

Matematik Öğrenme Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcı Kullanımına İlişkin Öğrenci Görüşlerinin İncelenmesi*

Examination of Student Views on the Use of 3D Printers in the Process of Learning Mathematics

Kübra YILDIRIM¹, Cenk KEŞAN²

¹ Sorumlu Yazar, Doktora Öğrencisi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, kubra.yildirim.90@hotmail.com, (<https://orcid.org/0000-0002-9640-9550>)

² Prof. Dr., Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Buca Eğitim Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, cenk.kesan@deu.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0003-2629-8119>)

Geliş Tarihi: 06.03.2022

Kabul Tarihi: 22.05.2022

ÖZ

Çalışmanın amacı matematik derslerinde üç boyutlu (3B) yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerini incelemektir. Araştırma için nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreçleri sonunda yapılan görüşmeler içerik analizi ile analiz edilmiştir. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda öğrencilerin 3B yazıcı hakkındaki düşünceleri ile temalar oluşturulmuştur. 3B yazıcılar, 3B nesnelere yazdıran bir cihaz olduğu için ortaokul öğrencilerinin bu ifadesi “işlev” teması altında kodlanmıştır. 3B yazıcıya yükledikleri anlam “algı” teması altında kodlanmıştır. Algı temasına ait kodlara baktığımızda öğrencilerin 3B yazıcıya pozitif anlamlar yükledikleri görülmüştür. 3B yazıcıya ait teknik konular hakkındaki düşünceleri “teknik konular” teması altında toplanmıştır. 3B yazıcının somutlaştırma özelliğinden bahsettikleri konular “somutluk” teması altında toplanmıştır. Ortaokul öğrencilerinin verdikleri cevaplara ait temalar incelendiğinde en çok teknik konulara ait kodların oluştuğu görülmüştür. Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkındaki düşünceleri sorulup gelen cevaplar üzerine temalar oluşturulmuştur. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkında hangi kazanımlara fayda sağladığından bahsettikleri düşünceler “kazanımlara katkı”, somut deneyimlerinden bahsettikleri düşünceler “somut deneyimler” ve duygularından bahsettikleri düşünceler “duyuşsal alan” teması altında toplanmıştır. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkında oluşan temalar içinde öğrenciler en çok kazanımlara katkısı olduğundan bahsetmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı, matematik, dersi öğrenme süreci, ortaokul öğrencileri.

ABSTRACT

The aim of the study is to examine the thoughts of secondary school students who use three-dimensional (3D) printer in mathematics lessons about 3D printer and 3D printer supported mathematics learning process. A case study, one of the qualitative research designs, was used for the research. The interviews conducted at the end of the 3D printer supported mathematics learning processes were analyzed by content analysis. At the end of the 3D printer supported mathematics learning process, the themes were formed with the students' thoughts about the 3D printer.

*Bu makale birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü DEU BAP Koordinasyon Birimi desteği alınarak hazırlanmış doktora tezinden üretilmiştir.

Since 3D printers are a device that prints 3D objects, this statement of secondary school students was coded under the theme of "function". The meaning they attributed to the 3D printer was coded under the theme of "perception". When we look at the codes belonging to the theme of perception, it is seen that the students attribute positive meanings to the 3D printer. Secondary school students' thoughts on technical issues related to 3D printers were gathered under the theme of "technical issues ". The topics that they talk about the concretization feature of the 3D printer are gathered under the theme of "concreteness". When the themes of the answers given by the secondary school students were examined, it was seen that the codes belonging to the technical subjects were the most. Secondary school students were asked their thoughts about the process of learning mathematics with 3D printer supported and themes were created based on their answers. The thoughts that secondary school students talked about which gains benefited from the 3D printer-supported mathematics learning process were gathered under the theme of "contribution to learning outcomes ". The thoughts about their concrete experiences about the 3D printer-supported mathematics learning process were gathered under the theme of "concrete experiences". The thoughts that they talked about their feelings about the 3D printer-supported mathematics learning process were gathered under the theme of "affective domain". Among the themes about the 3D printer-supported mathematics learning process, the students mentioned that it contributed the most to the learning outcomes.

Keywords: 3D printer, maths, the process of learning the lesson, secondary school students.

GİRİŞ

Üç boyutlu (3B) yazıcılar bilgisayar ortamındaki 3B bir nesneyi çeşitli malzemeleri bir takım işlemlerden geçirerek katı bir forma dönüştürebilen makinelerdir (Berman, 2012; Olla, 2015; Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018). 3B yazıcıların kullanımında malzeme çeşidi, renk, boyut ve dayanıklılık gibi bazı sınırlılıkları olsa da tasarımların kolayca yazdırılabilmesi, kişiselleştirilmiş ürünler ve bazı durumlar için maliyet ya da hızlı üretim gibi pek çok avantajları bulunmaktadır (Şahin ve Turan, 2018).

Chuck Hull tarafından 1983 yılında 3D Systems adında kurulan bir şirket tarafından 1987 yılında ilk yazıcı olan SLA-1 üretilmiş ve patenti alınmıştır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015; Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014; Snyder ve diğerleri, 2014). İlk ortaya 1980'li yıllarda ortaya çıkan (Schubert ve diğerleri, 2014) bu yazıcıların 2000'li yıllarda telif hakkının kalması ile "kendin üret" projeleri sayesinde pek çok 3B yazıcı üretimi başlamıştır (Çalışkan, 2015). 2000'li yıllardan itibaren pek çok insanın hem 3B yazıcılarını kendilerinin oluşturabilme imkânı hem de yazıcının satın alma maliyetlerinin azalması sebebi ile günümüzde adı daha çok duyulan bir teknoloji haline gelmektedir.

3B yazıcı, hem endüstride hem de akademiye giderek daha popüler, daha kolay ve daha ucuz bir yöntem haline gelmektedir (Dumond ve diğerleri, 2014). En fazla mühendislik, mimarlık, sağlık, havacılık, uzay, askeri uygulamalar ve gıda gibi alanlarda (Demir ve diğerleri, 2016; Özsoy ve Duman, 2017) kullanılan bu teknoloji okullarda yerini almaya başlamıştır ancak diğer alanlara göre geride kaldığı görülmüştür (Yıldırım ve diğerleri, 2018). Masaüstü 3B yazıcıların artması yazıcıların daha ulaşılabilir olmasını yaygınlaştırmıştır. Bu teknoloji bu sayede günümüzde okullarda daha erişilebilir hale gelmektedir (Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015; Nemorin ve Selwyn, 2017). 3B yazıcıya artan ilginin öne çıkan alanlarından biri eğitim alanıdır. Üniversite mezunları ve lise öğrencileri ve hatta daha küçük çocuklar için kullanılabilir hale gelmektedir (Eisenberg, 2013). Ancak 3B yazıcı teknolojisi yükseköğretimde daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Szulzyk-Cieplak, Duda ve Sidor, 2014).

3B yazıcı teknolojisi şüphesiz öğretimde yeni bir bölümdür ve 3B yazıcılar öğretim sürecini desteklemektedir (Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014). 3B yazıcılar öğrencilerin kendi modellerini oluşturup yazdırmalarına imkân sağlamaktadırlar (Karaduman, 2018). Öğrenme sürecinin bir parçası olarak, 3B yazıcıların, soyut kavramları sınıf içinde fiziksel nesnelere

dönüştürebileceğini, bu durumunda eğitim ortamları üzerinde olumlu ve derin bir etkiye sahip olacağı düşünülmektedir (Micallef, 2015). Horowitz ve Schultz'a göre (2014), 3B yazıcılar ile öğretim sırasında yazdırılan fiziksel modeller öğrencilerin görme, dokunma gibi farklı duyularına hitap ederek öğretim sürecine katkı sağlamaktadır. Planlama, tasarlama, test etme süreci ve ayrıca belirli kriterleri karşılayan nesnelere oluşturmak için öğrencilerin işbirliği, uygulamalı etkinlikler ve eserlerin dokunsal algısı, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Spyros, Georgios, Konstantinos ve Konstantinos, 2021). Bu nedenle, öğretmenler, soyut kavramları modelleyebilen, görselleştirebilen, öğretimi ve kavramsal gelişimi geliştirebilen ve bir öğrenme yardımcısı olarak hizmet edebilen bu teknolojiyi daha iyi kullanmaya teşvik edilmektedir (Leinonen, Virnes, Hietala ve Brinck, 2020; Newley, Yeşilyurt ve Deniz, 2019; Novak ve Wisdom, 2018). 3B yazıcı teknolojisinin eğitim-öğretim ortamlarında kullanımının artması için okulların bu konuda teknik desteğinin olması ve kullanacak öğretmenlerin durumu yönetecek donanımına sahip olması gerekmektedir (Demir ve diğerleri, 2016). Öğrenciler proje oluşturmak için teknolojiyi kullanmalı ve öğretmenler sürecin kolaylaştırıcısı olarak hareket etmelidirler (Blikstein, 2013). Öğrencilerin arasında teknoloji okuryazarlığı düzeyinde farklılıklar olması gibi bazı olumsuz durumlar konusunda tüm öğrencilerin geride kalmadan ilerleyebilmesi için öncelikle öğretmenlerin 3B yazıcıya aşina olması gerekmektedir (Kostakis ve diğerleri, 2015).

3B yazıcılar öğrencilerin hayal güçlerini sonuca dönüştüren bir araçtır (Özsoy ve Duman, 2017). Ürünlerine dokunabilme olasılığı öğrenciler için mükemmel bir motivasyondur (Papp, Tornai ve Zichar, 2016). 3B yazıcı teknolojisinin öğrencilerin yaratıcılığını destekleyebilen ve ilham verebilen güçlü bir öğrenme ve eğitim aracı olarak hizmet edebileceği düşünülmektedir (Spyros ve diğerleri, 2021). 3B yazıcılar bir okulu veya sınıfı eğlenceli ve ilginç hale dönüştürmenin yanı sıra öğrencinin merakını, yaratıcılığını ve öğrenme tutkusunu beslemektedir (Cano, 2015). 3B yazıcıların eğitim ortamında verimli kullanılması, öğrencilerin yaratıcı eserler ortaya çıkarmasına katkı sağlamaktadır (Çekirge, 2019). 3B yazıcılar öğrencilerin derse ilgisi artırıp konuları daha iyi anlamalarını sağlamaktadır (Güleryüz, 2020). 3B yazıcılar, yaparak öğrenme olarak da bilinen uygulamalı öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır (Papp ve diğerleri, 2016). Öğrenciler için ilgi çekici olmakla birlikte hayal gücü üzerinden dikkate değer bir etkiye sahiptir ve öğrencilerin fikirlerini gerçek projelere dönüştürebilmektedir (Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014). Eğitim dâhil peç çok konuda tüketime doğru gidilmekte iken 3B yazıcılar çocuklara kendi nesnelere oluşturmalarına olanak sağlamaktadır (Çallı ve Taşkın, 2015; Eisenberg, 2013).

Gün geçtikçe 3B yazıcıları konu alan araştırmalar artmaktadır (Yıldırım ve diğerleri, 2018). Eğitim alanında yapılmış çalışmalara baktığımızda 3B yazıcıların eğitime dahil edilmesi, eğitimde nasıl kullanılabileceği ya da karşılaşılabilecek bazı zorluklar üzerine çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Papp ve diğerleri (2016), 3B teknolojiler eğitime neler getirebilir? 3B yazıcı edinmenin etkileri isimli çalışmada 3B yazıcı kullanmanın bir eğitim kurumunun yaşamını nasıl etkileyebileceğinden bahsetmiştir. Szulzyk-Cieplak ve diğerleri (2014), 3B yazıcılar – eğitimde yeni olanaklar çalışmada 3B yazıcıların doğrudan öğretim sürecini destekleyebileceğinden ve öğrencilerin fikirlerini gerçeğe aktarmalarını sağlayabileceğinden bahsetmiştir. Kökhan ve Özcan (2018), 3B yazıcıların eğitimde kullanımı ve potansiyel kullanım alanlarını incelemiştir. Ford ve Minshall (2016), eğitimde 3B yazıcı ile ilgili yaptığı literatür çalışmada 3B yazıcının eğitim sisteminde nerede ve nasıl kullanıldığını araştırmıştır. Demir ve diğerleri (2016), 3B yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar çalışmada 3B yazıcı teknolojilerini tanıtmış, eğitimle ilişkisini açıklamış ve ülkemizde nasıl kullanıldığını incelemiştir. Yıldırım ve diğerleri (2018), yeni bir bakış-3B yazıcılar ve öğretimsel kullanımı çalışmada 3B yazıcıların mevcut durumunu ve eğitim amaçlı kullanımını belirlemeyi amaçlamıştır. Özsoy ve Duman (2017), 3B yazıcı teknolojilerini tanıtmak ve eğitimde kullanılabilirliği üzerine yaptıkları çalışmada olumlu yönde etkilerinin olabileceğinden bahsetmişlerdir. Eğitimde kullanımına yönelik yapılmış bu

çalışmalar 3B yazıcıların eğitimde kullanımını desteklemektedir. Eisenberg (2013), 3B yazıcıların eğitimde kullanımını destekleyip 3B yazıcıların eğitimde kullanılabilir hale gelmesinin olası zorluklarının nasıl aşılabileceğine yönelik bir çalışma yapmıştır.

Eğitimde nasıl kullanıldığı ve nasıl kullanılabilirliği çalışmalarında bahsedildiği üzere 3B yazıcılar eğitim-öğretim sürecini destekleyebilmekte ve bu çalışmalarda farklı disiplinler ile ilgili çalışmaların yapılması yönünde öneriler bulunmaktadır. Mühendislik, tıp eğitimleri gibi alanlarda daha sık kullanılması ile birlikte giderek STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik), sosyal bilgiler eğitimi, matematik eğitimi gibi alanlarda çalışmalar artmaktadır (Karaduman, 2017). 3B yazıcı teknolojisinin eğitime entegrasyonunu STEM sağlamıştır (Schelly, Anzalone, Wijnen ve Pearce, 2015). 3B yazıcıların STEM çalışmalarında kullanımına baktığımızda Seren (2019), üstün yetenekli öğrencilerle STEM etkinliklerinin tasarlanması ve STEM etkinliklerinde 3B teknolojilerin kullanılması isimli tez çalışmasında 3B teknolojilerin eğitim alanına entegrasyonu sağlayıp bireylerin eğitiminde olumlu katkılar sağlayacağı sonucuna varmıştır. Gülerüz (2020), fen bilgisi öğretmenliği, 3.sınıf öğretmen adaylarına STEM eğitimi kapsamında uygulanan 3B yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının öğretmen adayların 21. yüzyıl öğrenen becerileri kullanım düzeyleri, STEM farkındalık düzeyleri ve STEM uygulamaları öğretmen öz yeterlilik düzeyleri üzerinde olumlu ve anlamlı bir etki bıraktığını belirtmiştir. Makino ve diğerleri (2018) lise öğrencilerine yönelik STEM eğitimi olarak polis düdüklarının 3B basılması ve ses frekansı araştırmalarını ele almış ve sonucunda 3B yazıcı kullanarak yapılan STEM eğitiminin faydalı olduğu sonucuna varılmıştır. Stansell ve Tyler-Wood (2016), ortaokul öğrencileri ile 3B yazıcı kullanarak bir STEM çalışması gerçekleştirmiş ve sonucunda 3B yazıcı kullanımı sonrası matematik başarısında görülen iyileşme ilgi çekici bir nokta olarak bulunmuştur. Chamberlain ve Meyers (2016) ve Flynn ve Bach (2019) 3B yazıcı kullanımının STEM'e dahil edilmesi konusunda çalışmışlardır. 3B yazıcı ve STEM ile yapılmış çalışmalar sonucunda 3B yazıcı kullanımının olumlu yönde etkileri olabileceği sonuçları çıkarılmıştır (Bicer ve diğerleri, 2017; Dumond ve diğerleri, 2014; Gülerüz ve Dilber, 2021; Ramey ve Stevens, 2019; Seren, 2019; Sun ve Li, 2018).

Birden fazla disiplinin bir arada olduğu STEM çalışmalarında 3B yazıcı kullanımı ile sınırlı kalmayan araştırmacılar kendi disiplinlerinde 3B yazıcı kullanımına yönelik çeşitli araştırmalar gerçekleştirmektedirler. Çekirge (2019), 7. sınıf öğrencileri ile teknoloji ve tasarım dersinde gerçekleştirdiği çalışmasında 3B yazıcı kullanımının akademik başarı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme eğilimlerine etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda dijital materyaller ile fiziksel materyallerin bir sonraki hafta öğrencilere gösterildiği grubun fiziksel materyal verilmeyen gruptan akademik başarısının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Spyros ve diğerleri (2021), 3B yazıcının fen dersinde sürtünme kavramında öğrencilerin kavramsal anlama, ilgi ve kaygıları üzerinde etkisini araştırmıştır. Avinal (2019), 3B yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin altıncı sınıf vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretimine olumlu etkisini olabileceği sonucu bulmuştur. Karagöz ve Şahin Çınar (2020), fen bilgisi öğretmen adaylarının 3B yazıcılar hakkındaki görüşlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Casas ve Estop (2015), kimya eğitiminde somut kristal modeller üretmek için 3B yazıcının kullanımını araştırmıştır. Kostakis ve diğerleri (2015), Yunanistan'ın Yanya kentinde iki lisede yürütülen üç aylık bir projeden edindikleri olumlu deneyimleri paylaşmışlardır. Özsoy (2019), Senirkent Meslek Yüksekokulu kapsamında 3B yazıcı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği test ettiği çalışmasında 3B yazıcı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği ile 3B düşünebilme kabiliyetin elde edilebileceği ve öğrencilerin, analitik düşünme ile zihinsel, mesleki ve toplumsal gelişimlerine olumlu katkı sağlayacağı bulunmuştur. Karaduman (2017), sosyal bilgiler eğitiminde 3B yazıcıların kullanımı incelemiş ve 3B yazıcıların 2017 Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programındaki kavramların, temel yetkinliklerin, becerilerin ve kazanımların elde edilmesinde bir araç olarak kullanılabilirliğini ifade etmiştir. Spyros ve diğerleri (2021), 3B yazıcı teknolojisinin ilkökul öğrencilerinin alan bilgisi, kaygı ve bilime olan ilgilerine etkisini inceledikleri çalışmasında öğrencilerin kavramsal anlayışlarına olumlu etkisinin olduğunu ve

kaygılarını azalttığı görülmüştür. Buehler ve diğerleri (2015), Buehler ve diğerleri (2016) , Jafri ve Ali (2015) ve Kane ve Bigham (2014) özel eğitimde 3B yazıcıların kullanımı üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Sosyal bilgiler, kimya, fen ve özel eğitim gibi pek çok alanda 3B yazıcının kullanımının araştırılmasının yanında matematik eğitimi üzerine yapılmış çalışmalarda mevcuttur. Yılmaz ve Algil (2018) matematik öğretim materyallerinin 3B yazıcılarla üretimi ve eğitmenlere sağladığı katkılar isimli çalışmasında matematik eğitiminde kullanılacak bir öğretim materyalinin (Tangram) tasarlanıp üretilmesini incelemiştir. Cochran, Cochran, Laney ve Dean (2016), 3B yazıcı ile geometri anlayışını genişletme konulu çalışmasında katı cisimler ve hacim gibi konularda 3B yazıcı kullanımını incelemiştir. Honner (2017) çalışmasında ortaöğretim matematik sınıfları için uygun olan bazı 3B yazıcı projelerini ve bunlarla ilişkili matematik konularından bahsetmiştir. Levin ve Verner (2020), ortaokul öğrencileri ve öğretmen adaylarının analitik düşünme ve uygulamalı matematik becerilerini geliştirmek için Kinder Surprise yumurtası içine sığabilecek topaç tasarlayıp 3B yazıcı ile yazdırıp tasarımlarını doğrulamışlardır. Sun ve Li (2017), 3B yazıcıların matematik eğitiminde uygulanması konulu çalışmasında uzay ve grafik kavramları gibi karmaşık matematiksel ifadeleri anlama konusunda 3B yazıcının olumlu yönde etkileri olabileceğinden bahsetmiştir. Knill ve Slavkovsky (2013) yapmış oldukları çalışmalarında 3B yazıcının matematiksel kavramları ve matematiksel kanıtları nasıl görselleştirmeye yardımcı olabileceğini göstermeyi amaçlamışlardır. Asempapa ve Love (2021), Dilling ve Witzke (2020), Knill ve Slavkovsky (2013), Rainone, Fonda ve Canessa (2014) ve Sun ve Li (2018) gibi pek çok araştırmacı ileri matematik konularında 3B yazıcı kullanımı üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Matematik alanında yapılmış çalışmaların daha çok ileri düzey matematik konuları ya da STEM ilgili olduğu ortaokul matematik dersi kazanımlarının öğretimi konusunda çalışmaların eksik olduğu yapılan araştırmalar ile görülmüştür.

3B yazıcıların eğitim ortamlarında kullanımının olumlu yönde pek çok etkileri vardır (Novak ve Wisdom, 2018). Eğitim alanında yapılan çalışmaların daha çok materyal geliştirmeye yönelik olduğu ya da teknolojinin tanıtımının yapıldığı çalışmalar olduğu öğretimsel amaçlı yapılmış çalışmaların genel olarak STEM ile ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir (Yıldırım ve diğerleri, 2018). 3B yazıcının faydalarından yararlanmak için öğretimsel amaçlı yapılan çalışmaların eksikliği giderilip bu teknolojinin eğitim – öğretim ortamlarında yeni bir teknoloji olarak görülmesi giderilmelidir (Brown, 2015).

Alan yazında görüldüğü üzere 3B yazıcıların eğitime entegre olması giderek yaygınlaşmaktadır. Eğitim ortamında bir araç olarak kullanılmasından daha önemli bir işlevi olabileceğine inandığımız 3B yazıcılar ile öğrenciler kendi ders materyallerini kendileri üretebilme imkanına sahip olabilmektedir. 3B yazıcıların eğitim ve öğretimde kullanılmasının olumlu olabileceği yapılan alan yazın taramasında görülmüş ve tavsiye edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonrasında matematik öğrenme sürecinde 3B yazıcıların nasıl kullanabileceğine yönelik çalışmaların eksikliği görülmüştür. Bu doğrultuda bu çalışmayı önemli kılan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcıları matematik öğrenme süreçlerinde kullanması ve kendi ders araç ve gereçlerini kendilerinin tasarlayıp yazdırabilme imkanına sahip olmasıdır. Bu çalışma ile belirlenen matematik kazanımlara yönelik 3B yazıcıların entegre olduğu ders planları hazırlanmış ve bu ders planlarının uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerini incelemektir. Bu amacımıza uygun problem cümlemiz “Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri nelerdir” şeklinde sorulmuştur. Problem cümlemizin alt problemleri ise;

1. Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili düşünceleri nelerdir?
2. Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri nelerdir?

YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın modeli, çalışma grubu, öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci, veri toplama araçları, verilerin toplanması, verilerin analizi, geçerlik ve güvenilirlik ile araştırmacının rolüne ilişkin bilgiler yer almaktadır.

2.1 Araştırma Modeli

Bu araştırmada, matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri incelenmiştir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı ve problemlerine uygun olarak bu araştırma için nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır.

2.2 Çalışma Grubu

Araştırma veli izinleri alınan 5.,6. ve 8. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. 7. sınıf öğrencilerine yönelik sadece cisimlerin farklı yönlerden görünümüne ait kazanım olduğu için 7. sınıflar bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Uygulama 5. sınıflardan yedi öğrenci, altıncı sınıflardan dokuz öğrenci ve sekizinci sınıflardan sekiz öğrenci olmak üzere toplam 24 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir.

Öğrenciler kolay ulaşılabilir ve amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Her sınıf seviyesinden (7. Sınıf hariç) gönüllü ve veli izinleri olan öğrenciler seçilmiştir. Araştırmanın etik olması için öğrencilerin isimleri hiçbir yerde kullanılmamıştır. Gerçek isimleri yerine kod isimleri kullanılacaktır. Kod isimleri Ö (sınıf).(numara) şeklinde oluşturulmuştur. Örneğin Ö5.4 için 5. sınıf öğrencisi 4. numara olacak şekilde yazılmıştır.

2.3 Öğrencilerin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci

Beşinci ve sekizinci sınıfların uygulaması 2020-2021 senesinde pandemi dolayısı ile çoğunlukla Zoom üzerinden altıncı sınıfların uygulaması ise 2021-2022 senesinde yüz yüze olarak gerçekleştirilmiştir. Ders planları uygulamasına başlamadan önce toplam altı ders saati 3B tasarım (Tinkercad), dilimleme programı (Cura) ve 3B yazıcı (Ultimaker-3) eğitimleri gerçekleştirilmiştir.

11 Mart 2020 tarihinde ülkemizde görülen Covid-19 dolayısıyla okullara ara verilmiştir. Yüz yüze yapmayı planladığımız uygulamamız pandemi sebebi ile uzaktan olacak şekilde düzenlenmiştir. Uygulamaya ilk sekizinci sınıf öğrencileri ile başlanmış ardından beşinci sınıf öğrencileri ile devam edilmiştir. Sekizinci ve beşinci sınıf öğrencileri ile uygulama çoğunlukla uzaktan eğitim ile yapılmıştır. Öğrenciler ile Whatsup üzerinden bir grup kurularak iletişim sağlanmıştır. Öğrenciler ile dersin günü ve saati bu grup üzerinden kararlaştırılmış ve araştırmacı Zoom bilgilerini öğrencilere göndermiştir. Ayrıca öğrenciler ile Tinkercad üzerinden sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıf özelliği sayesinde araştırmacı öğrencilerin tasarladığı 3B modelleri görebilmekte, üstünde değişiklik yapabilmekte ve indirip 3B yazıcıda yazdırabilmektedir. Tinkercad uygulamasının sınıf oluşturma özelliği sayesinde öğrencilerin yaptığı tasarımlar alınıp yazdırılmıştır. Yazdırılma aşamaları öğrencilere kimi zaman zoom üzerinden kimi zamanda aşama aşama kaydedilip gösterilmiştir. Öğrencilerin tasarladığı materyaller dersten önce öğrenciye verilmiştir. Aynı zamanda öğrenciler ile iki kez okulda buluşmuş ve yüz yüze (pandemi kurallarına uygun) dersler işlenmiştir. Uzaktan derslerde araştırmacı kamerası açık bir şekilde ders işlenmiştir. Uzaktan grup çalışmaları ise Zoom uygulamasının Breakoutrooms özelliği ile sınıf gruplara ayrılarak yapılmıştır.

Altıncı sınıf öğrencileri ile uygulama yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Öğrenci velileri teker tekrar aranmış ve çalışma anlatılıp öğrencinin çalışmaya katılması için veli izinleri alınmıştır. Veli izinleri alınan öğrenciler ile uygun oldukları zamanlarda yüz yüze olarak ders planları uygulanmıştır.

Hazırlanan ortaokul matematik ders kazanımlarından önce öğrenciler ile 3B tasarım yapma ve 3B yazıcıyı kullanma eğitimleri verilmiştir. Öğrencilere Tinkercad, Cura programı ve Ultimaker-3 tanıtılmıştır.

Öğrenciler ile tanışmak için bir ön toplantı yapılmıştır. Toplantıda neler yapılacağı ve çalışmanın detayları anlatılmıştır. Çalışmaya devam etmeye karar veren öğrenciler ile 3B tasarım ve 3B yazıcı eğitimleri gerçekleştirilmiştir. 3B tasarım yapabilmek için öğrenci seviyesine uygun Tinkercad uygulaması kullanılmıştır.

3B yazıcı ile desteklenmiş matematik ders planları uzman görüşleri alınarak, alan yazından ve MEB ortaokul matematik ders kitaplarından faydalanılarak oluşturulmuştur. Matematik kazanımları olarak geometrik cisimler kazanımları işlenmiştir. 7. sınıflar için sadece cisimlerin farklı yönlerden görünümüne ait kazanım olduğundan 7. sınıf kazanımları bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Tablo 1’ de sınıfların kazanım listesi sunulmuştur.

Tablo 1. Ortaokul Öğrencilerinin Sınıflara Göre Kazanımları

Sınıflar	Kazanımlar
5. SINIF	M.5.2.5.1. Dikdörtgenler prizmasını tanıır ve temel elemanlarını belirler. M.5.2.5.2. Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir. M.5.2.5.3. Dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını hesaplamayı gerektiren problemleri çözer.
6. SINIF	M.6.3.4.1. Dikdörtgenler prizmasının içine boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlar, verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplar. M.6.3.4.2. Verilen bir hacim ölçüsüne sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını birim küplerle oluşturur, hacmin taban alanı ile yüksekliğin çarpımı olduğunu gerekçesiyle açıklar. M.6.3.4.3. Standart hacim ölçme birimlerini tanıır ve cm^3 , dm^3 , m^3 birimleri arasında dönüşüm yapar. Hacim ölçme birimleri m^3 , dm^3 , cm^3 ve mm^3 ile sınırlandırılır. M.6.3.4.4. Dikdörtgenler prizmasının hacim bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. M.6.3.4.5. Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder. M.6.3.5.1. Sıvı ölçme birimlerini tanıır ve birbirine dönüştürür. M.6.3.5.2. Sıvı ölçme birimlerini hacim ölçme birimleri ile ilişkilendirir. M.6.3.5.3. Sıvı ölçme birimleriyle ilgili problemler çözer.
8. SINIF	M.8.3.4.1. Dik prizmaları tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımlarını çizer. M.8.3.4.2. Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımlarını çizer. M.8.3.4.3. Dik dairesel silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. M.8.3.4.4. Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer. M.8.3.4.5. Dik piramidi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımlarını çizer. M.8.3.4.6. Dik koniyi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımlarını çizer.

Tablo 1’de her sınıf için belirtilen kazanımlara yönelik 3B yazıcı destekli ders planları hazırlanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri ile yaklaşık 10 ders saati, altıncı sınıf öğrencileri ile yaklaşık 15 ders saati ve sekizinci sınıf öğrencileri ile yaklaşık 15 ders saati belirlenen matematik kazanımları ile 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci gerçekleştirilmiştir.

2.4 Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları

Verilerin toplanmasında uzman görüşleri alınarak araştırmacı tarafından hazırlanmış 3B yazıcı görüşme formu ve araştırmacı tarafından tutulan ders gözlem notlarından yararlanılmıştır. Ders gözlem notlarından elde edilen verilerden bu çalışmada sadece sonuç ve tartışma kısmında bahsedilmiştir.

Veli izinleri alınan öğrenciler ile Zoom üzerinden görüntülü kamera kaydı alınarak bireysel yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Her bir öğrenci ile görüşme yaklaşık 15 ile 20 dakika arasında değişmektedir. Yapılan görüşmelerin kaydı araştırmacı tarafından saklanmaktadır. Kaydedilen Zoom görüşmeleri daha sonra yazılı metne dönüştürülmüştür. Çalışmanın uygulaması ve görüşmeler bizzat araştırmacının kendisi tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.5 Veri Analizi

Verilerin analizinde içerik analizi kullanılmıştır. İçerik analizi için temalar ve kodlar öğrenciler ile yapılan görüşmelerden sonra öğrenci cevapları değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Verilerin analizi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada Zoom kaydı olarak elde edilen verilerin çözümlenmesi yapılmıştır ve iki araştırmacı tarafından veri çözümlenmeleri kontrol edilmiştir. İkinci aşamada, çözümlenen veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucu, araştırmacıların bağımsız kodlamaları arasında birinci alt problem için %88 ve ikinci alt problem için %85 uyum tespit edilmiştir.

2.6 Çalışmanın Geçerlik ve Güvenirliği

Nitel çalışmalar, nicel çalışmalardan farklı olduğu için nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlilik amacıyla farklı ölçütler kullanılmaktadır (Büyüköztürk ve diğerleri, 2008). Nitel araştırmalarda; inandırıcılık (iç geçerlik), aktarılabilirlik (dış geçerlik), tutarlılık (iç güvenirlilik) ve teyit edilebilirlik (dış güvenirlilik) kavramları çalışmaların geçerlik ve güvenirliliğini belirlemede kullanılan kavramlardır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Araştırmanın iç geçerliliğini (inandırıcılık) artırmak amacıyla görüşme formları ve ders planları hazırlanırken alan yazın ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır. Görüşme formlarının uzman görüşmeleri alınırken araştırmacı tarafından hazırlanmış görüşme soruları değerlendirme formları kullanılmıştır. Ders planları uzman görüşleri ise yüz yüze olarak ders planları üzerinde tartışılarak alınmıştır. Ders planlarında ders öğretilimi esnasında tasarlanacak 3B modeller uygulamadan önce 3B yazıcıda yazdırılıp kontrol edilmiştir.

Verilerin analizinde Zoom kaydıyla elde edilen veriler yazılı hale dönüştürülmüş ve farklı araştırmacılar tarafından veriler kontrol edilmiştir. Araştırmanın iç geçerliliğinin artırılması için görüşme soruları başka bir uzman tarafından kodlanmıştır. Daha sonra uyum yüzdesi hesaplanmıştır. Araştırmanın güvenirlilik hesaplaması için Miles ve Huberman'ın (1994) güvenirlilik formülü [$Güvenirlilik = \frac{Görüş\ Birliği}{(Görüş\ Birliği + Görüş\ Ayrılığı)}$] kullanılmıştır. Güvenirlilik sonucunun %70'in üzerinde çıkması araştırmanın güvenirliliği için geçerli bir orandır (Miles ve Huberman 1994). Birinci alt problem için %88 ve ikinci alt problem için %85 uyum tespit edilmiştir.

Bulgularda neyin hangi temaya neden yerleştirildiği açık bir şekilde açıklanmıştır. Bulgular öğrenci cevaplarından doğrudan alıntılar ile desteklenmiştir. Öğrenciler ile yapılan görüşmelerde doğru anlayıp anlamadığımızı görebilmek için öğrencilere verdikleri cevaplar tekrar hatırlatılmış ve öğrencinin verdiği cevapları teyit etmesi istenmiştir. Çalışma yapılan öğrenci grupları ile en az 16-22 ders saati ders öğretilimleri gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte öğrenciler ile uzun süre etkileşim kurulmuştur. Öğrencileri yakından tanıma fırsatı sağlanmıştır. Uzun süre süreli etkileşim ile öğrenciler görüşme sırasında rahat cevaplar verebilmiş ve çalışmanın inandırıcılığını arttırmıştır.

Araştırmanın dış geçerliğini artırmak için araştırma modeli, çalışma grubu, öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci, veri toplama araçları, veri toplama süreci, verilerin toplanması-analizi ve yorumlanması ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiştir.

Araştırmanın iç güvenilirliğini artırmak için verilerin toplanması ve analizi aşamalarında yapılanlar, bütün ayrıntılarıyla açıklanıp veriler arasındaki tutarlılık gösterilmiştir. Araştırmanın dış güvenilirliğini artırmak için öğrencilerin 3B yazıcıdan ders için yazdırdığı her şey sınıf için oluşturulan sınıf gruplarında otomatik olarak öğrencinin adı ve kaç ay önce yaptığı ile birlikte kaydedilmiştir. Bu sayede öğrencilerin ders için yazdırdıkları tasarımlara ait veriler saklanmaktadır. Öğrenciler ile yapılan Zoom görüşmeleri ve ders gözlem notları saklanmaktadır.

2.7 Araştırmacının Rolü

Yapılan bu çalışmada bütün aşamalar araştırmacı ve uzmanlar ile planlanmış ve yürütülmesinde bizzat araştırmacı görev olarak çalışmanın her aşamasını gerçekleştirmiştir. 3B tasarım (Tinkercad), dilimleme programı (Cura) ve 3B yazıcı (Ultimaker-3) eğitimleri uzman görüşleri alınarak araştırmacı tarafından hazırlanmış ve uygulanmıştır. 5. sınıf, 6. sınıf ve 8. sınıf ayrıntılı ders planları uzman görüşleri alınarak araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Araştırmada veri toplamak amacıyla kullanılan 3B yazıcı görüşme formu araştırmacı tarafından uzman görüşü alınarak hazırlanmıştır. Araştırmacı tarafından yapılandırılmamış ders gözlem notları tutulmuştur. Öğrenciler ile Zoom üzerinden gerçekleştirilen görüşmeler kayıt altına alınarak araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizleri ve yorumlanması uzman görüşleri alınarak araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde araştırmanın iki alt problemine ait öğrenci görüşmelerinden çıkan veriler analiz edilmiştir.

3.1 Birinci Alt Problem: Matematik Derslerinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı İle İlgili Düşünceleri Nelerdir?

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri sorulmuş gelen cevaplar üzerine temalar ve kodlar oluşturulmuştur. 3B yazıcılar, 3B nesnelere yazdıran bir cihaz olduğu için ortaokul öğrencilerinin bu ifadesi “işlev” teması altında kodlanmıştır. Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcıya yükledikleri anlam “algı” teması altında kodlanmıştır. Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcıya ait teknik konular hakkındaki düşünceleri “teknik konular” teması altında toplanmıştır. Ortaokul öğrencilerin 3B yazıcının somutlaştırma özelliğinden bahsettiği konular “somutluk” teması altında toplanmıştır.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri Tablo 2’de verilmiştir. Beşinci sınıflardan yedi öğrenci bu çalışmaya katılmıştır.

Tablo 2. Beşinci Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 3B Yazıcı Hakkında Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler
İşlev	%7	3B Yazdıran	Ö5.2,Ö5.3,Ö5.6
		Düşünce Geliştiren	Ö5.1
Algı	%43	Her Şeyi Yazdırabilen	Ö5.4
		İstediklerimi Yazdırabilen	Ö5.5
		Yüksek Teknolojik	Ö5.4
		Geleceğin Teknolojisi	Ö5.4
		Kendin Üretebilme	Ö5.4,Ö5.5
		Malzeme/Filament	Ö5.4,Ö5.5
	%36		

Teknik Konular		Nasıl Yazdırdığı	Ö5.5
		Maliyet	Ö5.1
		Yazıcının Sınırlı Boyutu	Ö5.4,Ö5.5
		Doluluk Oranı	Ö5.4
Somutluk	%14	Ürüne Dokunabilme	Ö5.2,Ö5.4,Ö5.7
		3B Cisimler	Ö5.3,Ö5.7

Beşinci sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla “algı” temasına ait kodlar (%43) olduğu görülmüştür. Algı temasına ait kodlara baktığımızda öğrencilerin 3B yazıcıya pozitif anlamlar yükledikleri görülmüştür.

Beşinci sınıf öğrencilerinin işlev temasına ait kodlarına baktığımızda üç öğrencinin 3B yazıcının 3B nesnelere yazdıran bir makine olduğuna yönelik düşüncelerini paylaştıkları görülmüştür.

Ö5.6: Öğretmenim 3B nesnelere yapabilen cihaz böyle bir cihaz olduğunu bilmiyordum ben bunu sizin dersinizde öğrendim.

Beşinci sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin daha çok 3B yazıcı için kendin üretebilme yönünde bir anlam yükledikleri görülmüştür.

Ö5.4: Ve ben hep videolardan izlediğim için mi onlara hiç dokunmadığım için dokunduğumda da bayağı bir şey oldu. Marketlerden satın almışsın gibi ama kendin üretiyorsun.

Beşinci sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin daha çok filamentinden ve yazıcının sınırlı bir boyutunun olmasından bahsettikleri görülmüştür.

Ö5.4: 3B yazıcı denildiğinde benim aklıma direkt filament ya da plastik gibi bir şeyler geliyor.

Ö5.5: Çok büyük şeyleri bastıramayız.

Beşinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin en çok bir ürüne dokunabilme düşüncelerine sahip oldukları görülmüştür. Öğrenciler 3B yazıcı ile yazdırılan ürünleri ellerine alıp dokunabildiklerini söylemişlerdir.

Ö5.2: Öğretmenim normal yazıcı sadece kâğıda yazı yazmamızı sağlıyor 3D Yazıcı ise tamamı ile böyle 3B çıkartıyor. Ellerimiz ile dokunabileceğimiz bir şekilde.

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri Tablo 3’de verilmiştir. Altıncı sınıflardan dokuz öğrenci bu çalışmaya katılmıştır.

Tablo 3. Altıncı Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 3B Yazıcı Hakkında Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler
İşlev	%8	3B Yazdıran	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.4,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.8
Algı	%8	Hayalleri Gerçekleştiren	Ö6.7
		3B Tasarım	Ö6.2,Ö6.8
Teknik Konular	%69	Katman Katman Yazdırması	Ö6.3,Ö6.4,Ö6.8
		Yazıcının Kalem	Ö6.3
		Destek Malzemesi	Ö6.3
		Materyal/Filament	Ö6.1
		Yazdırma Yüzeyi/Tabla	Ö6.3
		Yazdırılma Süresi	Ö6.5,Ö6.8
		Düzgün Yazdırmaması	Ö6.1

		Doluluk Oranı	Ö6.3,Ö6.8
Somutluk	%16	3B Cisimler	Ö6.2, Ö6.5,Ö6.9
		Görüp-Dokunabilme	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.4,Ö6.5

Altıncı sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla “teknik konular” temasına ait kodlar (%69) olduğu görülmüştür. Bu tema altında altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcının kullanımına, yazdırmasına ve bazı sınırları olmasına yönelik düşüncelere sahip oldukları görülmüştür.

Altıncı sınıf öğrencilerinin işlev temasına ait kodlarına baktığımızda dokuz öğrenciden altısının 3B yazıcının 3B nesnelere yazdıran bir makine olduğuna yönelik düşüncelerini paylaştıkları görülmüştür.

Ö6.5: Hocam 3B yazıcı denilince aklıma elimizde tutabilen cisimler ve prizmalar geliyor hocam. Yazıcı aslında gözle görülen bir şeyi elimizde almakta olan bir cismi yazıcı o cismi 3D olarak çıkartıyor.

Ö6.6: Şekilleri 3B şekilde yani şekillerin her yüzeyini görebileceğimiz şekilde çıkartan bir makine geliyor hocam.

Ö6.8: Öğretmenim aklıma 3B cisimleri yazdıran bir cihaz geliyor.

Altıncı sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda 3B yazıcı için hayalleri gerçekleştiren bir cihaz olduğu anlamının yüklendiği görülmüştür.

Ö6.7: Hayal olan şeyleri gerçeğe dönüştürüyor yazıcı.

Altıncı sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda en çok 3B yazıcının katman katman yazdırmasından bahsettikleri görülmüştür. Teknik konular temasında diğer en çok bahsedilen kodlar 3B tasarım, yazdırılma süresi ve doluluk oranı olmuştur.

Ö6.3: Yazıcı tek tek yapabilen sıra sıra sonra bir kalem olan, yüzeyi pürüzsüz olan yazdırdığı yüzey, istersek içine doldurabildiğimiz istersek doldurmadığımız...

Ö6.4:Hocam katman katmana yazdırması değişik geldi.

Ö6.2: Yazıcı denildiğinde Tinkercad uygulaması geliyor.

Ö6.8:Öğretmenim benim genelde dikkatimi çeken şey cismin içinin boş olmasına göre yazıcının bir saatte veya bir günde yazdırmasının değişmesi ilginç bir şey.

Altıncı sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda en çok görüp dokunabilme koduna yönelik cevaplar verdikleri görülmüştür.

Ö6.3: Yazıcı iyi bir şey mesela bir şey istediğimiz zaman kare prizma canlı canlı görebiliyoruz fotoğrafına bakmaktansa...

Ö6.4: Hocam bir cismi elimizle dokunacak hale getirmek hocam bir cismi elleylemezken veya hiç dokunamadığım bir cismi görebilmek veya dokunabilmek elleylemek 3B bir şekilde görebilmek.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri Tablo 4’de verilmiştir. Sekizinci sınıflardan sekiz öğrenci bu çalışmaya katılmıştır.

Tablo 4. Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 3B Yazıcı Hakkında Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler
İşlev	%7	3B Yazdıran	Ö8.1,Ö8.3,Ö8.6,Ö8.7
Algı	%20	Prototipleme	Ö8.2
		Hayalleri Gerçekleştiren	Ö8.8

		Kendin Üretebilme	Ö8.8
Teknik Konular	%60	3B Tasarım	Ö8.1,Ö8.4, Ö8.5, Ö8.7
		Destek Malzemesi	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.8
		Materyal	Ö8.3,Ö8.4
		Yazdırılma Süresi	Ö8.3,Ö8.4,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
		Düzgün Yazdırmaması	Ö8.1,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
		Yazıcının Sınırlı Boyutu	Ö8.4
		Tablaya Yapışkan Sürülmesi	Ö8.6
		Maliyet	Ö8.7
		Doluluk Oranı	Ö8.8
		Somutluk	%14
Görüp-Dokunabilme	Ö8.2,Ö8.3		

Sekizinci sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla “teknik konular” temasına ait kodlar (%60) olduğu görülmüştür. Bu tema altında sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcının kullanımına, yazdırmasına ve bazı sınırları olmasına yönelik düşüncelere sahip oldukları görülmüştür.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin işlev temasına ait kodlarına baktığımızda sekiz öğrenciden dördünün 3B yazıcının 3B nesnelere yazdıran bir makine olduğuna yönelik düşüncelerini paylaştıkları görülmüştür.

Ö8.1: Tinkercad gibi uygulamalarda yaptığımız şeyleri orada basabiliyorduk hocam yani böyle 3B şeyleri basan bir yazıcı.

Ö8.3:İlkte sadece mesela yazı ile ilgili bir şey çıkarandı sadece kâğıt olarak düşünüyordum. Ama siz anlattıktan sonra bizim yaptıklarımızı bize plastik bir cisim olarak çıkartıp veriyordu.

Ö8.7: Bir cismi yazdıran yerdir. Bir cismi tasarlıyorsunuz o cismi oluşturursunuz ayrıntısına kadar şey yaparsınız ölçersiniz biçersiniz onu da yazdıran alet 3B yazıcıdır.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda prototipleme olarak kullanılabileceği, hayalleri gerçekleştiren bir cihaz olduğu ve kendilerinin üretebildiği yönünde bir anlam yüklendiği görülmüştür.

Ö8.2:İlk önce 3B yazıcıdan çıkartıp hem gözümüz ile görebiliriz sonrada asıl yapacak malzemeleri kendimiz yapabiliriz aşama aşama. İnsanlar ilk bir şey yapacaklarında yazıcıyı kullanabilirler nasıl yapacaklarını göstermek bir öngörü için.

Ö8.8: Siz bir ödev veriyordunuz herkes hayal gücünü ortaya koyup bir şey başarmaya çalışıyordu. Ve başardığımızı çıkartınca da biz de mutlu oluyorduk. O kadar emek verdik ve o gerçekten aynısını çıkarıyordu.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda en çok yazdırılma süresi, düzgün yazdırmaması, 3B tasarım ve destek malzemesi hakkındaki düşüncelerinden bahsetmişlerdir.

Ö8.2: Hatta siz bir ara okulda da sosyal mesafe kuralı içerisinde bulduğumuz zamanda hani şey vermiştiniz ya o şeyi fazladan olan parçaları suya koyunca çıkıyor demiştiniz onları deneyince çıkınca çok şaşırdım. Bence herkesin hayal gücüne daha da fazlasını kattırıyor.

Ö8.3: Olumlu tarafları da var olumsuz tarafları da var. Olumlu tarafı mesela istediğimiz bir cismi artık gözümüzde canlandırmak yerine önümüze koyup bakabiliriz. Olumsuz tarafı da uzun çıkarıyor hemen çıkartmıyor. Bazen ilk seferde istediğimiz şekilde çıkarmıyordur tekrar denemek zorunda kalıyorduk.

Ö8.4: ... Sonra belirli ölçüleri olmazsa deformasyon oluyor.

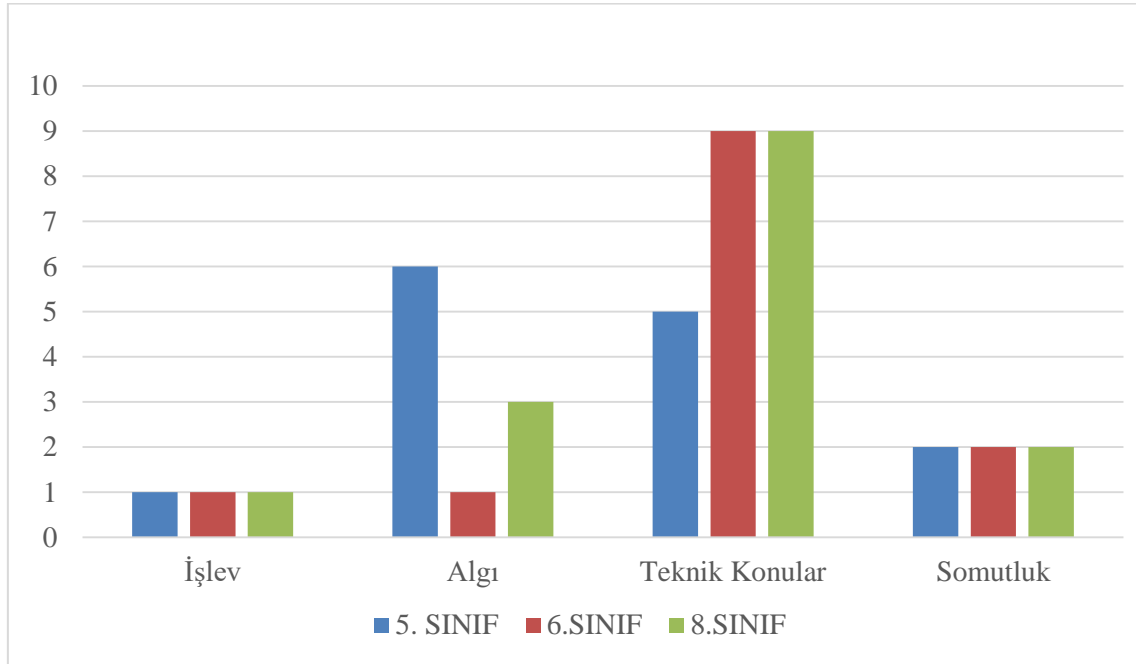
Ö8.8: Bizim normal 3d yazıcılarımız yok. Normal yazıcılar bildiğimiz kartuşları var. Onun da kartuşu var ama değişik türlü bir kartuş. Onu çıkartabiliyorsun. Pigmentlerini veren renkler alabiliyorsun. Normal yazıcıya koyuyoruz o yazıcı kâğıda geçiriyor. Ama onun mesela destek malzemesi vardı. Onları kullandığımızda altına kendi yani onu çıkartabilmemiz için kolaylık için altına bir katman oluşturuyordu. Ve aralarını boşluklu boşluklu dolduruyordu. Mesela yüzde yüz dolu yapsam ben bir saatlik işi mesela 4 saatte yapar. Kulpunu çıkarmamıştı mesela orayı ayarlayamamıştı o ilginçime gitti. Benim orayı tamir etmem için destek malzemesi koymam gerekiyordu.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda en çok tasarımlarını somutlaştırabildiklerine yönelik cevaplar verdikleri görülmüştür.

Ö8.1: Uygulamada yaptığınızı gerçek hayata getiriyor hocam o yüzden çok güzel.

Ö8.4: dijital ortamda tasarımlarını yapabildiğimiz şeyleri gerçek hayatta görebilmenizi sağlıyor.

Genel olarak ortaokul öğrencilerinin cevaplarından çıkan temalara ait kodların sınıflara göre dağılımları Şekil 1’de gösterilmiştir. Her sınıf seviyesinde oluşan temalar aynı olmakla birlikte bu temalara ait kodların çeşitliliğinin her sınıf seviyesinde her temada aynı olmadığı görülmüştür.



Şekil 1. Birinci Alt Problem İçin Sınıfların Temalara Göre Kodlarının Dağılımı

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı ile ilgili verdikleri cevaplara ait temalar incelendiğinde en çok teknik konulara ait kodların olduğu görülmüştür. 3B yazıcının nasıl kullanıldığı, nasıl yazdığı vb. gibi konulara ait düşüncelerin paylaşıldığı teknik konular temasına baktığımızda en fazla altıncı ve sekizinci sınıf öğrencilerinin en az ise beşinci sınıf öğrencilerinin kodlarının olduğu görülmüştür. 3B yazıcıya yükledikleri anlam olan algı temasında en çok beşinci sınıf öğrencilerinin kodları olduğu görülürken en az altıncı sınıf öğrencilerinin kodlarının olduğu görülmüştür.

3.2 İkinci Alt Problem: Matematik Derslerinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri Nelerdir?

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri sorulup gelen cevaplar üzerine temalar ve kodlar oluşturulmuştur. Öğrenci cevaplarından çıkan kodlar üç tema altında toplanmıştır. Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin hangi kazanımlara fayda sağladığından bahsettikleri düşünceler “kazanımlara katkı”, somut deneyimlerinden bahsettiği düşünceler “somut deneyimler” ve duygularını dile getirdikleri düşünceler “duyuşsal alan” teması altında toplanmıştır.

Yedi beşinci sınıf öğrencisi ile belirlenen matematik kazanımlarına yönelik 3B yazıcı ile desteklenmiş 10 ders saatlik öğretim gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu öğretim sonunda öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine yönelik görüşme yapılmıştır. Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Beşinci Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler
Kazanımlara Katkı	%30	Açınım Yapabilme	Ö5.1,Ö5.2, Ö5.4,Ö5.5,Ö5.7
		Yüzey Alanı Hesaplayabilme	Ö5.2, Ö5.7
		Geometrik Cisimler	Ö5.6
Somut Deneyimler	%40	Görebilme -Dokunabilme	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.6
		Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.3,Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6,Ö5.7
		Yaparak Öğrenebilme	Ö5.4, Ö5.7
		Yapması Zor	Ö5.3
		Eğlenceli	Ö5.6
Duyuşsal Alan	%30	Güzel	Ö5.5,Ö5.7
		Heyecan Verici	Ö5.4

Beşinci sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla “somut deneyimler” temasına ait kodlar (%40) olduğu görülmüştür. Somut deneyimlerinde öğrenciler görerek, dokunarak ve yaparak somut deneyimler ile 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci gerçekleştirdiğinden bahsetmişlerdir. Öğrenmeyi kolaylaştırıcı kodu öğrencilerin somut deneyimlerinin öğrenmelerini kolaylaştırdığını ifade ettiği cevaplarından oluşturulmuştur.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda kazanımlara katkı temasına ait en çok açınımları yapabilme konusunda katkı sağladığı görülmüştür.

Ö5.1: Benim daha iyi düşünmemi sağladı mesela öğretmenim siz soruyorsunuz ya dikdörtgenler prizması denilince akla neler geliyor mesela onu görünce örneğin küp açınımlarını onu gördüğüm için onu birleştirdiğim için artık 3B cisimler kafamda tasarlanabiliyor.

Ö5.2:Öğretmenim mesela prizmaların nasıl açıldığını yüzey alanlarının nasıl hesaplandığını daha iyi anlamamı sağladı.

Ö5.4:Bunun faydası yok asla diyemem öğretmenim ve faydası çok fazla dokundu diyeceğim şeyler de Küpün açılımları, birden fazla küpün açılımlarını oluşturabilirim.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda somut deneyimler temasına ait en çok öğrenmeyi kolaylaştırdığından ve görüp-dokunabildiklerinden bahsetmişlerdir.

Ö.5.1:El ile dokunduğumuz için öğretmenim aklımızda canlandırabiliyoruz.

Ö5.3:Güzel daha iyi anlamamızı sağlıyor elleyerek bakarak.

Ö5.4: Yazıcı ile ders işleme yöntemi ile şunu düşünüyorum biz hep dikdörtgenel bölge ve böyle şeyler işliyoruz ve neredeyse öğretmenim hiçbir zaman bunları elimize alıp göremiyoruz... Resme dokunmak ile gerçeğine dokunmak arasında ince bir çizgi var öğretmenim o ince çizgiyi ben birazcık geçtim ve faydalı buldum çünkü biz bunları dokunarak ve tasarlayarak öğreniyoruz dokunarak yaptığımız şeyleri ne kadar düzgün veya ne kadar iyi yaptığımızı öğreniyoruz yani kısacası kendi dikdörtgenimizi dikdörtgenel prizmalarımızı kendimiz oluşturuyoruz.

Ö5.6: Öğretmenim öğrenmeme çok fazla yardımcı oldu hiç istekli değildim daha fazla isteğim arttı normal düz kâğıttan görmek yerine elleyerek hissederek anlayabiliyorum. Yazdırdığımız geometrik cisimler öğrenmeli kolaylaştırdı.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda duyuşsal alan temasına ait en çok derslerin güzel olduğu yönünde düşüncelerinin paylaşıldığı görülmüştür.

Ö5.7: Bence güzeldi hem kendimize bir şeyler yaparak öğrendik hem yazıcıdan güzel şeyler yazdırdı güzel oldu. Mesela yüzey alanını bulmak benim için artık kolaylaştı.

Altıncı sınıflardan dokuz öğrenci ile altıncı sınıf öğretim programında yer alan geometrik cisimler ve sıvı ölçme kazanımlarına yönelik 3B yazıcı ile desteklenmiş 15 ders saatlik öğretim gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu öğretim sonunda 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine yönelik görüşme yapılmıştır. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Altıncı Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler		
Kazanımlara Katkı	%54	Prototip Olmayan Örnekler	Ö6.3,Ö6.4,Ö6.5, Ö6.6,Ö6.8		
		Birim Küpler İle Hacim Hesaplama	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.3,Ö6.4, Ö6.5,Ö6.7,Ö6.8,Ö6.9		
		Aynı Hacme Sahip Farklı Dikdörtgenler Prizmaları Oluşturma	Ö6.2		
		Hacim ve Sıvı Ölçü Birimleri	Ö6.2,Ö6.4,Ö6.9		
		Prizmaların Hacimleri	Ö6.5		
		İçi Boş Prizmaların Hacmini Hesaplama	Ö6.5,Ö6.6		
		Sıvı Ölçme ile Hacim Bulma	Ö6.6		
		Somut Deneyimler	%23	Görebilme -Dokunabilme	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.9
				Yaparak Öğrenme	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.7
				Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı	Ö6.1, Ö6.6,Ö6.7
Duyuşsal Alan	%23	Faydalı	Ö6.6,Ö6.9		
		Eğlenceli	Ö6.1,Ö6.6,Ö6.8		
		Motive Edici	Ö6.2		

Altıncı sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla kazanımlara katkı temasına ait kodlar (%54) olduğu görülmüştür. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda öğrencilerin ders kitaplarından farklı örnekler öğrenebildiklerini ifade ettikleri düşünceler prototip olmayan örnekler olarak kodlanmıştır.

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkındaki düşüncelerine baktığımızda kazanımlara katkı temasına ait en çok birim küpler ile hacim hesaplama ve prototip olmayan örnekler konularında katkı sağladığı görülmüştür.

Ö6.3: Mesela hocam dokuzgen prizmayı onları görebildik, birim küpleri tek tek koyarak hacmi bulabilmek.

Ö6.4:Hocam mesela bazı prizmaları hiç görmemiştim hayatımda 11 gen prizma 9 gen prizma ama görmüş oldum birim küpleri sıralayarak cismin aynısını oluşturmak.

Ö6.8: Öğretmenim biz en fazla beşgen falan biliyorduk ama öğretmenim bu yazıcı sayesinde onbirgen prizmaya öğrendik dokuzgen prizmaya öğrendik.

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda somut deneyimler temasına ait en çok görüp dokunabildiklerinden bahsettikleri görülmüştür.

Ö6.1: o birim küplerle falan daha da iyi öğretiyordu derslere katkısı oldu tasarlarken yaparken onlara bakmak yapmak daha da öğretici

Ö6.2: çok güzel hocam kendi şekillerimiz oluşturuyoruz ve sizde bunlarla ders anlatıyorsunuz bence insanı motive ediyor hocam.

Ö6.5: Bizim bence o prizmaları elle tutup görebilmemiz lazım yazıcı olmasaydı daha zor öğrenebilirdik.

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda duyuşsal alan temasına ait en çok derslerin eğlenceli olduğu yönünde düşüncelerini paylaşmışlardır.

Ö6.6: Hocam biz matematik dersinde geometrik cisimleri işlediğimizde bilgisayardan bakmamız zor olurdu ama 3B yazıcı sayesinde ölçümlerimizde geliştii yazıcı ile ders yapmak eğlenceliydi faydalı olduğunu da düşünüyorum.

Sekiz 8. sınıf öğrencisi ile sekizinci sınıf öğretim programında yer alan geometrik cisimler kazanımlarına yönelik 3B yazıcı ile desteklenmiş 15 ders saatlik öğretim gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu öğretim sonunda öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine yönelik görüşme yapılmıştır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri

Temalar	Yüzde	Kodlar	Öğrenciler
Kazanımlara Katkı	%60	Prototip Olmayan Örnekler	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
		Uygun Olmayan Örnekler	Ö8.3,Ö8.4
		Açınımları Yapabilme	Ö8.1,Ö8.2, Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.8
		Cisimlerin Nasıl Oluştugu	Ö8.4
		Prizmalar Kazanımları	Ö8.4
		Silindir Kazanımları	Ö8.1,Ö8.4
		Koni Kazanımları	Ö8.2,Ö8.4
		Piramit Kazanımları	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.4,Ö8.8
		Aynı Hacme Sahip Farklı Cisimler	Ö8.8
Somut Deneyimler	%20	Görebilme -Dokunabilme	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6
		Yaparak Öğrenme	Ö8.2,Ö8.5,Ö8.7
		Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5
Duyuşsal Alan	%20	Eğlenceli	Ö8.6
		Dikkat Çekici	Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
		Heyecan Verici	Ö8.2

Sekizinci sınıf öğrencilerinden gelen cevaplar kodlandığında en fazla kazanımlara katkı temasına ait kodlar (%60) oluşturduğu görülmüştür. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda öğrencilerin ders kitaplarından farklı örnekler öğrenebildiklerini ifade ettikleri düşünceler prototip olmayan örnekler olarak kodlanmıştır. Öğrencilerin 3B yazıcı destekli

matematik öğrenme süreci sonunda cisimlere ait uygun olan örneklerin yanında uygun olmayan örneklerin de yazdırılabilmesi düşüncelerini paylaştıkları ifadeler uygun olmayan örnekler kodu altında paylaşılmıştır. Bu tema altındaki diğer kazanımlarda 3B yazıcı ile gerçekleştirilen etkinliklerin öğrencilere göre hangi kazanımlara fayda sağladığını göstermektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda kazanımlara katkı temasına ait en çok açınımları yapabilme ve prototip olmayan örnekler konusunda katkı sağladığı görülmüştür.

Ö8.1: Açınımlar en çok fayda sağladı çünkü hocam normalde işleyince nasıl katlandığını görmüyorduk. Eskiden piramidi Mısır Piramitleri gibi biliyordum ama hocam mesela altıgen piramit beşgen piramit yedigen piramit olan da varmış mesela hocam silindirde de öyle hocam hep aynı şekil gözümde canlanıyordu ama şimdi öyle değil daha geniş daha kısa o tür artık şekilleri de biliyorum.

Ö8.8: Eskiden ben küp denilince iki tane açınımı var sanıyordum yani. Ama mesela ben şöyle öğrendim 11 tane açınımı var. Gerçekten biz birleştirdiğimizde aynı küp oluyordu. Derlerde basit anlatıyorlardı. Bir şekilde herkesin aklında o oluyordu. Birisi bize sorduğunda hemen aklımıza o geliyordu. Ama mesela öyle değilmiş. Bizim aklımıza artık o değil hayal gücümüzü kullanıp daha fazla şey öğrenebildik. Açınımlar çok dikkatimi çekti ya da mesela koni ben onun çevresini yüksekliğini her şeyini değiştirebilirim. Mesela hacimleri boşlukta kapladıkları yer aynı ama mesela şekilleri farklı. Yani boyutları farklıydı. Bakıyorum bir silindir uzun biri geniş.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda somut deneyimler temasına ait en çok görüp dokunabildiklerinden ve öğrenmeyi kolaylaştırdığından bahsettikleri görülmüştür.

Ö8.2: Artı hocam kendimiz emek harcıyıp yaptığımız için gerçekten de görebiliyoruz evet bu böyle gerçekten oluyormuş falan diyoruz.

Ö8.3: Prizmalar anlatıldığında mesela gözümüzde canlandırıyoruz ama ne kadar canlandırabiliyoruz. Ama yazıcı bize o derste yaptıklarımızı önümüze koyup daha iyi anlamamızı sağladı.

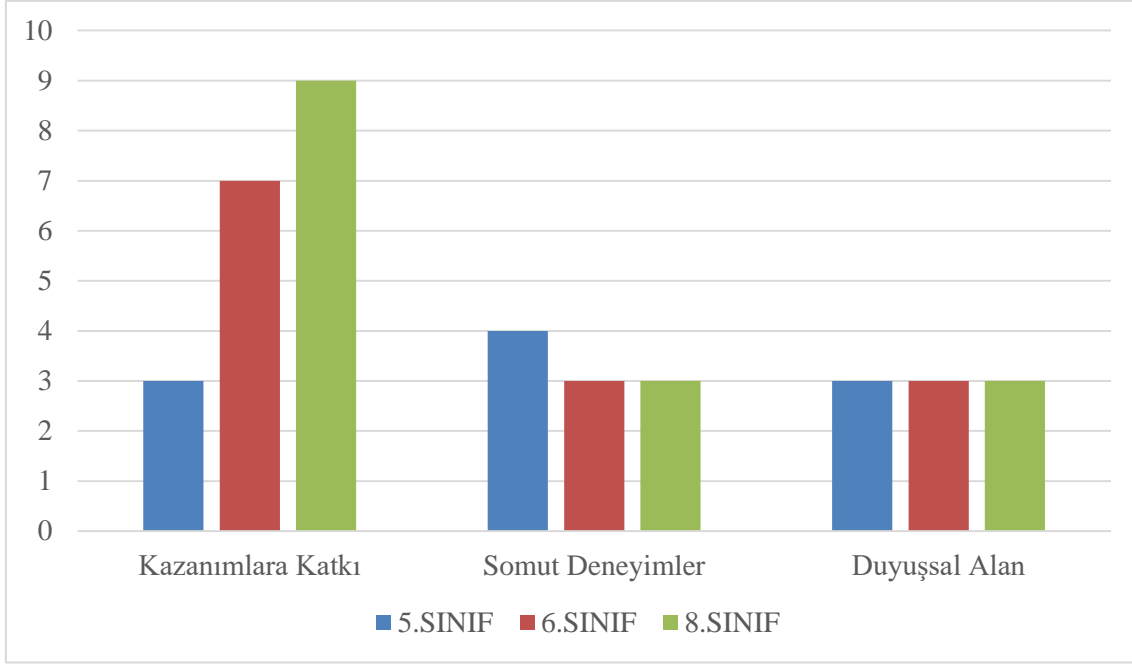
Ö8.5: Sorularda böyle geliyor ya bir silindir içini çıkarıyoruz onu da yaptık biz içinden çıkardık falan o da faydalı oldu.

Ö8.7: Ders deneyimi ilk defa denedim gayet hoşuma gitti. Cisimleri tasarlayıp yazdırmak bence çok güzel. İlgimi artırdı. Bir cisimi tasarlayıp yapmak kimin ilgisini şey yapmaz ki bence çok iyi bir şey. Kendiniz tasarlıyorsunuz kendiniz yazdırıyorsunuz.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerine baktığımızda duyuşsal alan temasına ait en çok dikkat çekici olduğundan bahsedilmiştir.

Ö8.6: Sonra köşe ayırıt olarak sizin çıkarttıklarını ellediğimiz de daha göze geldi nasıl desem daha dikkat çekiciydi.

Genel olarak ortaokul öğrencilerinin cevaplarından çıkan temalara ait kodların sınıflara göre dağılımları Şekil 2’de gösterilmiştir. Her sınıf seviyesinde oluşan temalar aynı olmakla birlikte bu temalara ait kodların çeşitliliğinin her sınıf seviyesinde her temada aynı olmadığı görülmüştür.



Şekil 2. İkinci Alt Problem İçin Sınıfların Temalara Göre Kodlarının Dağılımı

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin oluşan temalar içinde öğrencilerin en çok kazanımlara katkısı olduğundan bahsettikleri görülmüştür. Kazanımlara katkı temasında en fazla kod çeşitliliği sekizinci sınıflarda iken en az kod çeşitliliği ise beşinci sınıflarda oluşmuştur. Somut deneyimler temasında ise en fazla kod çeşitliliği beşinci sınıflarda görülmüştür.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri incelenmiştir. Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri sorulmuş ve gelen cevaplar üzerine temalar oluşturulmuştur. Ortaokul öğrencilerinin verdikleri cevaplara ait temalar incelendiğinde en çok teknik konulara ait düşüncelerinin olduğu görülmüştür. Bu bulguya bakarak öğrencilerin 3B yazıcıyı deneyimlerken öğrendikleri ve uyguladıkları teknik konuları önemsedikleri görülmüştür. 3B yazıcıya yükledikleri anlam olan algı temasında en çok beşinci sınıf öğrencilerinin kodlarının olduğu görülürken en az altıncı sınıf öğrencilerinin kodlarının olduğu görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcıya yönelik düşüncelerinin daha çok yazıcıya yükledikleri anlamlardan olduğu görülmüştür. 3B yazıcının nasıl kullanıldığı, nasıl yazdırdığı vb. gibi konulara ait düşüncelerin paylaşıldığı teknik konular temasına baktığımızda en fazla altıncı ve sekizinci sınıf öğrencilerinin en az ise beşinci sınıf öğrencilerinin düşüncelerinin olduğu görülmüştür.

3B yazıcılar, 3B nesnelere yazdıran bir cihaz olduğu için ortaokul öğrencilerinin bu ifadesi “işlev” teması altında kodlanmıştır. Çalışmaya katılan 24 öğrenciden 13’ü 3B yazıcının işlevinden bahsetmiştir. 3B yazıcı denilince öğrencilerin aklına 3B yazdıran bir makine olduğu gelmiştir. Berman (2012), Demir ve diğerleri (2016), Karaduman (2018), Olla (2015) ve Yıldırım ve diğerleri (2018) gibi alan yazında yapılmış çalışmalarda 3B yazıcılar tasarımları 3B modellere dönüştüren makineler olarak tanımlanmıştır.

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcıya yükledikleri anlam “algı” teması altında kodlanmıştır. Çalışma sonucunda ortaokul

öğrencilerinin 3B yazıcı için çeşitli algıları ortaya çıkmıştır. Algı temasına ait kodlara baktığımızda öğrencilerin 3B yazıcıya pozitif anlamlar yükledikleri görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin daha çok 3B yazıcı için kendin üretebilme yönünde bir anlam yükledikleri görülmüştür. Ders gözlemleri esnasında bu durum altıncı ve sekizinci sınıf öğrencileri içinde fark edilmiştir. Öğrenciler 3B yazıcı ile tanıştıklarında en sık söyledikleri cümle “istediklerimi yazdırabileceğim” olmuş ve neler yazdırmak istediklerini neredeyse her ders birkaç öğrenci bahsetmiştir. Öğrenciler 3B yazıcıların kendi üretimlerini yapabilmelerine imkân sağladığını belirtmiştir. Çallı ve Taşkın (2015), Eisenberg (2013) ve Karaduman’ın (2018) belirttiği gibi 3B yazıcılar çocuklara kendi nesnelere oluşturmalarına olanak sağlamaktadır. Bu sayede eğitim dâhil pek çok konuda tüketime doğru gidilmekte iken öğrenciler kendi ders materyallerini kendileri üretip üretim aşamasına geçebilmektedirler. Altıncı sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda 3B yazıcı için hayalleri gerçekleştiren bir cihaz olduğu anlamının yüklendiği görülmüştür. 3B yazıcı bazı alan yazınlarında hayal güçlerini sonuca dönüştüren bir araç olarak bahsedilmiştir (Özsoy ve Duman, 2017; Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014). Görüşmeler sırasında bazı öğrencilerin 3B yazıcıyı hayalleri gerçekleştiren bir araç olarak algıladıkları görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin algı temasına ait kodlarına baktığımızda prototipleme olarak kullanılabilmesi, hayalleri gerçekleştiren bir cihaz olduğu ve kendilerinin üretebildiği yönünde bir anlam yüklendiği görülmüştür. Bu çalışma ile Ö8.2 prototipleme olarak yazıcının kullanabileceğini keşfetmiştir. 3B yazıcılar için alan yazında "prototipleme" ifadesi kullanılmaktadır (Bradshaw, Bowyer ve Haufe, 2010). Öğrencinin bunu 3B yazıcı ile deneyim yaşayarak keşfetmesi çalışma için değerli bir sonuç olarak görülmektedir.

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcıya ait teknik konular hakkındaki kodları “teknik konular” teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin daha çok filamentinden ve yazıcının sınırlı bir boyutunun olmasından bahsettikleri görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda en çok 3B yazıcının katman katman yazdırmasından bahsettikleri görülmüştür. Teknik konular temasında diğer en çok bahsedilen kodlar 3B tasarım, yazdırılma süresi ve doluluk oranı olmuştur. Sekizinci sınıf öğrencilerinin teknik konular temasına ait kodlarına baktığımızda en çok yazdırılma süresi, düzgün yazdırmaması, 3B tasarım ve destek malzemesi hakkındaki düşüncelerinden bahsettikleri görülmüştür. Öğrencilerin 3B yazıcı ile tanışması ve onu kullanması öğrencilerin 3B yazıcıya ait teknik konuları öğrenmesini sağlamıştır. Öğrencilerin teknik konular temasında bahsettikleri kodların alan yazın ile örtüştüğü görülmüştür (Berman, 2012; Güler ve Çetinkaya, 2018; Mercuri ve Meredith, 2014). Ders gözlemlerinde teknik konulara ait öğrencilerin dikkatini doluluk oranının, yazdırılma süresinin ve destek malzemesinin çektiği gözlemlenmiştir. Öğrenciler 3B yazıcı ile ilk tanıştıklarında yazdıracakları cisimlerin Tinkercad ile 3B tasarım yaparken kullandıkları renkler gibi yazdırılacağını düşünmüştür. Çoğunlukla tek renk yazdırılması ya da en fazla iki renk olabilmesi durumu öğrenciler için bir problem haline gelmiş ve nasıl istedikleri renkte yazdırabileceklerini bir süre düşünmüşlerdir. İstedikleri renkte filament kullanarak yazdırabileceklerini öğrenmeleri bu problem için bir çözüm olarak bulunmuştur. Öğrenciler ders esnasında özellikle yazıcıyı izleyip her hareketini sık sık gözlemlemiştir. Tablanın ve printcore’un sıcak olması ve öğrencinin bu konuda uyarılması öğrencilerin dikkat etmelerini sağlamıştır. Öğrenciler cisimleri yazıcıdan çıkartırken sıcak olup olmadığını sormuşlardır. Ders gözlemlerinde öğrencilerin cisimleri yazıcının tablasından çıkarmalarının onlar için bazen zor olabileceği görülmüştür. Uygulamada sekizinci ve altıncı sınıflarda pandemi sebebi ile sadece bazı dersler yüz yüze yapılmış ama altıncı sınıflardan bütün uygulamalar yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada 3B yazıcı ile en fazla deneyim yaşayan çalışma grubu altıncı sınıflar olmuştur. Teknik konular temasına baktığımızda 3B yazıcının katman katman yazdırmasını ifade eden tek grup tüm dersleri yüz yüze alan altıncı sınıflar olmuştur.

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 3B yazıcının somutlaştırma özelliğinden bahsettiği kodlar “somutluk” teması altında toplanmıştır. Somutluk teması ile algı teması arasında bir ilişki mevcuttur. Öğrencilerin somutluk temasına ait düşünceleri aynı zamanda onların algılarını içermektedir. Öğrencilerin duyu organları aracılığı ile anlam yüklediği kodları somutluk temasını oluşturmuştur. Beşinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda öğrencilerin en çok bir ürüne dokunabilme düşüncelerine sahip oldukları görülmüştür. Öğrenciler 3B yazıcı ile yazdırılan ürünleri ellerine alıp dokunabildiklerini söylemişlerdir. Altıncı sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda en çok görüp dokunabilme koduna yönelik cevaplar verdikleri görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasına ait kodlarına baktığımızda en çok tasarımlarını somutlaştırabildiklerine yönelik cevaplar verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin aklına 3B yazıcı denilince bir ürüne dokunabilme düşüncesi gelmiştir. Horowitz ve Schult (2014), Karaduman (2018) ve Papp ve diğerleri (2016) 3B yazıcıların görme ve dokunma duyusuna hitap ettiğini belirtmiştir.

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri sorulup gelen cevaplar üzerine temalar ve kodlar oluşturulmuştur. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin oluşan temalar içinde öğrencilerin en çok kazanımlara katkısı olduğundan bahsettikleri görülmüştür. Kazanımlara katkı temasında en fazla kod çeşitliliği sekizinci sınıflarda iken en az kod çeşitliliği ise beşinci sınıflarda oluşmuştur. Somut deneyimler temasında ise en fazla kod çeşitliliği beşinci sınıflarda görülmüştür. Bu durumun oluşmasının sebebi ise sekizinci sınıflara yönelik işlenen kazanım sayısının en fazla olması olmuştur.

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin hangi kazanımlara fayda sağladığından bahsettikleri kodlar “kazanımlara katkı” teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri kazanımlara katkı temasına ait en çok açınımları yapabilmekten bahsetmişlerdir. Altıncı sınıf öğrencileri kazanımlara katkı temasına ait en çok birim küpler ile hacim hesaplamaktan ve prototip olmayan örneklerden bahsetmişlerdir. Sekizinci sınıf öğrencileri kazanımlara katkı temasına ait en çok açınımları yapabilmekten ve prototip olmayan örneklerden bahsetmişlerdir. Çalışmamız sonucunda öğrencilerin işledikleri kazanımlara pek çok yönden 3B yazıcının katkıları olduğu öğrenci cevaplarından görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalar 3B yazıcıların öğretimi destekleyebileceğini göstermektedir (Chery ve diğerleri 2015; Cochran ve diğerleri, 2016; Corum ve Garofalo, 2015; Çekirge, 2019; Güleriyüz, 2020; Huleihil, 2017; Karaduman, 2017; Spyros ve diğerleri, 2021; Verner ve Merksamer, 2015). Bu çalışmamın bulguları 3B yazıcıların matematik öğretimini destekleyebileceği yönündedir.

Cochran ve diğerleri (2016) çalışmalarında dik silindiri tasarlayan öğrencilerin, 3B yazıcıda basılan dik dairesel cismini basım esnasında hemen tanıdıklarını belirtmiştir. Ders gözlemlerinde öğrenciler tasarımlarının basım aşamalarını incelerken yazıcının kafasının hareketlerini dikkatli bir şekilde incelemişlerdir. Bu inceleme esnasında hangi cismin yazdırıldığını öğrenciler zorluk yaşamadan bilmişlerdir. Ayrıca yazım esnasında öğrencilerin üçüncü boyuta farkındalıkları artmıştır. Ders kitaplarında kazanamayacakları derinlik ve boyut algısını 3B yazıcıyı basım esnasında izleyerek edinebilecekleri düşünülmektedir.

Cochran ve diğerleri (2016) 3B yazıcının, hacim "oluşturduğunu" görmek, öğrencilerin sınıfta öğrendikleri teorik hacim kavramlarıyla matematiksel bağlantıları kurmalarına yardımcı olması açısından son derece değerli olduğunu ve geometrik kavramları kavrama yeteneklerini büyük ölçüde kolaylaştırdığını belirtmiştir. Çalışmamızda hacim kavramını işleyen altıncı ve sekizinci sınıf öğrencilerinin hacim konusunda 3B yazıcının kendilerine katkı sağladığı görüşleri Cochran ve diğerleri'nin (2016) bulguları ile örtüşmektedir.

Geometrik cisimler konusunun öğretiminde 3B yazıcı kullanımı konusunda alan yazın eksikliği sebebi ile diğer teknolojiler ile yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Geometrik cisimler konusunun öğretiminde teknoloji kullanımı konusunda alan yazın incelendiğinde teknoloji

kullanımının öğrencilerin kazanımları öğrenmelerine olumlu yönde katkı sağlayabileceği sonucu çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Gürbüz ve Gülburnu (2013), sekizinci sınıf geometri öğretiminde kullanılan Cabri 3D'nin geometrik cisimler ve hacim konularında öğrencilerin kavramsal anlamalarına katkı sağladığını belirtmiştir. Çalışmamız bulgularında kazanımlara katkı kodlarına baktığımızda öğrencilerin geometrik cisimler kazanımlarına (prizma, silindir, koni ve piramit kazanımları) katkısı ve hacim konusuna katkısı olduğundan bahsettikleri görülmektedir. Sung, Shih ve Chang (2015), katı cisimlerin yüzey alanları öğretiminde kullandığı teknolojinin öğrencilerin başarısını olumlu etkilediğini belirtmiştir. Tutak, Aydoğdu ve Akgül (2015), geometrik cisimlerin alan ve hacim öğretiminde teknoloji kullanımının öğrencilerin başarısını arttırmada etkili olduğunu söylemiştir. Gurkaynak ve Gulcu (2012), Mathematica 7.0 yazılımının sekizinci sınıf öğrencilerinin prizma, silindir, koni ve piramitin yüzeylerini öğrenmelerini, temel elemanlarını öğrenmelerini, yüzey alanını hesaplama ve hacimlerini hesaplamayı öğrenmelerini kolaylaştırdığını tespit etmiştir. Kazanımlara katkı kodlarına baktığımızda yüzey alanını hesaplayabilme ve hacim koduna ait öğrenci cevapları çalışmamız bulgularında görülmektedir. Taş (2016), geometrik cisimler konusunun öğretiminde Geogebra yazılımı kullanmanın başarıya olumlu katkı yapacağını belirtmiştir. Özen (2009), geometrik cisimler öğretiminde dinamik geometri yazılımları kullanmanın anlamlı bir fark yarattığını belirtmiştir. Geometrik cisimler konusunda teknoloji kullanmanın olumlu yönde etkilerinin olabileceği sonucu alan yazın ile örtüşmektedir (Topuz ve Günhan, 2021; Uğur, Urhan ve Kocadere, 2021). Geometrik cisimler konusunda farklı teknolojileri kullanarak yapılmış çalışmaların sonuçlarından farklı olarak 3B yazıcı destekli matematik eğitiminde “açınımları yapabilme”, “prototip olmayan örnekler” ve “uygun olmayan örnekler” kodlarının oluştuğu görülmüştür.

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin somut deneyimlerinden bahsettiği düşünceler “somut deneyimler” teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri somut deneyimler temasına ait en çok öğrenmeyi kolaylaştırdığından ve görüp-dokunabildiklerinden bahsetmişlerdir. Altıncı sınıf öğrencileri somut deneyimler temasına ait en çok görüp dokunabildiklerinden bahsetmişlerdir. Sekizinci sınıf öğrencileri somut deneyimler temasına ait en çok görüp dokunabildiklerinden ve öğrenmeyi kolaylaştırdığından bahsetmişlerdir. Çalışmamızda bütün sınıf seviyelerinden öğrenciler 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine hakkında görüp dokunabildiklerinden ve yaparak öğrenebildiklerinden bahsetmiştir. Altıkardeş ve Koyunkaya (2020), matematik temelli çeşitli teknoloji uygulamalarının lise öğrencilerinin katı cisim ve boyut konularındaki algılarına etkisini incelediği çalışmasında öğrencilerin öğretim sonunda kolay öğrenme, görselleştirme, kalıcılık ve somutlaştırma düşünceleri çalışmamız kodları ile örtüşmektedir. Somut deneyimler temasına ait kodlarımız alan yazında yapılmış çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir (Çekirge, 2019; Güleriyüz, Dilber ve Erdoğan, 2019; Güleriyüz, 2020; Horowitz ve Schultz, 2014; Karaduman, 2018; Spyros ve diğerleri, 2021; Verner ve Merksamer, 2015).

Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin duygularından bahsettikleri düşünceler “duyuşsal alan” teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri duyuşsal alan temasına ait en çok derslerin güzel olduğu yönünde düşüncelerini paylaşmışlardır. Altıncı sınıf öğrencileri duyuşsal alan temasına ait en çok derslerin eğlenceli olduğu yönünde düşüncelerini paylaşmışlardır. Sekizinci sınıf öğrencileri duyuşsal alan temasına ait en çok dikkat çekici olduğundan bahsedilmiştir. Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin duyuşsal alanlarına baktığımızda bütün öğrencilerin olumlu yönde deneyimleri olduğu görülmüştür. Ö5.3 yapmasının zor olduğundan (3B tasarım) ama öğrenmeyi kolaylaştırdığından bahsetmiştir. Altıkardeş ve Koyunkaya (2020), matematik temelli çeşitli teknoloji uygulamalarının lise öğrencilerinin katı cisim ve boyut konularındaki algılarına etkisini incelediği çalışmasında öğrencilerin öğretim sonunda zevkli, derse olan ilginin artması faydalı düşünceleri çalışmamız kodları ile örtüşmektedir. Duyuşsal alan temasına ait kodlarımız alan yazında yapılmış çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir (Buehler ve diğerleri, 2016; Chien, 2017; Cochran ve diğerleri, 2016; Çekirge, 2019; Ford ve

Minshall, 2019; Gülerüz ve diğerleri, 2019; Gülerüz, 2020; Kostakis ve diğerleri, 2015; Kwon, 2017; Maloy ve diğerleri, 2017; Novak ve Wisdom, 2020; Tu ve Chiang, 2016; Verner ve Merksamer, 2015).

Öneriler;

- Beşinci sınıf öğrencilerinin diğer sınıflardan daha fazla 3B yazıcıya yönelik algılarından bahsetmesi ve diğer sınıflardan daha az teknik konulardan bahsetmesinin sebeplerini araştıran çalışmalar yapılabilir.
- Ortaokul öğrencileri 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkında düşüncelerinde en çok kazanımlara katkısı olduğundan bahsetmiştir öğrencilerin somut deneyimleri ve duyuşsal alanları farklı veri toplama araçları kullanılarak daha detaylı araştırılabilir.
- 3B yazıcının matematik öğretiminde kullanımına yönelik deneysel bir çalışma yürütülebilir.
- 3B yazıcı ile matematik öğretiminin öğrencilerin hangi becerilerine nasıl katkı sağlayabileceği araştırılabilir.
- Çalışma sonucunda 3B yazıcının matematik öğrenme sürecini desteklediği görülmüş buna dayanarak başka hangi kazanımlara entegre edilebileceği araştırılabilir.
- Öğrencilerin, yeni karşılaştıkları bir teknoloji olan 3B yazıcıyı tanıma ve kullanma konusunda bir problem yaşamadıkları görüldüğünden 3B yazıcının ortaokul öğrencileri ile kullanılmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Altıkardeş, E. ve Koyunkaya, M. Y. (2020). Matematik temelli çeşitli teknoloji uygulamalarının lise öğrencilerinin katı cisim ve boyut konularındaki algılarına etkisinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 40-68. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuefd/issue/53755/586755>
- Asempapa, R. S., & Love, T. S. (2021). Teaching math modeling through 3d-printing: Examining the influence of an integrative professional development. *School Science and Mathematics*, 121(2), 85-95. Retrived from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ssm.12448>
- Avinal, M. (2019). *Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretimine etkisinin incelenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*, 55(2), 155-162. Retrived from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681311001790>
- Bicer, A., Nite, S. B., Capraro, R. M., Barroso, L. R., Capraro, M. M., & Lee, Y. (2017). Moving from stem to steam: The effects of informal stem learning on students' creativity and problem solving skills with 3D printing. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp.1-6). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8190545>
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making'in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 4(1), 1-21. Retrived from <https://ccst.us/wp-content/uploads/pblikstein-democratizinginvention.pdf>
- Bradshaw, S., Bowyer, A., & Haufe, P. (2010). The intellectual property implications of low-cost 3Dprinting. *ScriptEd*, 7, 5.

- Brown, A. (2015). 3d Printing in instructional settings: Identifying a curricular hierarchy of activities. *TechTrends*, 59(5), 16-24. Retrived from <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0887-1>
- Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S., & Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3d printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing(TACCESS)*, 8(3),1-28.Retrieved from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2870640>
- Buehler, E., Easley, W., McDonald, S., Comrie, N., & Hurst, A. (2015). Inclusion and education: 3d printing for integrated classrooms. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility* (pp. 281-290). Retrived from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2700648.2809844>
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: PegemA.
- Cano, L. M. (2015). *3d printing: A powerful new curriculum tool for your school library*. ABC-CLIO.
- Casas, L., & Estop, E. (2015). Virtual and printed 3d models for teaching crystal symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1338-1343. Retrived from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00147>
- Chamberlain, S., & Meyers, M. (2016). Incorporation of 3d printing in stem curricula. *Worcester Polytechnic Institute*.
- Chery, D., Mburu, S., Ward, J., & Fontecchio, A. (2015). Integration of the arts and technology in GK-12 science courses. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7344165>
- Chien, Y. H. (2017). Developing a pre-engineering curriculum for 3d printing skills for high school technology education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 2941-2958. Retrived from <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00729a>
- Cochran, J. A., Cochran, Z., Laney, K., & Dean, M. (2016). Expanding geometry understanding with 3d printing. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 21(9), 534-542. Retrived from <https://pubs.nctm.org/view/journals/mtms/21/9/article-p534.xml>
- Corum, K., & Garofalo, J. (2015). Using digital fabrication to support student learning. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2(2), 50-55. Retrived from <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/3dp.2015.0008>
- Çalışkan, M. G. (2015). Üç boyutlu yazıcılar ve gelecekte yaratacağı olası fikri haklar çatışmaları. *Ankara Barosu Fikri Mülkiyet ve Rekabet Hukuku Dergisi (FMR)*, 17(2), 61-90. Erişim adresi: <http://www.ankarabarusu.org.tr/siteler/ankarabarusu/frmmakale/2015-2/03.pdf>
- Çallı, L. ve Taşkın, K. (2015). 3D yazıcı endüstrisinin oluşturacağı yeni pazarlar ve pazarlama uygulamaları. *ICEB 2015*.
- Çekirge, E. (2019). *3B yazıcı kullanımının akademik başarı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme eğilimlerine etkisi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Türkiye.
- Demir, E. B. K., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 2(17), 481-503. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/egeefd/issue/26689/280754>

- Dilling, F., & Witzke, I. (2020). The use of 3D-printing technology in calculus education: Concept formation processes of the concept of derivative with printed graphs of functions. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(3), 320-339. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s40751-020-00062-8>
- Dumond, D., Glassner, S., Holmes, A., Petty, D. C., Awiszus, T., Bicks, W., & Monagle, R. (2014). Pay it forward: Getting 3d printers into schools. In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/ISECon.2014.6891015
- Eisenberg, M. (2013). 3d printing for children: What to build next?. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 7-13. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2012.08.004>
- Flynn, E. P., & Bach, C. (2019). Integrating advanced cad modeling simulation, 3d printing, and manufacturing into higher education stem courses. In *2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)* (pp. 1-5). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8813627>
- Ford, S., & Minshall, T. (2016). Where and how 3d printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
- Gurkaynak, G., & Gulcu, A. (2012). The effect of mathematica on primary students' perceptions of properties of three-dimensional geometric objects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 507-514. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.689>
- Güler, B., & Çetinkaya, K. (2018). Endüstriyel boyutlu çift başlı kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı tasarımı ve prototip üretimi. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 11-22. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/issue/36075/385037>
- Güleriüz, H. (2020). *3d yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının öğretmen adaylarının 21. yüzyıl öğrenen becerileri, stem farkındalık ve stem öğretmen özyeterliğine etkisi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Güleriüz, 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. Erişim adresi: <https://doi.org/10.31463/aicusbed.592061>
- Gürbüz, R. ve Gülburnu, M. (2013). 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan cabri 3D'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 4(3). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkbilmat/issue/21571/231484>
- Honner, P. (2017). 3d printing in the secondary mathematics classroom. In *Proceedings of Bridges 2017: Mathematics, Art, Music, Architecture, Education, Culture* (pp. 351-354).
- Horowitz, S. S., & Schultz, P. H. (2014). Printing space: Using 3d printing of digital terrain models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, 62(1), 138-145. Retrived from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.5408/13-031.1?scroll=top&needAccess=true>
- Huleihil, M. (2017). 3d printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 164, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

- Jafri, R., & Ali, S. A. (2015). Utilizing 3d printing to assist the blind. In *2015 International Conference on Health Informatics and Medical Systems (HIMS'15)(Las Vegas, Nevada, 2015)* (pp. 55-61).
- Kane, S. K., & Bigham, J. P. (2014). Tracking@ stemxcomet: Teaching programming to blind students via 3d printing, crisis management, and twitter. In *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 247-252). Retrived from <https://doi.org/10.1145/2538862.2538975>
- Karaduman, H. (2017). Sosyal bilgiler eğitiminde 3 boyutlu yazıcıların kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 7(3), 590-625. Erişim adresi: <http://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/24257>
- Karaduman, H. (2018). Soyuttan somuta, sanaldan gerçeğe: Öğretmen adaylarının bakış açısıyla üç boyutlu yazıcılar. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 273-303. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/372300>
- Karagöz, B. ve Çakır, Ç. Ş. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının 3 boyutlu yazıcılar hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 303-317. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kebd/issue/67544/1051092>
- Kaya, E., Newley, A., Yesilyurt, E., & Deniz, H. (2019). Improving preservice elementary teachers' engineering teaching efficacy beliefs with 3D design and printing. *Journal of College Science Teaching*, 48(5), 76-83. Retrived from <https://www.jstor.org/stable/26901320?seq=1>
- Kietzmann, J., Pitt, L., & Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209-215. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.11.005>
- Knill, O., & Slavkovsky, E. (2013). Illustrating mathematics using 3d printers. *arXiv preprint arXiv:1306.5599*. Retrived from <https://arxiv.org/abs/1306.5599>
- Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3d printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and informatics*, 32(1), 118-128. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.05.001>
- Kökhan, S. ve Özcan, U. (2018). 3d yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 80-85. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/bestdergi/issue/37869/437548>
- Kwon, H. (2017). Effects of 3d printing and design software on students' interests, motivation, mathematical and technical skills. *Journal of STEM Education*, 18(4). Retrived from <https://www.learntechlib.org/p/181996/>
- Leinonen, T., Virnes, M., Hietala, I., & Brinck, J. (2020). 3d printing in the wild: adopting digital fabrication in elementary school education. *International Journal of Art & Design Education*, 39(3), 600-615. Retrived from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jade.12310>
- Levin, L., & Verner, I. M. (2020). Fostering students' analytical thinking and applied mathematical skills through 3D design and printing. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 145-149). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125358>
- Makino, M., Suzuki, K., Takamatsu, K., Shiratori, A., Saito, A., Sakai, K., & Furukawa, H. (2018). 3d printing of police whistles for STEM education. *Microsystem Technologies*, 24(1), 745-748. Retrived from <https://doi.org/10.1007/s00542-017-3393-x>

- Maloy, R., Kommers, S., Malinowski, A., & LaRoche, I. (2017). 3d modeling and printing in history/social studies classrooms: Initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(2), 229-249. Retrived from <https://www.learntechlib.org/p/173505/>
- Mercuri, R., & Meredith, K. (2014). An educational venture into 3d Printing. In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 1-6). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/6891037/>
- Micallef, J. (2015). *Beginning design for 3D printing*. Apress.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Nemorin, S., & Selwyn, N. (2017). Making the best of it? Exploring the realities of 3d printing in school. *Research Papers in Education*, 32(5), 578-595. Retrived from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02671522.2016.1225802>
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3d printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-018-9733-5>
- Olla, P. (2015). Opening pandora's 3d printed box. *IEEE Technology and Society Magazine*, 34(3), 74-80. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7270437>
- Özen, D. (2009). *İlköğretim 7. sınıf geometri öğretiminde dinamik geometri yazılımlarının öğrencilerin erişim düzeylerine etkisi ve öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). DEÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Özsoy, K. (2019). Üç boyutlu (3b) yazıcı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği: Senirkent MYO örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 111-123. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/dubited/issue/44006/436015?publisher=duzce>;
- Özsoy, K. ve Duman, B. (2017). Eklemeli imalat (3 boyutlu baskı) teknolojilerinin eğitimde kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/issue/33982/376178>
- Papp, I., Tornai, R., & Zichar, M. (2016). What 3d technologies can bring to education: the impacts of acquiring a 3D printer. In *2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* (pp. 000257-000262). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7804558>
- Rainone, M., Fonda, C., & Canessa, E. (2014). Imaginary math exhibition using low-cost 3d printers. *arXiv preprint arXiv:1409.5595*. Retrived from <https://arxiv.org/abs/1409.5595>
- Ramey, K. E., & Stevens, R. (2019). Interest development and learning in choice-based, in-school, making activities: The case of a 3d printer. *Learning, Culture and Social Interaction*, 23, 100262. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2018.11.009>
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., & Pearce, J. M. (2015). Open-source 3-d printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. *Journal of Visual Languages & Computing*, 28, 226-237. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>

- Schubert, C., Van Langeveld, M. C., & Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3d printing: a 3d overview from optics to organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159-161. Retrived from <https://bjo.bmj.com/content/98/2/159>
- Seren, S. (2019). *Üstün yetenekli öğrencilerle stem etkinliklerinin tasarlanması ve stem etkinliklerinde 3 boyutlu teknolojilerin kullanılması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli.
- Snyder, T. J., Andrews, M., Weislogel, M., Moeck, P., Stone-Sundberg, J., Birkes, D., ..., et. al. (2014). 3d systems' technology overview and new applications in manufacturing, engineering, science, and education. *3D printing and additive manufacturing*, 1(3), 169-176. Retrived from <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/3dp.2014.1502>
- Spyros, P., Georgios, S., Konstantinos, K. T., & Konstantinos, G. (2021). The effect of 3d printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Journal of Educational Innovation*, 3(1), 38-50.
- Stansell, A., & Tyler-Wood, T. (2016). Digital fabrication for stem projects: A middle school example. In *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 483-485). IEEE. Doi: 10.1109/ICALT.2016.44
- Sun, Y., ve Li, Q. (2017). The application of 3d printing in mathematics education. In *2017 12th international conference on computer science and education (iccse)* (pp. 47-50). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8085461>
- Sun, Y., & Li, Q. (2018). Visualization of mathematical education by 3d printer. In *2018 1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)* (pp. 266-269). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8569157>
- Sung, Y. T., Shih, P. C., & Chang, K. E. (2015). The effects of 3d-representation instruction on composite-solid surface-area learning for elementary school students. *Instructional Science*, 43(1), 115-145. Doi: 10.1007/s11251-014-9331. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11251-014-9331-8>
- Szulzyk-Cieplak, J., Duda, A., & Sidor, B. (2014). 3d printers–new possibilities in education. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(24), 96-101. Retrived from <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-aca04bc4-addc-4604-ba08-a021d1ac4dd1/content/partContents/f31df618-7a84-3136-9b8d-0d07436b45ef>
- Şahin, K. ve Turan, B. O. (2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/520890>
- Taş, S. (2016). *Geometrik cisimler konusunun öğretiminde geogebra kullanımının akademik başarıya etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Topuz, F. ve Günhan, B. C. (2021). Sekizinci sınıf öğrencilerinin ortaklaşa argümantasyon süreçlerinin geogebra destekli etkinlik ile incelenmesi: Geometrik cisimler örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (59), 368-389. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/mauefd/issue/64363/858749>
- Tu, J. C., & Chiang, Y. H. (2016). The influence of design strategy of peer learning on 3-d software learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), 1263-1271. Retrived from <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1511a>
- Tutak, T., Aydoğdu, M. ve Akgül, A. (2015). Ortaokul 8. sınıflarda geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin öğretiminde cabri 3d yazılımı kullanımının öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 2(1).

- Uğur, B., Urhan, S., & Kocadere, S. A. (2016). Teaching geometric objects with dynamic geometry software. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 339-366.
- Verner, I., & Merksamer, A. (2015). Digital design and 3d printing in technology teacher education. *Procedia Cirp*, 36, 182-186. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.041>
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). Nitel araştırma yöntemleri (7. Baskı). *Ankara: Seçkin Yayıncılık*.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S. ve Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış-3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/befdergi/issue/38072/413885>
- Yılmaz, M. ve Algil, M. (2018). Matematik öğretim materyallerinin 3d yazıcılarla üretimi ve eğitime sağladığı katkılar. *Journal Of Awareness*, 3(4), 41-52. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/joa/article/531915>

EXTENDED ABSTRACT

The aim of the study is to examine the thoughts of secondary school students who use three-dimensional (3D) printer in mathematics lessons about 3D printer and 3D printer supported mathematics learning process. In this direction, in accordance with the purpose and problems of the research, case study, one of the qualitative research designs, was used for this research.

The research was carried out with 5th, 6th and 8th grade students. 7th graders were not included in this study because there is only the learning outcome of the views of objects from different sides for 7th grade students. The application was carried out with a total of 24 students, including seven students from the 5th grade, nine students from the sixth grade and eight students from the eighth grade. The students to be interviewed were selected by easily accessible and purposeful sampling method. Code names will be used instead of real names. Code names are formed as Ö (class).(number). For example, for Ö5.4, the 5th grade student was written as the 4th number.

Due to the pandemic in 2020-2021, the implementation of the fifth and eighth graders was mostly carried out over Zoom, and the implementation of the sixth graders was carried out face-to-face in 2021-2022. Before starting the math lesson plans, a total of six lesson hours of 3D design (Tinkercad), slicing program (Cura) and 3D printer (Ultimaker-3) trainings were carried out. After these trainings, the lessons were carried out with 3D printer activities belonging to the determined mathematics learning outcomes. Approximately 10 lesson hours with the fifth grade students, about 15 lesson hours with the sixth grade students and about 15 lesson hours with the eighth grade students were carried out.

In collecting the data, the 3D printer interview form prepared by the researcher by taking expert opinions and the unstructured lesson observation notes kept by the researcher were used. Individual interviews were conducted with the students, whose parents' permissions were obtained, by video camera recording via Zoom.

Content analysis was used in the analysis of the data. The data obtained from the students were interpreted by content analysis. Our themes and codes for content analysis were created by evaluating student answers after the interviews we had with the students.

At the end of the 3D printer supported mathematics learning process, secondary school students were asked their thoughts about the 3D printer, and themes and codes were created based on the answers they received. Since 3D printers are a device that prints 3D objects, this

statement of secondary school students was coded under the theme of "function". Thirteen of the 24 students who participated in the study mentioned the function of the 3D printer. The meaning that secondary school students attributed to the 3D printer was coded under the theme of "perception". When we look at the codes of the perception theme, it is seen that the students attribute positive meanings to the 3D printer. When we look at the codes of the fifth grade students on the theme of perceptions, it is seen that the students mostly attribute a meaning to making their own production. When we look at the codes of the sixth grade students on the theme of perception, it is seen that the 3D printer is a device that makes dreams come true. When we look at the codes of the eighth grade students on the theme of perception, it is seen that it can be used as prototyping, it is a device that makes dreams come true, and it has a meaning that they can produce themselves. Secondary school students' thoughts on technical issues related to 3D printers were gathered under the theme of "technical issues". When we look at the codes of the fifth grade students regarding the technical issues theme, it is seen that the students mostly talk about the filament and the limited size of the printer. When we look at the codes of the sixth grade students on the theme of technical issues, it is seen that they mostly talk about the layer-by-layer printing of 3D printers. When we look at the codes of the eighth grade students on the theme of technical subjects, they mostly talked about the printing time, not printing properly, 3D design and support material. The subjects in which secondary school students talked about the concretization feature of the 3D printer were gathered under the theme of "concreteness". When we look at the codes of the fifth grade students regarding the theme of concreteness, it is seen that the students mostly have the thoughts of seeing and touching a product .

Secondary school students were asked their thoughts on the 3D printer supported mathematics learning process, and themes and codes were created based on the answers they received. The thoughts that secondary school students talked about which gains benefited from subject teaching with 3D printers were gathered under the theme of "contribution to learning outcomes ". When we look at the codes of the 5th grade students regarding the theme of contribution to the learning outcomes, it is seen that they talk about being able to make expansions, sixth grade students mostly talked about calculating volume with unit cubes and non-prototype examples related to the theme of contribution to learning outcomes. Eighth grade students mostly talked about being able to make expansions and non-prototype examples related to the theme of contribution to learning outcomes. The thoughts about the concrete experiences of the secondary school students about 3D printer supported mathematics learning process were gathered under the theme of "concrete experiences". Fifth grade students mostly mentioned that it facilitates learning and that they can see and touch. Sixth grade students mostly talked about what they could see and touch. Eighth grade students mentioned mostly what they can see and touch and facilitate learning. The thoughts on which secondary school students expressed their feelings about 3D printer supported mathematics learning process were gathered under the theme of "affective domain". In the affective domain theme, fifth grade students mostly thought that the lessons were good. In the affective domain theme, sixth grade students mostly thought that the lessons were fun. In the affective domain theme, eighth grade students think that the lessons are most remarkable.