasarımları gerçeğe uygun ve orijinal çizimlere sadık kalarak yaptıklarını belirtmişlerdir. Katılımcıların hücre modeli tasarlarken tasarımın hatlarının düzgün olmasına ve boyutlarının uygun olmasına dikkat ettikleri görülmüştür. Katılımcılar hücre ve organel modellerini tasarlarken ve anlatırken birtakım benzetmelerden yararlanmışlar ve bu benzetmelerin işlerini kolaylaştırdığını dile getirmişlerdir. Katılımcılar, tasarımları yaparken tasarımların boyutlarının belirlenmesi aşamasında girilen en, boy ve derinlik değerlerinin nasıl sonuçlar verebileceğini, ürünün gerçekte hangi boyutlarda olabileceğini katılımcıların kestirmekte zorlanmışlardır. Bu kısımda hücre ve organelleri modellerinin tasarlanması aşamasındaki bazı ekran resimleri ve 3D ürün baskılarından yararlanılmıştır.

##### **4.2.1.1. Bitki hücresi tasarımı**

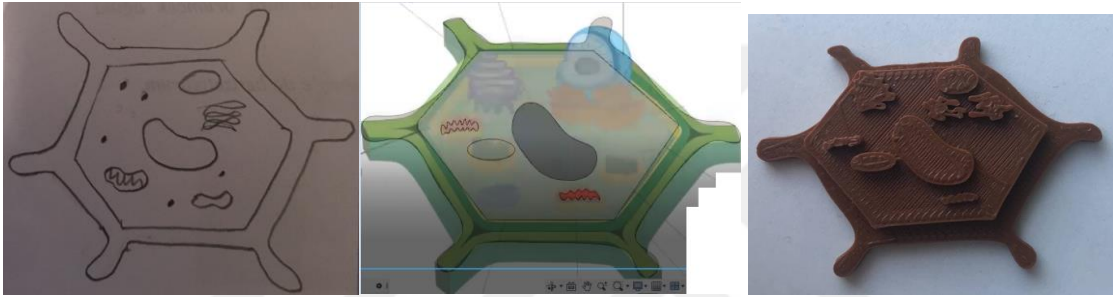
Bitki hücresi tasarımının organelleri de içerecek şekilde yapıldığı görülmektedir. Katılımcılar bitki hücresini tıpkı diğer organeller de olduğu gibi başka nesnelere benzeterek çalışmalarını yapmışlardır. Tasarımda bitki hücresini hayvan hücresinden

ayıran yapılar da yer almaktadır. Bununla ilgili katılımcı görüşleri, gözlemci notları ve görseller verilmiştir.

**Katılımcı 4:** *Ben bitki hücresi tasarlamıştım, tasarımı bal peteğine benziyor. Tasarım altıgen bir yapıya sahip. Tasarımın bütünlük bir yapıdadır içinde organeller de mevcuttur. Bir bitki hücresinde olması gereken bütün yapılar var. Tasarımda hücre duvarı da görülmektedir.*

**Katılımcı 3:** *Öğretmenim ben de tasarımı çok beğendim, organeller ayrıntılı olarak görülüyor ve hangi yapının hangi organel olduğu oldukça belli.*

**Katılımcı 4:** *Öğretmenim, hücre zarının belirgin bir şekilde görülmesi bu modelin oldukça iyi tasarlandığını gösteriyor.*



Şekil 4.15. Bitki hücresi el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Bitki hücresinin tasarım aşamasına ilişkin gözlemci notu aşağıda verilmiştir.

*“Katılımcılar bitki hücresi tasarımını organelleri içerecek şekilde yapmaya çalışmaktalar.” (23.06.2021)*

#### 4.2.1.2. Hayvan hücresi tasarımı

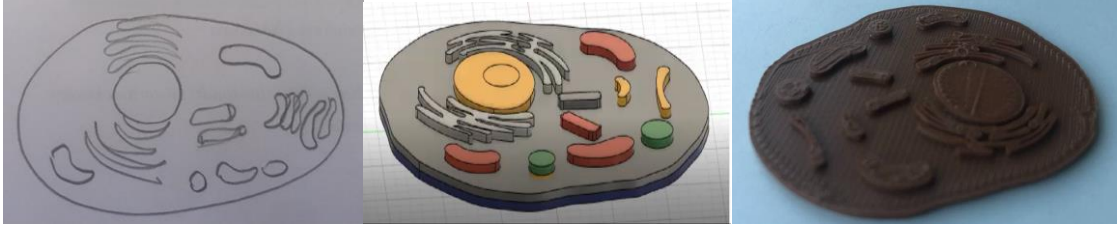
Hayvan hücresi tasarımının organelleri de içerecek şekilde yapıldığı görülmektedir. El ile yapılan model çizimi ile 3D tasarım ve 3D baskı uyumlu görünmektedir ancak model içindeki golgi aygıtının tam olarak tasarlanamadığı görülmüştür. Bununla ilgili katılımcı görüşleri, gözlemci notları ve görseller verilmiştir.

**Katılımcı 3:** *Tasarımda çekirdek, Endoplazmik retikulum, ribozom ve diğer organeller görülmektedir. Tasarım yuvarlaktır yani hayvan hücresini temsil etmektedir.*

**Katılımcı 5:** *Modelde golgi cisimciği tam olarak görünmüyor.*

**Katılımcı 3:** *3D tasarım programını ilk kez kullandığım için zorlandım. Golgi cisimciğini tasarlayamadım.*

Hayvan hücresi tasarımındaki eksikliklere ilişkin gözlemci notu aşağıda verilmiştir.  
“Katılımcı 3’ün tasarımı incelendiğinde hayvan hücresi içindeki golgi cisimciğinin tam olarak tasarlanamadığı, eksik olduğu görülmüştür.” (29.06.2021)



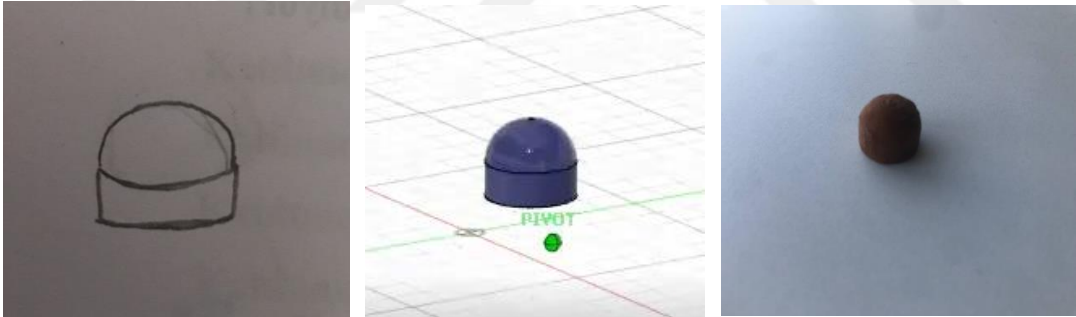
Şekil 4.17. Hayvan hücresi el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

#### 4.2.1.3. Organellerin tasarımları

Katılımcıların ribozom organeli tasarımına ilişkin görüşleri aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 2:** *Organellerin şekillerinin nasıl olduğuna dikkat ettim. Tasarımımı yaparken bu şekle sadık kalmaya çalıştım.*

Katılımcı 2’nin ribozom organeli tasarım süreci aşamalarının birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Ribozom organeli el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Ribozom organeli tasarımına ilişkin gözlemci notu aşağıda verilmiştir.

“Katılımcı 2, bir boncuk tanesini benzeyen model tasarladı. Bu modeli ribozom olarak tanıttı.” (01.07.2021)

**Katılımcı 1:** *Tasarlayacağımız cismin hatlarına, görünüşüne ve boyutlarına dikkat ettim. Tasarımı oluşturan parçaların birbiriyle oranına dikkat ettim.*

**Katılımcı 3:** *Tasarımında düzgün yapmaya ve şekilleri olabildiğince gerçeğe uygun yapmaya çalıştım.*

Bu duruma ilişkin gözlemci notu aşağıda verilmiştir.

*“Katılımcılar hücre modeli tasarlarken oldukça itinalı davranıyorlar, hata yapmamak için çok dikkat ediyorlar.” (04.07.2021)*

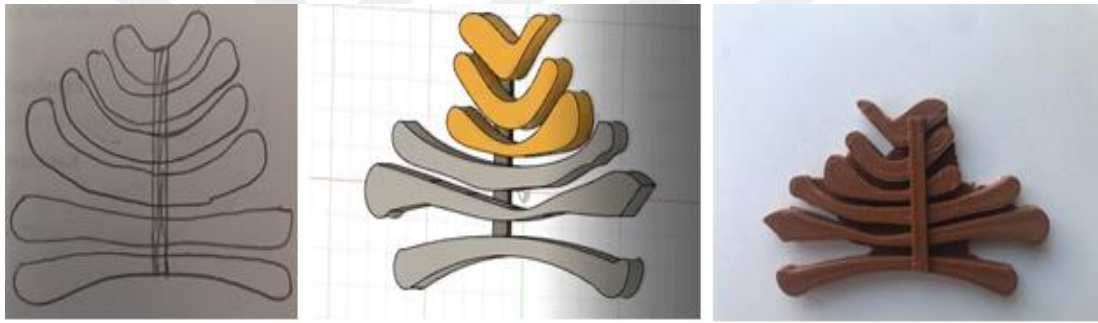
**Katılımcı 4:** *Zihnimdeki tasarımı program ve yazıcı sayesinde gerçeğe yansıtabildim.*

**Katılımcı 2:** *Zihnimde bir benzetim yaparak tasarımı oluşturmak çok daha kolay oluyor. Tasarımımı iyi bildiğim bir nesneyi tasarlar gibi yapmak işimi kolaylaştırıyor, sanki bu nesneyi ilk kez tasarlamıyormuşum gibi oluyor.*

Golgi cisimciği organeli tasarımına ilişkin bazı görüşler aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 2:** *Arkadaşımın tasarladığı golgi cisimciğinin tasarımı golgi cisimciğine çok benzememiş açıkçası.*

Golgi cisimciğinin tasarım süreci aşamalarının ilk bakışta birbiriyle uyumlu olduğu görülse de el ile çizim ve tasarım arasında bazı farklar mevcuttur.



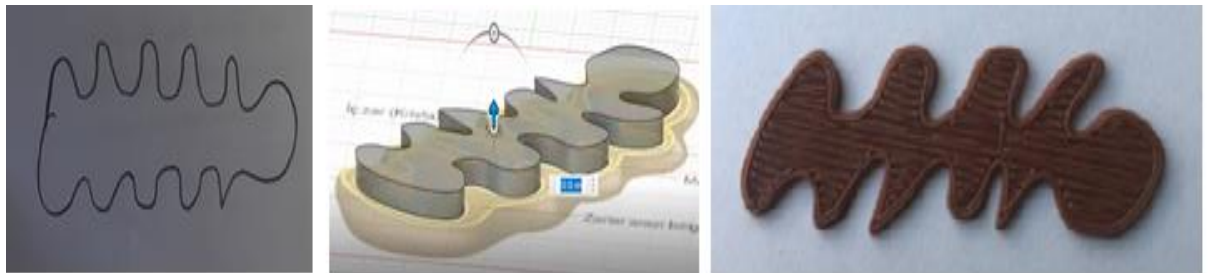
**Şekil 4.11.** Golgi cisimciği organeli el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

**Katılımcı 4:** *Golgi cisimciği organeli*

Mitokondri organeli tasarımına ilişkin bazı görüşler aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 2:** *Mitokondri organeli için tasarım esnasında verilen derinlik baskıda tam olarak gözlenememektedir.*

Mitokondri organeline ait el çizimi, 3D tasarımı ve baskısının birbiriyle genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir ancak bazı farklar da mevcuttur.

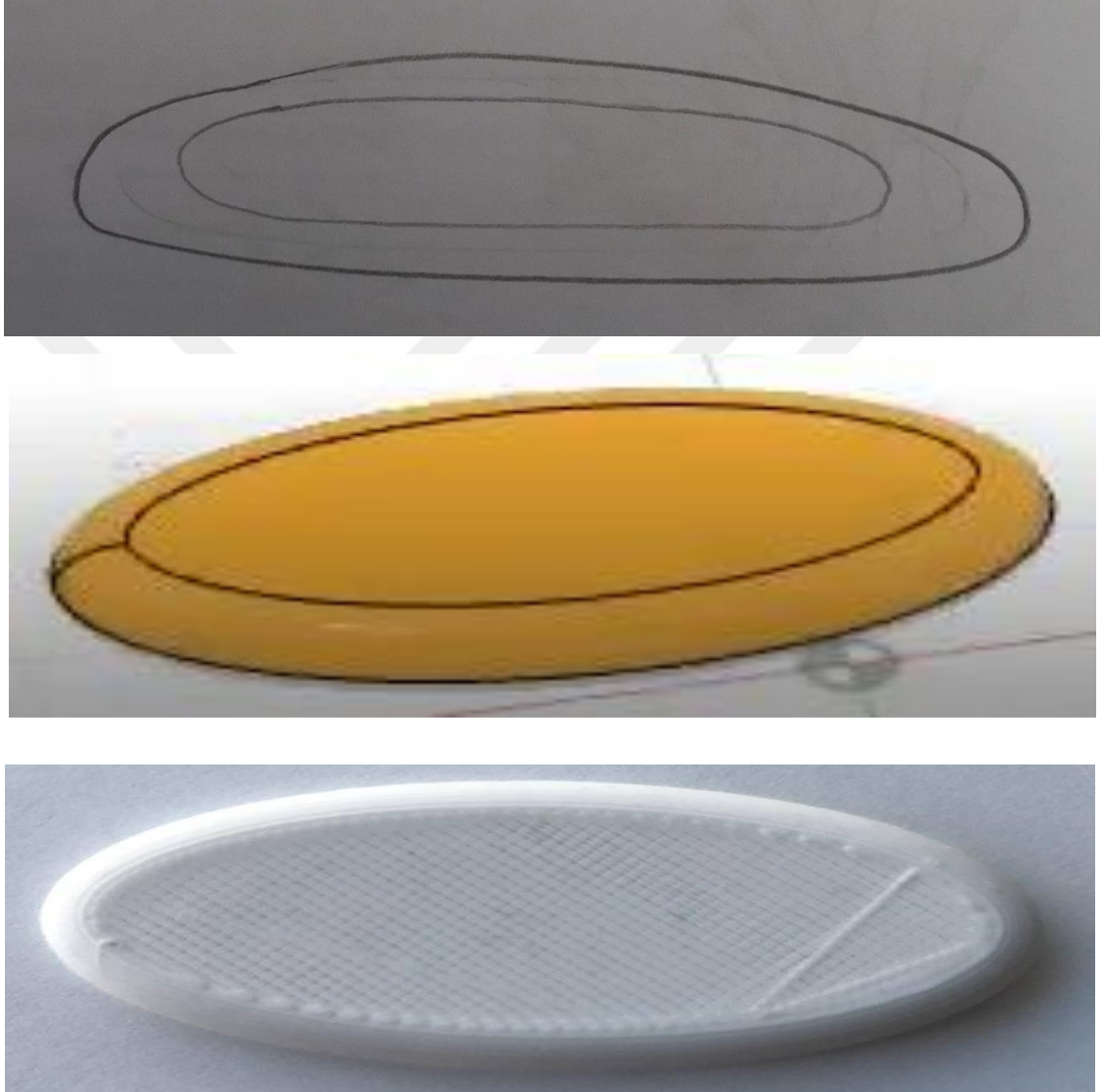


**Şekil 4.12.** Mitokondri organeli el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Çekirdek tasarımına ilişkin bazı görüşler aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 1:** *Ben yassı, kalınlığı fazla olmayan tepsiye benzeyen bir şey tasarladım bu tasarladığım şey hücrenin çekirdeğini temsil ediyor.*

**Katılımcı 4:** *Bunu tasarlayan arkadaşımın çok zorlandığını düşünmüyorum. Çünkü fazla detayı olmayan bir hücre parçası çekirdek.*

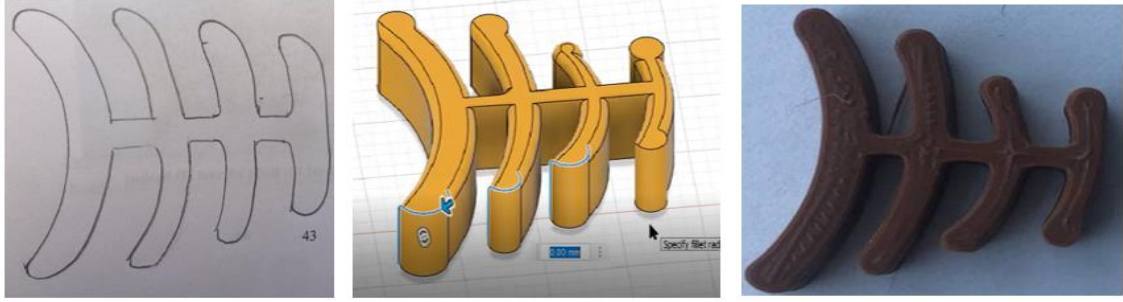


Şekil 4.13. Çekirdeğin el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Endoplazmik retikulum tasarımına ilişkin bazı görüşler aşağıdaki gibidir.

**Katılımcı 1:** *Endoplazmik retikulum tasarımımda girinti-çıkıntı çok olduğundan biraz zorlandım ama istediğim gibi de oldu, çok dikkat ederek tasarladım.*

**Katılımcı 4:** *Tasarımını ben çok beğendim, çünkü endoplazmik retikulum organeli senin de tasarımımda yaptığın gibi kıvrımlara sahip.*



**Şekil 4.14.** Endoplazmik retikulumun el ile model çizimi, 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Bazı katılımcıların birkaç organeli birleştirerek tasarladığı görülmüştür. Tasarım hakkında katılımcıların birbirine zıt açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Bu durumla ilgili görüşmeye dair notlar aşağıda verilmiştir.

**Araştırmacı:** *Bir arkadaşınızın çekirdek ve endoplazmik retikulumu birlikte tasarladığı tasarımı hakkında ne düşünüyorsunuz?*

**Katılımcı 4:** *Aslında birbirine yakın organelleri veya hücrenin temel kısımlarını birbirine bağlantılı olarak tasarlamak oldukça mantıklı.*

**Katılımcı 5:** *Ama derste öğrenciler organelleri ayrı ayrı görmeli bence.*



**Şekil 4.18.** Çekirdek ve endoplazmik retikulum organelinin 3D tasarımı ve 3D baskı aşamaları

Sentriyol organellerinin çok büyük tasarlandığı görülmüştür. Katılımcılara bu durumun sebebinin neler olabileceği araştırmacı tarafından sorulmuştur. Bu duruma ilişkin görüşler ve gözlemci notları 3D baskı fotoları ile birlikte verilmiştir.

**Katılımcı 3:** *Arkadaşımızın sentriyol tasarımı oldukça büyük olmuş, bu durumun sebebi 3D tasarım programını kullanmakta güçlük çekmesi olabilir.*

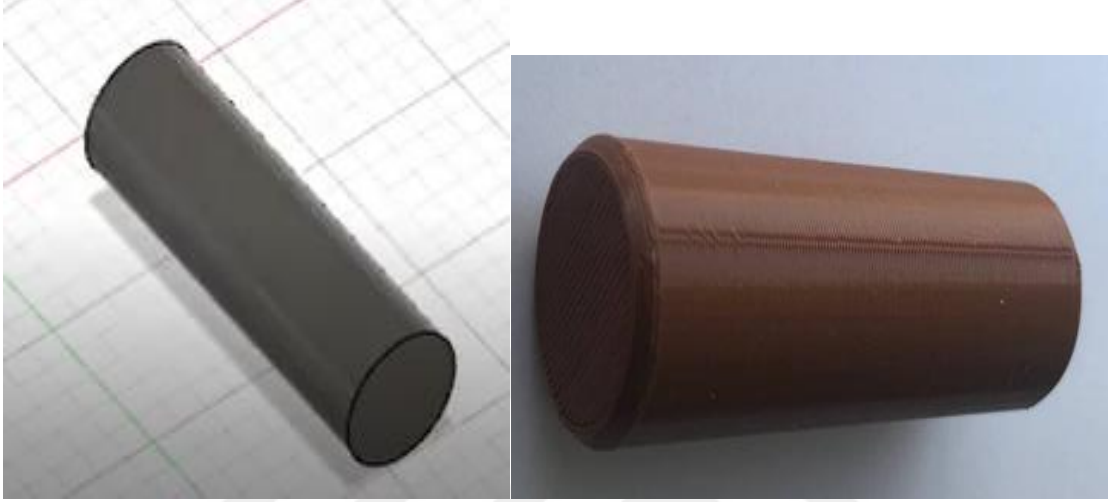
**Katılımcı 2:** *Sentriyol organelinin büyük tasarlanması bence bilinçli değildir. Arkadaşımızın görsel algılamasında ya da büyüklük tahmininde zorlanmış olabilir.*

**Katılımcı 1:** *Evet, tasarım programında ürünün boyutlarını girerken, girdiğim değerlerin nasıl bir büyüklüğe karşılık geleceğini hesap edememişim.*

*Sentriyollerin boyutuna ilişkin gözlemci notu aşağıda verilmiştir.*

*“Sentriyollerin tasarımı aşamasında boyutlar için girilen değerler oldukça büyük olduğu görülmektedir.” (08.07.2021)*

Sentriyol baskılarının bir tasarımın olması gerektiğinden biraz daha büyük olduğu görülmüştür. Katılımcı 1'e ait tasarıma ilişkin fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.19.** Sentriyollerin tasarım aşamasından bir kesit ve 3D baskısı

### 4.3. 3D Tasarım Süreci

Katılımcıların bazıları, 3D tasarım programında tasarım yapmadan önceki çizimleri ile 3D tasarım programında yaptıkları tasarımlar arasında yüksek bir uyum olduğunu belirtmişlerdir. Aynı katılımcılar başlangıçta yaptıkları model çizimleri ile son olarak 3D yazıcıdan elde ettikleri ürünlerin de birbiriyle uyumlu olduğunu, oldukça benzediğini belirtmişlerdir. Bazı katılımcılar ise model çizimleri ile tasarımları arasında ve son olarak elde ettikleri ürünleri arasında bazı farkların olduğunu, zihnindekileri tam olarak tasarıma ve dolayısıyla da 3D ürüne yansıtamadığını ifade etmiştir. Katılımcılar bu duruma sebep olarak 3D tasarım programına yabancı olmalarını göstermiştir.

Buna ilişkin katılımcı görüşleri aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 1:** *El ile yaptığımız çizimlerimiz ile bilgisayara aktardığımız çizimlerimiz arasında elbette fark var. Birini elimizle çiziyoruz diğerini imkânlar dahilinde bilgisayara aktarıyoruz.*

**Katılımcı 2:** *Programda tasarladıklarım el ile çizdiklerimden daha düzgün olmuştu. Bilgisayarda tasarladığımız tasarımlar ile yazıcıdan elde ettiğimiz üç boyutlu baskılar*

arasında renk farkı var. Biz renkli tasarlamıştık ama baskı alınan yazıcıdan tek renk baskı çıkmış. Bunun sebebi baskı alınan yazıcının tek renk baskı verebilmesi olabilir.

**Katılımcı 3:** El ile çizdiğimiz, bilgisayara geçirdiğimiz ve yazıcıdan çıktı olarak aldığımız ürünler arasında elbette fark vardır. Bu farkın sebebi zihnimizdekilerin programa tam olarak yansıtılamaması olabilir. Ayrıca programı kullanmayı yeni öğrendiğimiz için el ile çizimimi bilgisayara tam geçirememiş olabilirim.

**Katılımcı 4:** El çizimleri ile program çizimleri az da olsa uyumlu görünüyor. Elbette iki çizim arasında bazı farklar var. Ben çizimlerimi kâğıt üzerine doğal olarak 2 boyutlu çizmiştim. Çizimimi kullandığımız tasarım programına geçerken bu durum beni biraz zorladı. Programı yeni öğrendiğimiz ve ilk kez kullandığımız için, kağıttaki çizimi programa geçirirken oldukça zorlandım.

**Katılımcı 5:** Programı ilk kez kullandığım için el çizimlerindeki figürleri dijital ortama tam olarak yansıtamamış olabilirim.

Katılımcılar zihinlerinde oluşturdukları modeller ile elde ettikleri baskı ürünleri arasında kısmen farklar varken kısmen de benzerlikler olduğunu belirttiler. Benzerliklerin olmasını kullanılan 3D programının iyi bir program olmasına bağlayan katılımcılar, farkların olmasını ise kendilerinin programı ilk kez kullanıyor olmalarına ve acemi olmalarına bağlamışlardır. Bu duruma ilişkin katılımcı görüşleri ve gözlemci notları aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 1:** Zihnimizdekilerle elde ettiğiniz baskılar arasında farklar var bu farkların sebebi uygulamayı çok iyi kullanamam olabilir. Zihnimizde düşündüğümüz boyutlarla elde ettiğimiz ürünlerin boyutları arasında uyumsuzluk olabilir. Boyutları zihnimizde doğru canlandıramamış olabiliriz. Örneğin modeli tasarlarken en boy yükseklik gibi öğelere bazı sayısal değerler veriyoruz. Bu verdiğimiz değerler model, çıktı olarak karşımıza geldiğinde “nasıl görünecek?” “ne kadar büyük görünecek?” Bunu tam bilemiyor olabiliriz. Bu yüzden zihnimizdeki boyutlarla modeldeki boyutlar uyumlu olmayabiliyor.

**Katılımcı 2:** Zihnimde oluşturduğum 3D hücre modeli ile yazıcıdan baskı alınan ürün oldukça uyumlu görünüyor. Zihnimdekini baskıya yansıtabilmişim. Aklımdakinin tam aynısı olmuş. Renk hariç sadece...

**Katılımcı 3:** Yazıcıdan aldığımız ürün renk hariç bilgisayarımdaykının aynısı olmuş. Zihnimdekine çok benziyor ama küçük farklar var. Bu farkların neden kaynaklandığını tam olarak bilemiyorum.

**Katılımcı 4:** Zihnimdeki 3 boyutlu model ile ortaya çıkan ürün arasında farklar var. Bu farkın sebebi 3D tasarım programını kullanmayı tam olarak bilmemem olabilir. Çünkü uygulamayı yeni öğrendim. Bir de zihnimizdeki modelin boyutlarının zihnimizdeki gibi olması için programa girdiğimiz boyut değerleri tam denk gelmiyor sanırım. Mesela, ben zihnimde bir şey canlandırmışım. Bu canlandırdığım modelin zihnimdeki gibi olması için programda girmem gereken boyut değerlerini tam kestiremiyorum, karar veremiyorum. Bu da tasarımımın zihnimdeki ile tam uyumlu olmamasına sebep olabiliyor.

**Katılımcı 5:** Yazıcıdan elde ettiğimiz ürün ile zihnimde canlandırdığım ürün genel itibariyle birbiriyle uyumlu ancak tabii ki bazı farklar var. Bu farkların sebeplerinden bazıları şunlar olabilir: Benim acemi olmam, programı çok iyi kullanamıyor olmam vb.

3D baskıları gören katılımcıların davranışlarını açıklayan gözlemci notu aşağıda verilmiştir.

“Katılımcılar elde ettikleri baskıları incelediklerinde çok şaşırdılar. Çok güzel gördüklerini belirtilenler oldu. Bazı katılımcılar, baskıdan elde edilen ürünün zihnindeki ürünle çok benzer olduğunu söyleyerek şaşkınlığını gizleyemedi.”  
(08.07.2021)

Çalışmada yapılan 3D tasarım uygulamaları sayesinde katılımcıların geleceğe dair bir takım tasarım hayalleri kurduğu ya da kurmaya başladığı görülmüştür. Bunun ile ilgili katılımcı görüşleri aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 1:** SİHA tasarlamak isterdim bu tasarımı yapmaktaki amacım devletimize hizmet etmektir, bu tasarımda ekip arkadaşlarıma iş bölümü yapardım herkese uzmanlığı doğrultusunda görevler verirdim.

**Katılımcı 2:** Büyük ihtimalle mimar olurum, binaları tasarlarım iç tasarımcı da olabilirim. Evlerin iç dizaynı ile ilgili tasarımlar yapabilirim, bu tasarımları yaparken evlerin parça unsurlarını önce tasarlar, sonra onları birleştiririm. Evin her türlü tesisat tasarımını da gerçekleştiririm. Bu tasarımları yapmaktaki amacım insanlara hizmet etmek olur, bu tasarımları insanların barınma ve ısınma ihtiyacını karşılamak için yaparım.

**Katılımcı 3:** *Ev tasarlayabiliyim ileride, bu tasarımları ilk başta kâğıt üzerinde yaparım ardından kâğıt üzerine çizdiklerimi bilgisayar programları aracılığıyla dijital ortama aktarırım bu tasarımdaki amacım hedef kitleye (ürünü oluşturmadan önce) meydana gelecek ürün hakkında ön bilgi verip, hedef kitlenin zihninde ürünün canlanmasını sağlamak olur.*

**Katılımcı 4:** *İleride bir tasarımcı olursam araba tasarlamak isterim. Sanayi alanında bir tasarımcı olmayı ve üretmeyi isterim, amacım insanlığa katkı sağlamak olur, trafiği önlemek olur. Tasarım yaparken araçların havayı daha az kirletmesini amaçlar, çevreyle dost bir araba tasarlardım.*

**Katılımcı 5:** *İleride sağlık alanında çığır açacak bazı tasarımlar yapmak isterim. Örneğin yanık tedavisinde kullanılacak yapay deri üretimi olabilir. Yazıcı, tıpkı bir dokuma makinesinde kumaş üretir gibi biyonik deri üretebilir.*

#### **4.4. 3D Tasarım Uygulamalarının Güçlü ve Zayıf Yanları**

Katılımcılar görüşmelerde hücre modellerinin tasarımı aşamasında karşılaştıkları zorluklardan bahsetmişlerdir. Katılımcılar zihinlerindeki tasarımlarına yansıtılabildiklerini ancak zaman zaman zorlandıklarını düşünmektedirler. Ayrıca, katılımcılar, üç boyutlu tasarım uygulamaları sayesinde fen derslerinin daha etkin ve eğlenceli geçebileceğini, öğrenme sürecinin hızlanacağını ve öğrenmenin ise kalıcı hâle geleceğini belirtmişlerdir. Katılımcıların eğitimde teknoloji kullanımına sıcak baktığı görülmüştür. Katılımcılar teknoloji tasarım dersinde dokunarak hazırladığımız modeller yerine bazen dijital bir ortamda 3D tasarımlar yapabileceklerini belirttiler. 3D tasarım uygulamalarının güçlü yanlarına ilişkin katılımcı görüşleri aşağıda verilmiştir.

**Katılımcı 3:** *Örneğin biz okulda, mesela hücreyi oluşturan organelleri öğrendik. Organelleri tasarlamak onların yapılarının ve özelliklerinin daha kalıcı öğrenilmesini sağlar. Ayrıca öğrenme sürecini de kolaylaştırır.*

**Katılımcı 4:** *Üç boyutlu tasarım uygulamalarının fen öğretiminde kullanılması öğrencilerin ilgisini çeker öğrenmenin kalıcı olmasını sağlar. Ayrıca eğitimde 3D yazıcıların kullanılması öğrenme ortamını eğlenceli hâle getirir.*

**Katılımcı 3:** *Ödevlerin araştırılması konusunda Teknolojiden çok fazla yararlanıyorum. Teknoloji sayesinde bilgilere daha kolay erişim sağlayabiliyorum.*

**Katılımcı 4:** *Salgın baş gösterdiğinde teknolojik imkanlar sayesinde öğrenciler eğitime öğretime devam edebildiler. Teknoloji tasarım derslerindeki tasarımlar dijital olarak yapılabilir.*

**Katılımcı 1:** *3D tasarım uygulamalarının ve 3D yazıcıların fen dersinde kullanılmasının olumlu yönlerinden biri, çocukların kolay öğrenmeleri de olabilir. Ayrıca çocuklar bir konu ile ilgili öğrenilmesi gereken bazı kavramları üç boyutlu yazıcılardan elde ettikleri nesnelere daha iyi öğrenebilirler.*

**Katılımcı 2:** *Öğrenciler daha iyi motive olabilirler ilgilerini çekeceği için kendilerini derse daha iyi verirler anlatılmak isteneni üç boyutlu olarak görecekları için dersi daha iyi anlarlar.*

**Katılımcı 5:** *Okullarda üç boyutlu yazıcı kullanımı öğrencilerin tasarıma merak salmasına ve ileride etkin tasarımcıların yetişmesine sebep olabilir.*

**Katılımcı 3:** *Tasarımlarda kullandığımız Fusion 360 programı aklımdakileri tasarıma yansıtmanın da oldukça etkili ve başarılıydı güzel bir programmış.*

**Katılımcı 3:** *Daha da iyi bir tasarım programı varsa onu kullanmayı tercih ederim. Teknolojik ekipmanların iyi ve kalitelisini tercih etmeye çalışırım. Tasarımlarımı gerçeğe daha yakın olarak tasarlamaya çalışırım. Tasarımda gerçekle bağdaşmayan noktaları değiştiririm.*

**Katılımcı 4:** *Tasarımda kullanacağım uygulamanın bütün özelliklerini keşfederim tasarıma öyle başlarım.*

*Bu duruma ilişkin gözlem notları aşağıda verilmiştir.*

*“Katılımcıların 3D tasarım uygulamalarını büyük bir istekle, özveri ile yaptıkları, heyecanlı ve mutlu oldukları, motivasyonlarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir”*

Araştırmada üç boyutlu tasarım uygulamalarının zayıf yanları olarak ise 3D tasarım yapmanın zorluğundan ve 3D yazıcıların nispeten yavaş çalışması, pahalı olması ve elektrik ve sarf malzemesi giderlerinin yüksek olmasına değinilmiştir. Katılımcıların geneli uygulamada kullanılan 3D tasarım programının kurulum aşamasında zorlandıklarını, bilgisayarlarının programı çalıştırmakta güçlük çektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca katılımcılar, programı ilk kez kullandıklarından zihinlerindeki tasarımları bilgisayara aktarmada zorlandıklarına da değinmişlerdir. Ayrıca program ara yüzünün İngilizce olmasının da katılımcıları zorladığı görülmüştür. Katılımcılar tasarım programının kurulum aşamasında ve ilk kez kullandıkları için kullanım aşamasında zorlandıklarını belirtmişlerdir. Bazı katılımcılar 3D tasarım ve baskının okul için

herhangi bir olumsuz yanının olmadığını belirtmiştir. Bu duruma ilişkin katılımcı görüşleri aşağıdaki gibidir.

**Katılımcı 1:** Üç boyutlu yazıcıların okullarda kullanılmasının olumsuz yönlerinden biri bu teknoloji ile ürün elde etmenin uzun zaman almasıdır. Çünkü üç boyutlu yazıcılar yavaş çalışmaktadır. Bir ürünü basabilmek için oldukça uzun süre gerekir. Bununla birlikte maliyet açısından bazı olumsuz yönleri de vardır. Çünkü üç boyutlu yazıcılar maliyet bakımından okulların bütçelerini zorlayabilir.

**Katılımcı 2:** Üç boyutlu yazıcıların okullarda kullanılması okula ek masraflar getirir. Bunun dışında okul için olumsuz bir durum oluşturacağını düşünmüyorum.

**Katılımcı 5:** Üç boyutlu yazıcıların okullarda kullanılmasının herhangi bir olumsuz tarafının olacağını düşünmüyorum...

**Katılımcı 1:** 3D tasarım yaptığımız bilgisayar programını indirmede ve kurmada zorlandım, biraz da programı ilk kez kullanırken zorlandım sizin yönlendirmeleriniz ile programı biraz daha iyi kullanabilir hâle geldim.

**Katılımcı 2:** Programı indirirken ve kurarken bazı problemler yaşadım. Programı kullanırken herhangi bir zorluk yaşamadım. Programın kullanımına yönelik aldığımız eğitim, programı oldukça güzel kullanmamı sağladı.

**Katılımcı 3:** Program kullanırken bilgisayarım kastediği için zorlandım. Zihnimdekileri bilgisayarımın eski olması ve programı yeni öğrenmem dolayısıyla tam yansıtamadığımı düşünüyorum.

**Katılımcı 4:** ..... programı kurma da zorlandım, programın dili İngilizce olduğu için de tasarımlarda biraz zorlandım.

**Katılımcı 5:** Bilgisayar programı ile tasarımları yaparken aklımdakileri bilgisayara aktarmakta biraz zorlandım.

3D tasarımın veya yazıcının zayıf yanlarına ilişkin gözlemci notları aşağıda verilmiştir.

“Katılımcılarca kullanılan Fusion 360 programında Türkçe kullanım imkanının olmaması zayıf yön olarak göze çarpmaktadır. Katılımcılar programı kullanırken zorlanıyorlar ama yine de dikkatli davrandıklarından olumsuz bir durum yaşanmıyor.”

## BÖLÜM 5

### TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmaya ait tartışma, araştırmada elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar doğrultusunda yapılan öneriler yer almaktadır.

#### 5.1. Tartışma

Bu çalışmada, 3D tasarımların fen eğitiminde kullanılmasının bazı konuların kalıcı bir şekilde öğrenilmesine ve öğretim materyallerinin çeşitlendirilmesine katkı sağlayabileceği ortaya çıkmıştır. Horowitz ve Schult'da (2014) 3 boyutlu yazıcılarla model oluşturma yeteneğinin, eğitimcilerin öğretim materyali havuzunun genişlemesine olanak tanıdığını belirtmektedir. Ayrıca bir başka araştırmada da “Üç boyutlu yazıcıların sınıflarda kullanılması öğrenciler için gözünde canlandırılması zor olan nesnelerin daha kolay anlaşılmasını da sağlamaktadır. Böylece, müfredattaki dersler farklı duyu organlarına da hitap ederek daha öğretici ve akılda kalıcı olduğu görülmektedir.” İfadeleriyle desteklenmektedir. (Güleryüz, 2020). Bununla birlikte Karaduman (2017) çalışmasında 3D yazıcılar ve bu yazıcılardan elde edilen modellerin somut öğrenmeyi ve kalıcı öğrenmeyi sağlayacağını belirtmektedir.

Araştırmada gerçekleştirilen 3D tasarım etkinliklerinin fen dersinin etkili öğrenilmesini, öğrenmenin kolay ve kalıcı olmasını sağlayacağı anlaşılmıştır. Bu durumu destekleyen çalışmalar şu şekildedir. Güleryüz (2020) de çalışmasında “Yapılan basit etkinlikler öğrencilerin bilgilerini somut hale getirmelerine imkân sağlamıştır. Öğrenciler hem öğrenmeleri kolaylaşmış hem de öğrenmelerini kalıcı hâle getirmiştir.” İfadelerini kullanmıştır. Ayrıca bir başka araştırmada da 3D yazıcıların, özellikle fen bilimleri dersinde soyut bilgi, kavram, görsel ve ulaşılamayacak nesnelere somut bir biçimde öğrencinin hizmetine sunma imkânı verdiğinden ve 3D yazıcılarla elde edilen modellerin birden fazla duyuya hitap etmesinin öğrenmede kalıcılığı artırdığından bahsedilmiştir (Güleryüz, 2019.)

3D yazıcıların eğitimde kullanılması eğitim materyallerinin sayısının artırılmasını sağlamıştır. Hausman'a (2013) göre, 3D yazıcılar, yazılım maliyetinin azalmasıyla eğitimde de kullanılmaya başladı, 3D yazıcıların eğitimde kullanılmasıyla eğitimde yeni fırsatlar ortaya çıktı, böylece örneğin; matematikte üç boyutlu şekillerin hacim ve alan

gibi hesaplarında, coğrafyada yer şekillerinde, sanatta çeşitli eserlerin üretilmesinde, fende moleküllerin tasarlanmasında, müzikte müzik aletlerinin üretilmesinde üç boyutlu yazıcılar kullanılabilir. Ayrıca bir başka araştırmada da bu durum şu ifadelerle desteklenmektedir. Matematik dersinde, matematiksel şekiller nesnelere çizilip, 3 boyutlu baskı bu konuda işi kolaylaştırabilir. Fizikte kompleks yapıları anlamak için, basit sistemler kullanılarak basit makineler geliştirebilir. Kimyada atom ve molekül modelleri oluşturmak mümkündür. Mühendislikte ise öğrenciler scratch ile bir takım robotlar oluştururken, eksik olan dişlileri 3D yazıcılar ile tamamlayabilirler. Bu örneklerin sayısı daha da artırılabilir (Yüksel, 2015)

Araştırmada 3D yazıcıların öğrenme ortamını eğlenceli kılabilceği anlaşılmıştır. Cano'da (2015), 3D yazıcıların bir okulu veya sınıfı eğlenceli ve ilginç hâle dönüştürmesinin öğrencinin merakını, yaratıcılığını ve öğrenme tutkusunu besleyeceğine değinmektedir.

3D yazıcıların hücre modeli üretmek, proje yapmak, kırılan parçaları temin etmek, materyal üretmek gibi amaçlarla okullarda da kullanılabilceği anlaşılmıştır. Bir başka araştırmada da 3D yazıcı kullanarak sınıflarda etkileşimli bir öğrenme deneyimi sağlanabileceğinden ve bir insan iskeletinin bölümleri veya bir matematik problemindeki nesnelere hayata geçirilerek ders zamanının daha keyifli hâle getirilebileceğinden bahsedilmektedir (Dilber, Erdoğan ve Güleryüz; 2019).

3D yazıcılarla elde edilen ürünlerin bazılarının öğrencilerin zihinlerindeki modellerle tam uyumlu olduğu bazılarının da uyumlu olmadığı anlaşılmıştır. Bazı ürünlerin uyumlu olamamasının sebebi bu öğrencilerin 3D tasarım programını kullanmada acemi olmaları olduğu anlaşılmıştır. Özsoy ve Koray (2017) da çalışmalarında bundan farklı olarak öğrencilerin el becerileri ve motor kasları gelişmişliğinin 3D tasarımlar üzerinde etkili olduğuna değinmişlerdir.

Araştırmada elde edilen bulgular neticesinde, 3D yazıcıların okullarda eğitim, evlerde hobi veya eksik malzeme üretme, sağlıkta materyal üretme, inşaat sektöründe tasarım yapma amaçlı kullanılabilceği söylenebilir. Şen (2018) de çalışmasında 3D yazıcıların eğitimde, inşaat, sağlıkta kullanılabilceğine dair bulgulara ulaşmıştır.

Araştırmada kullanılan 3D tasarım uygulamaları ve yazıcıları sayesinde öğrenciler elle tutma ya da çıplak gözle görme imkânının bulunmadığı hücre yapılarını tasarlamışlardır. Bir araştırmacı da araştırmasında hücre, mikroorganizma gibi küçük sistemlerden yeryüzü, uzay gibi büyük sistemlere insan gözüyle doğrudan gözlemlenmesi imkânsız ya da zor olan kavram ve olguların öğretiminde 3D tasarım ve yazıcılardan

faydalanılabileceğini belirtmiştir (Özgüven, 2015). Kökhan ve Özcan (2018)'in çalışmaları da bu durumu desteklemektedir: Bahsi geçen çalışmada, maliyetlerin düşmesi sonucunda 3D yazıcı teknolojisinin yaygınlaşması eğitimci ve öğrenci arasındaki etkileşimi artıracak ve öğrencilerin fikirlerinin elle tutulur somut nesnelere dönüşmesi ile yaratıcılık ve yenilikçi düşünce yeteneği kazanmalarının kolaylaşacağı belirtilmektedir. Güteryüz (2020)'de çalışmasında üç boyutlu yazıcılar sayesinde öğrencilerin tasarladıkları soyut nesnelere kolayca somutlaştırabildiklerini ve böylece gerçek dünyada tasarımlarının karşılıklarını görmeleri ve dokunabilmelerinin mümkün olduğuna değinmiştir. Ayrıca bir başka araştırmada üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla elde edilen modellerin özellikle birden fazla duyu organını işe koşulmasını sağladığı ve eksikliği hissedilen dokunma duyusunun bu modeller aracılığıyla öğrenme-öğretme sürecine dâhil edilebildiği ifade edilmiştir (Karaduman, 2017).

Araştırmada fen eğitiminde 3D tasarımdan yararlanarak materyal üretmenin öğrenmeyi kolay, eğlenceli ve kalıcı hâle getirebileceği anlaşılmıştır. Bu durum bir başka araştırmada “3 boyutlu yazıcıların kullanımı ile öğrenciler görerek, dokunarak, somut, kalıcı öğrenmelere eğlenerek sahip olacaktır.” İfadeleriyle desteklenmektedir. (Karaduman, 2017). Ayrıca Güteryüz (2020)'nin çalışmasında yer alan “3D eğitim kullanımı sayesinde fen bilimleri derse olan konsantrasyon ve ilgilerini büyük oranda artırmakta ve bu sayede öğrenciler ders sonuna kadar dersi ilgi ile takip etmektedirler. Özellikle fen bilimleri alanındaki konularda 3D eğitim kullanımı öğrencilerin konuları daha iyi anlamalarını sağladığı görülmektedir.” ifadeleri de bu durumu desteklemektedir.

Çalışmada matematik yeterliği, bilim ve teknoloji yeterliği, dijital yeterlik gibi 21. yüzyıl becerilerinin işe koşulduğu ortaya çıkmıştır. Güteryüz'ün (2019) çalışması da bu durumu desteklemektedir. Nitekim Güteryüz'de (2019) 3D yazıcı ve robotik kodlama ile yapılan STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının 21. yüzyıl öğrenen becerilerini kullanım düzeyleri üzerinde olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

## 5.2. Sonuçlar

Çalışmada 3D yazıcıların okullarda kullanılmasının bazı fen konularında öğrenmelerin kolay olmasını sağlayabileceği ve fen eğitimini kalıcı hâle getirebileceği tespit edilmiştir. 3D tasarım uygulamaları ile fen ğretim materyallerinin çeşitlendirilebileceği görülmüştür. Tasarım, 3D tasarım kavramları ve bunlar arasındaki ilişki katılımcılarca kavranmıştır. Katılımcıların Türkçe ara yüze sahip bir tasarım programına ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır.

## 5.3. neriler

Okullarda uygun ders ve konularda 3D tasarımların hazırlanması ve 3D rn elde edilmesi gerekliliği ğretim programına eklenebilir. İstekli ğretmenlerin seçmeli dersler kapsamında, okul imkanları lsnde 3D tasarım dersleri vermeleri böylece öğrencilerin bu konulardaki farkındalık düzeylerini artırmaları sağlanabilir. Mill Eğitim Bakanlığı ve il milli eğitim müdürlükleri tarafından ilgili öğretmenler gnlllk esasına göre 3D tasarım ve 3D yazıcı kullanım kurslarına alınabilir. 3D tasarım alanında yetenekli öğrencilerin okul dışında yeteneklerini keşfedip geliştirebilmeleri için uygun öğrenme ve uygulama ortamlarının sayıları artırılabilir. Benzer araştırmalar yapacak araştırmacılar tasarımlarında organel ve hücrelerin büyüklük-küçüklük oranlarına dikkat çekerek matematiksel becerilere de değinebilir. Ayrıca bundan sonraki araştırmalarda bu tarz bir tasarım çalışmasının katılımcıların uzamsal zekalarına etkisine bakılabilir. 3D tasarım programlarının yazılımcıları, farklı yaş gruplarına ya da ğretim kademelerine uygun basitleştirilmiş tasarım programları geliştirebilirler.

## KAYNAKÇA

- Akgündüz, D. (2018). *Okul Öncesinden Üniversiteye Kuram ve Uygulamada STEM Eğitimi*. Ankara: Anı
- Allen, Wendy. (1978). Waren-Ästhetik und Angst; (Probleme der Ästhetik II. 14-31). (Çev Handan Tunç), London: Orange Hill.
- Alvarez, C. A., Edwards, D., ve Harris, B. (2010). STEM Specialty Programs: A Pathway for Under-Represented Students into STEM Fields. *NCSSMST Journal*, 16(1), 27-29.
- Ananiadou, K. ve M. Claro (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers*, 41, 1-34. Doi: 10.1787/218525261154
- Anderson, E., ve Kim, D. (2006). *Increasing the success of minority students in science and technology*. Washington, DC: American Council on Education.
- Antalyalı, Ö. (2004). *Uzaktan Eğitim Algısı Ve Yöneylem Araştırması Dersinin Uzaktan Eğitim İle Verilebilirliği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Bailey, K. D. (1982). *Methods of social research*. (2. Baskı). New York: The Free Press.
- Balaban, Y. (2007). Üç Boyutlu Bilgisayar Grafiklerinin Sinema Filmleri İçinde Kullanımı: “Mumya” “Küçük Kardeşim” ve “Matrix” İncelemesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: TC. İstanbul Kültür Üniversitesi SBE.
- Banks, F., ve Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. Routledge.
- Barnetta, M., Vauglin, M., Strauss, E., ve Cotter. L. (2011). Urban environmental education leveraging technology and ecology to engage students in studying the environment. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 20(3), 199-214.

- Basham, J. D., Israel, M., ve Maynard, K. (2010). An ecological model of STEM education: Operationalizing STEM for all. *Journal of Special Education Technology*, 25(3), 9–19.
- Basham, J. D., Koehler, C. M., ve Israel, M. (2011). Creating a “STEM for all” environment. In C. C. Johnson (Ed.), *Secondary STEM educational reform* (pp. 1-25). Palgrave: Macmillan.
- Belet-Boyacı, D., ve Güner-Özer, M. (2019). Öğrenmenin geleceği: 21. yüzyıl becerileri perspektifiyle Türkçe dersi öğretim programları. *AJESI-Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 9(2), 708-738. doi: 10.18039/ajesi.578170
- Blauch, D. N., ve Carroll, F. A. (2014). 3D Printers Can Provide an Added Dimension for Teaching Structure–Energy Relationships.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., ve Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Bozkurt, A. (2017). Türkiye’de uzaktan eğitimin dünü, bugünü ve yarını. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 85-124.
- Brown, A. (2015). 3D Printing in instructional settings: Identifying a curricular hierarchy of activities. *TechTrends*, 59(5), 16-24.
- Bullock, L. M., Gable, R. A. ve Mohr, J. D. (2008). Technology-mediated instruction in distance education and teacher preparation in special education. *Teacher Education and Special Education*, 31(4), 229-242.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Canessa, E., Fonda, C., Zennaro, M., ve Deadline, N. (2013). Low-cost 3D printing for science, education and sustainable development. *Low-Cost 3D Printing*, 11.

- Cano, L. M. (2015). *3D printing: a powerful new curriculum tool for your school library*. California: ABC-CLIO, LLC.
- Cansoy, R. (2018). Uluslararası Çerçvelere Göre 21.Yüzyıl Becerileri ve Eğitim Sisteminde Kazandırılması. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7 (4), 3112-3134.
- Cassata-Widera, A., Century, J., ve Kim, D. Y. (2011). *Rigorous measures of implementation: A methodological framework for evaluating innovative stem programs*. Society for research on educational effectiveness. Paper presented at SREE Fall 2011 Conference, Washington D.C.
- Chalmers, A. F. (1976). *What is this thing called science?* Philadelphia: Open University Press.
- Common Core State Standards Initiative [CCSSI]. (2010). *Common Core State Standards for Mathematics (CCSSM)*. Washington, DC: National Governors Association Center for Best Practices and the Council of Chief State School Officers. Retrieved from [http://www.corestandards.org/wpcontent/uploads/Math\\_Standards.pdf](http://www.corestandards.org/wpcontent/uploads/Math_Standards.pdf).
- Corbett, T., Dumaresq, C. C., Barnaby, T., ve Baumer, C. (2014). *The framework for integrative science, technology, engineering ve mathematics (STEM) education endorsement guidelines*. Pennsylvania Department of Education.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., ve Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226.
- Creswell, J. W. (2005). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Instock: Pearson.
- Çoban, A. (2017). *3D Bilgisayar Modellerinin Fen Öğretiminde Başarıya Etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Çapar, M. (2006). *Temel Eğitimde 9-12 Yaş Arası Çocuklarda Üç Boyutlu Çalışmaların Yaratıcılık Eğitimine Etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Daymaz, B. (2019). *Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Etkinliklerinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Başarı Motivasyon ve STEM Kariyer Alanlarına Etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Demirbaş, O. O., ve Demirkan, H. (2003). Focus on architectural design process through learning styles. *Design Studies*, 24(5), 437-456.
- Deniz, G. (2020). *Programlama Eğitiminde Tinkercad Kullanımının Öğrencilerin Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisine ve Algılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Eisenberg, M. (2013). 3D printing for children: What to build next? *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 7-13.
- Ekici, G., (2003). Uzaktan Eğitim Ortamlarının Seçiminde Öğrencilerin Öğrenme Stillерinin Önemi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 49.
- Fraenkel, J. R., ve Wallen, N. E. (2009). *The nature of qualitative research. How to design and evaluate research in education*. Boston: McGraw-Hill.
- Friedel, J. M., Cortina, K. S., Turner, J. C., ve Midgley, C. (2007). Achievement goals, efficacy beliefs, and coping strategies in mathematics: The roles of perceived parent and teacher goal emphases. *Contemporary Educational Psychology*, 32, 434-458.
- Fusion 360, (2021, July) Retrieved from (<https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview?sorting=featuredvefilters=individual>)
- Gilfeather, M., ve Regato, J. (1999). Mathematics defined. *Mathematics ExperienceBased Approach*, 1-4.

- Göksün, D. A., ve Kurt, A. A. (2017). Öğretmen adaylarının 21. yüzyıl öğrenen becerileri kullanımları ve 21. yüzyıl öğrenen becerileri kullanımları arasındaki ilişki. *Eğitim ve Bilim*, 42(190), 107-130.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A.C. ve Martin, R. (2014). Domain general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*, 13, 74-83. Doi: 10.1016/j.edurev.2014.10.002
- Griffey, J. (2014). Creating and printing files. 3-D Printers for Libraries, 50(5), 16-22.
- Güleryüz, H. (2020). *3D Yazıcı Ve Robotik Kodlama Uygulamalarının Öğretmen Adaylarının 21. Yüzyıl Becerileri, STEM Farkındalık ve STEM Öğretmen Özyeterliliğine Etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Güleryüz, H., Dilber, R. ve Erdoğan, İ. (2019). STEM Uygulamalarında Öğretmen Adaylarının 3D Yazıcı Kullanımı Hakkındaki Görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (2), 1-8. DOI: 10.31463/aicusbed.592061
- Gümüş, A. (2015). *Üç Boyutlu Tasarımların Bilgisayar Teknolojisinde Uygulanması*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi/Erzurum.
- Gürel Taşkiran, A. (2019). *Fen Eğitiminde 3D Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Tutumlarına ve Görüşlerine Etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi/Eğitim Bilimleri, Malatya.
- Güven, G., ve Sülün, Y. (2012). Bilgisayar Destekli Öğretimin 8.Sınıf Fen ve Teknoloji Dersindeki Akademik Başarıya ve Öğrencilerin Dersle Karşı Tutumlarına Etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 68-79.
- Hausman. K. ,(2013). *3D printing for dummies*. Hoboken. NJ: John Wiley ve Sons.

- Horowitz, S.S., and Schultz, P.H., (2014). Printing space: Using 3D printing of digital models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, 62(1),138-145. doi: 10.5408/13-031.1.
- Hızal, A. (1983). *Uzaktan öğretim süreçleri ve yazılı gereçler “eğitim teknolojisi açısından yaklaşım”*. Ankara: Sevinç Matbaası.
- Holdren, J. (2013). *Federal science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education 5-year strategic plan: A report from the Committee on STEM 273 Education National Science and Technology Council*. Retrieved from [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf)
- Hünerli, S. (2000). Canlandırmanın Kullanım Alanları ve Türkiye'deki Durum. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*. 10.
- Jesson, Robin. (1991). *Handbook for Art and Design*. Hong Kong: Longman Scientific.
- Johnson, C. (Ed.). (2011). *Secondary STEM educational reform*. Springer. Palgrave: Macmillan.
- Karaduman, H. (2017). Sosyal Bilgiler Eğitiminde 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 7(3): 590-625
- Kietzmann, J., Pitt, L., ve Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209-215.
- Kökhan, S. ve Özcan, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 2(1), 81-85.
- Langdon, D., McKittrick, G., Beede, D., Khan, B., ve Doms, M. (2011). *STEM: Good jobs now and for the future*. Washington, DC: U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration. Retrieved from <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED522129.pdf>

- Lopez, C. (2012). *Transfer students in STEM majors at a Midwestern University: Academic and social involvement factors that influence student success*. (Doctoral Dissertation). Iowa State University, Iowa.
- Maltese, A. V., ve Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in
- Yenilik Ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. (2019). 2023 Eğitim Vizyonu. 17. Kalite ve Başarı Sempozyumu. (13 Nisan 2019). Bursa.
- M. Er ve Y. Kayir, *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 3(1) (2019) 51-60.
- Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education: A qualitative approach*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Mobley, M. C. (2015). *Development of the SETIS instrument to measure teachers' selfefficacy to teach science in an integrated STEM framework*. (Doctoral Dissertation). Tennessee: University of Tennessee, Knoxville.
- Moore, B. (2009). Emotional intelligence for school administrators: A priority for school reform? *American Secondary Education*, 37(3), 20-28.
- National Science and Technology Council [NSTC]. (2013). *Federal science, technology engineering, and mathematics (STEM) education 5-year plan*.  
[www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf).
- National Governors Association [NGA]. (2007a). *Building a science, technology, engineering and math agenda*. Washington, DC: Author.
- Özgüven, S. (2015). Seramik sanatında üç boyutlu yazıcıların yeni bir ifade biçimi olarak kullanılması. *İdil*, 4 (18), 167-183.
- Özsoy ve Koray / International/ OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY 1:1 (2017) 36-48

- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *Framework for 21st century learning*, [http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21\\_framework\\_0816\\_2pgs.pdf](http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_framework_0816_2pgs.pdf) adresinden 29 Kasım 2021 tarihinde edinilmiştir.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research ve evaluation methods*. London: Sage Publications, Inc.
- President's Council of Advisors on Science and Technology [PCAST]. (2010). *Prepare and inspire: K-12 education in STEM (science, technology, engineering and math) for America's future*. Washington, DC: Author. Retrieved from <https://www.nitrd.gov/pcast/index.aspx>
- Raymond, F. B. (2000). Delivering distance education through technology: A pioneer's experience. *Campus-Wide Information Systems*, 17(1), 49-55.
- Richardson, J. T., ve Ginsburg, G. P. (1999). *A judge's deskbook on the basic philosophies and methods of science*. Reno, Nevada: University of Nevada, State Justice Institute.
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM education, STEMmania*. The Technology Teacher, 68(4), 20-26.
- Schachter, R. (2011). Helping STEM take root. *Education Digest: Essential Readings Condensed for Quick Review*, 77(2), 28-32.
- Schoenfeld, A. S. (1992). Learning to think mathematically. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). New York: Macmillan.
- Stone-MacDonald, A., Wendell, K., Douglass, A., Love, M. L., ve Hyson, M. (2015). *Engaging young engineers: Teaching problem solving skills through STEM*. Brookes Publishing.
- Solidworks nedir?, (2021, June). Retrieved from <https://cadsay.com>
- Şahin, K., ve Turan, B. O. (2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116.
- Şen, C. (2018). *Mühendislik tasarımı odaklı bütünleşik STEM etkinliklerinde üstün zekalı ve yetenekli öğrencilerin kullandığı beceriler* (Yayınlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Türk, N. (2019). *Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Ünal, E., Kayaoğlu, M., Topçu, B., Kaya, H. ve Doğan, M. U. (2012). TÜBİTAK-BİLGEM Shot Estimation System (SES). *In Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2012 20th. 1-4. IEEE.
- Wagner, T. (2008). *The global achievement gap*. New York, NY: Basic Books.
- Yadigâr, G. (2010). *Uzaktan Eğitim Programlarının Etkinliğin Değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış, doktora tezi). Gazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, A., Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (11. baskı). Ankara : Seçkin.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S., Çelik, E. (2018). Yeni Bir Bakış - 3 Boyutlu Yazıcılar ve Öğretimsel Kullanımı: Bir İçerik Analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Yılmaz, F., Arar, M.E. ve Koç, E. (2013). 3D baskı ile hızlı prototip ve son ürün üretimi. *Metalürji Dergisi*, 168, 35-40.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods (3rd edition)*. New Delhi: London.
- Yüksel, O. A. (2015). *Okul Öncesi Dönemde 3 Boyutlu Tasarım ve Üretimin Çocukların Bilişime Yönelik Algularına Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zuber, E. N., ve Anderson, J. (2012). The initial response of secondary mathematics teachers to a one-to-one laptop program. *Math Education Research Journal*, 17(2), 9-38

## EK-A

### 3D Hücre Modeli Tasarımı Etkinliği

**Fen Bağlamı:** 3D yazıcıların fen bilimleri alanlarındaki kullanımlarına yer verilir.

Sağlık, tıp ve çevre gibi pek çok alanda 3D yazıcıların etkisi üzerine tartışılır.

**Teknoloji Bağlamı:** 3D yazıcı kullanımının önemine değinilir.

**Mühendislik Bağlamı:** Model oluşturmada tasarlama ve modelleme süreçlerine dikkat çekilir.

**Matematik Bağlamı:** 3D model oluşturma ve tasarlama aşamalarında ölçmenin önemi, 3D yazıcıların kullanımında yer alan yazılım programlarındaki matematiksel ölçeklendirmeden bahsedilir. 3D tasarım eğitimi sonrasında katılımcılarla “3D Hücre ve Organelleri” modeli etkinliği yapılmıştır. Öğrencilerden Fusion 360 programını kullanarak hücre modeli tasarımları istenir.

Tasarımların oluşturulmasının ardından aşağıdaki sorular yöneltilir.

- Hücre tasarımında hangi noktalara dikkat ettiniz?
- Çizdiğiniz eskizlerle tasarımınız arasındaki uyumlar nelerdir?
- Çizdiğiniz eskizlerle tasarımınız arasındaki uymayan noktalar nelerdir?

Sorular yardımıyla fikir alışverişi yapılarak öğrenci görüşlerinin ortaya çıkarılması sağlanır.

#### **Malzemeler:**

- 3D yazıcı
- Filament
- Fusion 360 programı

Öğrencilerin hücre modellerinin basılmasının ardından;

- 3D modelinizi inceleyiniz.
- Modeliniz istediğiniz özelliklere sahip mi?
- Evet ise bu özellikler nelerdir?
- Hayır ise bu özellikler nelerdir?
- Modelinizi geliştirmek için neler yapabilirsiniz?
- Tasarım ve ürününüz uyumlu mu? Soruları yöneltilerek tartışılır.

**EK-B**  
**Bireysel Görüşme Formu**

Görüşmenin amacı katılmış olduğunuz 3D tasarım uygulamaları içeriğine yönelik görüş ve düşüncelerinizi belirlemektir. Bu amaçla size bazı sorular sormak istiyorum. Vereceğiniz cevaplarda görüşme boyunca kendi duygu ve düşüncelerinizi rahatlıkla ifade edebilirsiniz. Bu araştırmada kimliğiniz ve verdiğiniz cevaplar tümüyle gizli kalacaktır. Hazırsanız görüşmeye başlayabiliriz.

**Görüşme Soruları**

1. Tasarım ne demektir?
2. Yaptığınız uygulamaları göz önünde bulundurarak 3D ve tasarım kavramları arasındaki ilişkiyi açıklar mısınız?
3. Hücre modeli tasarlarken nelere dikkat ettiniz?
4. Yaptığınız uygulamaların tasarımı aşamasında karşılaştığınız zorluklardan bahsedermisiniz?
5. Uygulamalarda kullandığınız “Fusion 360” programı hakkında düşünceleriniz nelerdir?
6. “Fusion 360” programı zihninizdeki tasarımları yapmanız için yeterli oldu mu? Yoksa zihninizdekileri tasarımlarınıza yansıtmakta zorluk çektiniz mi? Açıklayınız.
7. Fen öğretiminde sizce 3D tasarımın veya 3D cismin önemi nedir? Fen öğreniminde 3D tasarım uygulamalarının etkililiği hakkında düşünceleriniz nelerdir?
8. İleride bir tasarımcı olursanız ne tasarlamak istersiniz? (Evet) Tasarımı nasıl yaparsınız? Bu tasarımdaki amacınız ne olur?
9. 3D yazıcılar hakkında bildiklerinizi paylaşır mısınız? Bu bilgileri nereden ve nasıl edindiniz?
10. Günümüzde 3D yazıcılar hangi alanlarda kullanılmaktadır? (Verilen cevaplara göre; 3D yazıcıların bu alanlarda kullanım amaçları nelerdir? )
11. 3D yazıcılar evlerde hangi amaçla kullanılabilir? Örnek verebilir misiniz?
12. 3D yazıcılar okullarda kullanılabilir mi? (Evet, Hayır) Neden kullanılabilir/mez? (Evet) Hangi amaçla kullanılabilir?
13. Uygulama öncesi yaptığınız model çizimleri ile tasarımlarınızın ne derece örtüştüğünü düşünüyorsunuz? Fark var ise bu farkın sebebi ne olabilir?
14. Zihninizde oluşturduğunuz 3D hücre modeli ile 3D yazıcıdan çıktı olarak alınmış ürününüzün ne derece örtüştüğünü düşünüyorsunuz? Fark var ise bu farkın sebebi ne olabilir?

**EK-C**  
**Gözlem Formu**

Katılımcı Adı - Soyadı:

Tarih:

<b>İçerik</b>	<b>Açıklama</b>
Verilen eğitimi anlama	
Tasarım programı kullanabilme	
Sahip olunan bilgiyi tasarıma aktarma	
Tasarım süreci	
Yapılan tasarımı değerlendirme	
Üretilen modeli değerlendirme	
Model tasarlama sürecinde uzamsal becerileri işe koşma	
Özgünlük	
Ayrıntıya yer verme	
Modele son halinin verilmesi	
Elde edilen ürünün değerlendirilmesi	

## EK-D



### NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULUNA SUNULACAK GÖNÜLLÜ KATILIM FORMU

Bu çalışma, ... başlıklı bir araştırma çalışması olup ... amacını taşımaktadır. Çalışma, ... tarafından yürütülmekte ve sonuçları ile ... ortaya konacaktır/ ... gelişimine ışık tutulacaktır.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda, ... (araştırmanın türü/türleri) yapılarak sizden veriler toplanacaktır.
- İsminizi yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz/araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler ... yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı ... Üniversitesi ... bölümünden ...'ya yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı :

Adres :

İş Tel :

Cep Tel :

**Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.**

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:

İmza:

Tarih: