



3D Yazıcı Kalem Teknolojisinin Matematik Dersinde Uygulanmasından Yansımalar*

Sibel ÇOPUR** ve Ali TÜRKDOĞAN***

Öz: Öğrencilerin, uzamsal akıl yürütmekte ve matematikteki katı cisimler konusundaki kavramları keşfetmekte sorunlar yaşadıkları birçok çalışmayla ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi Milli Eğitim Bakanlığı daha kavramsal etkili ve kalıcı öğrenmeyi sağlamak için, öğrenci merkezli yaklaşımı benimsemiştir. Yeni yaklaşımda matematik eğitimde materyallerin kullanımına daha büyük önem atfedilmiştir. Bu çalışma, 3D yazıcı kalemle uyumlu tasarlanan çalışma yaprağının katı cisimler konusunun öğrenimine etkisini araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, materyalin etkililiğini ortaya koymak için, özel durum çalışması kullanılmıştır. Veriler; gözlem, klinik mülakat, video kaydı, çalışma yaprakları, öğrencilerin ürettikleri materyallerden elde edilmiştir. Veriler içerik ve betimsel analizine tabi tutulmuştur. Araştırmada 10.sınıfta öğrenim görmekte olan 12 öğrenci yer almıştır. Sınıf içi uygulamada öğrencilere, katı cisimler konusu için, 3D yazıcı kalem ve 3D yazıcı kalemle uyumlu hazırlanmış çalışma yaprağı uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda, 3D yazıcı kalemle uyumlu çalışma yapraklarının eğitim-öğretimde kullanımının olumlu yönde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma yapraklarının ve 3D yazıcı kalemle oluşturulan materyallerin, öğrencilerin konuyu keşfetmesini ve kavramasını sağladığı görülmüştür. 3D yazıcı kalemin, geometri konuları başta olmak üzere, matematik konularının öğretiminde kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3D Yazıcı Kalem, Çalışma Yaprağı, Somut Materyal Kullanımı, Uzamsal Akıl Yürütme, Katı Cisimler, 5E, Öğrenci Merkezli Eğitim.

Reflections from the Application of 3D Printing Pen Technology in Mathematics

Lesson

Abstract: There are a lot of studies that have revealed students' problems in spatial reasoning and discovering properties of solid concepts. As it is known, the Turkey republic ministry of education has adopted a student-centered approach to provide more conceptual, effective and

*Bu çalışma "3D Yazıcı Kalem Teknolojisinin Geometri Derslerinde Kullanımının Etkililiğinin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinin parçasıdır.

**Matematikçi ve Matematik Eğitimi Uzmanı, E-mail: sibelpcopur1801@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-0783-8768.

***Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, E-mail: aliturkdogan@hotmail.com, Orcid No: 0000-0003-0216-5426.



permanent learning. Therefore more emphasis is placed on the use of materials in teaching mathematics. This study was carried out to investigate the effect of the worksheet designed in harmony with the 3D printer pen on the learning of the subject of solid objects. The case study method was used to reveal the effectiveness of the materials. Data gathered with the techniques; observation, clinical interview, video recording, worksheet, materials produced by students with 3d printing pen. Content analysis and descriptive analysis were used. There were 12, 10th grade, students in the study. In the application, a worksheet compatible with a 3D printing pen about solid objects was used. As a result, it has been found that the use of worksheets compatible with 3D printing pen in education was positively effective. It is seen that the worksheets and the materials created with the 3D printing pen enable the students to discover and understand the subject. It is recommended to use the 3D printing pen in mathematics teaching, especially in geometry.

Keywords: 3D Printing Pen, Worksheet, Using Concrete Material, Spatial Reasoning, Solid Objects, 5E, Student-Centered Education.

Giriş

Öğrencilerin, matematiksel düşünme ve uygulama becerileri kazanmaları, matematiği doğru, etkili ve faydalı bir şekilde kullanmaları, matematiğe ve matematik öğrenimine değer vermeleri gerekmektedir. Bu hedeflere ulaşma doğrultusunda yeni bilgiler, fırsatlar ve araçlar matematiğe bakış açımızı, matematikten beklentilerimizi, matematiği kullanma biçimimizi ve hepsinden önemlisi matematik öğrenme ve öğretme süreçlerimizi şekillendirmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Yeni araçlar ve fırsatlar öğrencilerin matematiksel bilgiyi yapılandırma süreçlerini çoklu temsiller ve materyallerle desteklendiği söylenebilir.

Öğretim materyali, öğretimi etkinleştirmek, verimliliği arttırmak amacıyla yönelik her türlü destekleyici nesne-obje olarak adlandırılabilir (Tutak, Aydoğdu ve Erşen, 2014). Öğrenme ortamlarında öğretim materyallerinin kullanımı; öğrenciyi merkeze almakta, öğrencinin etkin katılımını sağlamakta, daha zengin ve dikkat çekici öğrenme fırsatları sunmakta, öğretimin görsel ve işitsel araçlarla desteklenmesi bilginin öğrenci zihninde sistemli bir şekilde işlenişini hızlandırmakta, algılama ve öğrenmeyi kolaylaştırmakta, bilgiyi pekiştirmeye ve kalıcılığa yardım etmekte, matematik yapmayı ve sevmeyi sağlamakta, matematik öğretimini eğlenceli hale getirmekte, matematiğin yazılmasına ve tartışılmasına



fırsat vermekte ve öğrenci motivasyonlarının artmasını sağlamaktadır (Burkaz, 2012; Gürbüz, 2006; Tutak, Kılıçarsalan, Akgül, Güder ve İç, 2012; Tutak, Aydoğdu ve Erşen, 2014). Bu anlamda materyallerle zenginleştirilmiş öğretim ortamlarının öğrencilerin matematik başarılarını artırmada etkili olabileceği söylenebilir.

Öğrenme ortamında öğrenciyi aktif kılabilecek materyallerden birisi de çalışma yaprağıdır. Çalışma yaprağı öğrencileri aktif olmaya yönlendirir, başarıya noktasında kendine güven duygusu kazandırır, öğrenciyi aktif düşünmeye sevk eder, kalıcı öğrenme sağlar, öğretmeni rehber, öğrenciyi aktif konumda kılarak, ön bilgileriyle yeni bilgiye ulaşmalarına olanak sağlar, bilgiyi keşfetmelerine, kademe kademe bilgiyi genişleterek zihinsel şema oluşturmalarına ve hatta bazen değerlendirmede bulunabilmelerine destek sağlar, öğrenci merkezli eğitimi destekler (Ormancı ve Şaşmaz Ören, 2010; Uslu, 2011). Bu yönleriyle çalışma yaprağı MEB'in bu gibi amaçlarına hizmet etmektedir (MEB, 2009a; MEB, 2009b; MEB, 2018). Ayrıca çalışma yaprakları önemli veri toplama araçlarından biridir. Özellikle somut materyalle desteklenmiş çalışma yaprakları, öğrenmeyi tetikleyici olduğu kadar değerlendirmeyi de destekleyici bir materyaldir (Ormancı & Şaşmaz Ören, 2010; Toptaş, 2008).

Materyallerin öğrencilerin ön bilgi ve kavram yanılgılarını ortaya çıkarabilecek ve bunları giderebilecek etkinlikleri içermesi, içerik bakımından zengin, öğrenci merkezli yöntemlere dayalı olması gerekmektedir (Özmen, 2004). Bunların sağlanabilmesi için konu veya kavramlar düzeyinde program geliştirme de esaslardan birisidir. Konu bazlı çalışılması gereken bir alanda geometridir. Geometri öğrenme alanı her ne kadar matematik içinde yer alsada doğası diğer öğrenme alanlarından farklıdır. İlköğretim hayatında somut halde verilen yapıların ve onların ileri düzeylerinin, ortaöğretim hayatında sadece soyut olarak ya da bilgisayar programlarıyla verilmesi görselleştirme sürecini olumsuz etkileyebilmektedir (Baki, 1996; Hirstein, 1981). Bu durum da geometrinin doğasındaki bazı farklılıkları ortaya çıkartmaktadır.

Bilindiği gibi, Amerikan Ulusal Matematik Öğretmenleri Topluluğu'nun (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) (2000) altı prensibinden biri okul matematiğinde teknolojinin kullanılmasıdır. Teknoloji; matematiği-geometriyi öğrenme ve öğretmede esastır (Kandemir, 2011). Teknoloji, matematiğin-geometrinin öğrenilmesini ve öğretilmesini olumlu yönde etkilemekte ve öğrencinin öğrenmesini geliştirmektedir. Fakat

bazı kavramların öğretiminde bilgisayarda yetersiz kalmaktadır. Günümüzde eğitim ve teknoloji 2 boyutlu defter sayfaları ve 2 boyutlu ekranlar arasına sıkışmış durumdadır. Görselleştirmenin hâkim olduğu geometri alanında, 2 boyutlu araçlar yetersiz kalmaktadır. Geometrik bir kavramın kağıt üzerinde çizildiği halinin çoğu zaman anlaşılmasında sorunlar oluşurken, genellemelere ve yeni varsayımlar kurmaya imkan sağlamada sorunlar yaşandığı bilinmektedir (Baki, 1996; İbili ve Şahin, 2013). Defter ve bilgisayar 3 boyutlu bir cismi elimize alıp döndürerek-her yönüyle ve her açıdan inceleme deneyimini sağlayamamaktadır. Bilgisayar ekranının önünde durup bir cisme ‘bakmak’ ya da o cismi bizzat yaparak, ellerinde tutarak onu ‘görmek’, anlamak, tüm yönleriyle keşfetmek arasındaki ciddi farklar bulunmaktadır. Günümüz teknolojisi bu ciddi soruna bile çözüm getirebilecek düzeye gelmiştir. Bu teknoloji, 3D yazıcı teknolojisidir (Kılıç Ekici, 2012).

3D yazıcılar, klasik mühendislik yöntemleriyle üretilenmiş, son derece karmaşık ve girift parçaların üretiminde dahi yaygın olarak kullanılabilir (Gür, 2017; Kılıç Ekici, 2012). 3D yazıcı teknolojisi, derslerinde ihtiyaç duyan fakültelerde yerini almış bulunmaktadır. Ancak bu teknoloji bile kişinin bilgisayara bir yerlerden kopyaladığı veya çizdiği cismi ya da denklemlerle ve yazılımlarla “.obj” formatına dönüştürülen cisimleri ortaya koyabilecek düzeyde kalmaktadır. Yani kişinin bizzat kendi elleriyle çizdiği ve çizerken tüm yönlerini keşfettiği, en ufak ayrıntısının bile farkına vararak elinde tuttuğu bir boyuta ulaşamamaktadır. Ama sürekli ve şaşırtan derecelerde aşama kat eden teknoloji, son dönemde bunu yapabilmemizi sağlayan cihazlar da geliştirmiştir. 3D yazıcı kalem (3D printing pen) olarak isimlendirilen bu teknoloji elinize bir kalem alıp havaya yazı yazmak gibi bir işleve sahip bulunmaktadır.

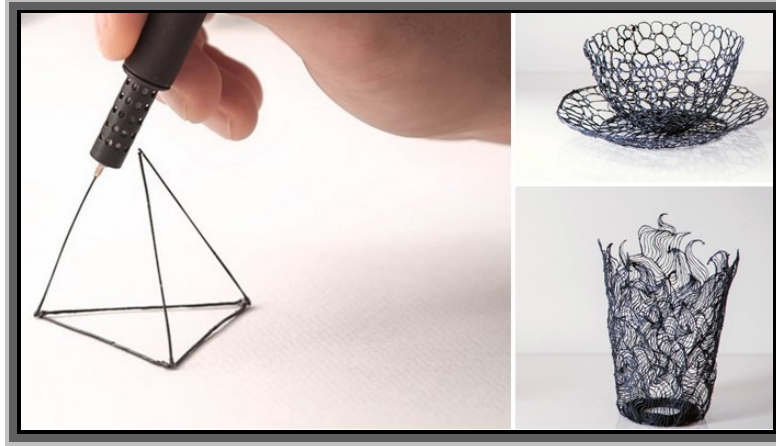


Şekil 1. 2.Nesil 3D Yazıcı Kalem



Şekil 2. 3.Nesil 3D Yazıcı Kalem

3D yazıcı kalem teknolojisi, 3D yazıcısının mantığıyla çalışan ancak kişinin kendisinin neredeyse bir kalem mantığıyla kullandığı bir teknolojidir. Böylelikle birey 3 boyutlu yapıyı her aşamasında kendisi oluşturmuş ve her yönüne hâkim olabilmüş olmaktadır. Baki'nin (1996) bahsettiği dramatik değişim sağlanarak-teknojiden simülasyon aracı olarak faydalanıp-öğrencinin öz bilgisini kurabilme fırsatı, 3D yazıcı kalem teknolojisiyle mümkün olabilir. Materyali öğrencinin kendisinin oluşturuyor olması, bu değişimi oluşturabilecek, keşfe dayalı bir deneyim sağlayacaktır.



Şekil 3. 3D Yazıcı Kalemle Oluşturulan Bazı Cisimler

Çalışmaya, matematik derslerinde 3D yazıcı kalem kullanımının etkili olabileceği düşüncesiyle başlanmıştır. Böylelikle geometri konularından *katı cisimler* konusunda uygulama yapılmasının 3D yazıcı kalemin etkililiğini daha iyi ortaya çıkarabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda, 3D yazıcı kalemin en verimli şekilde kullanılabilmesi için 3D yazıcı kalemle uyumlu olarak 5E modeliyle hazırlanmış çalışma yaprakları (worksheets) tasarlanmıştır.

Literatüründe 3D yazıcı kalem kullanımına dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın literatüre bu anlamda katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Belirtilen gerekçeler doğrultusunda 3D yazıcı kalem kullanımının, matematik eğitiminde örneklendirilmesi ve etkililiğinin incelenmesi gerekmektedir. Bu anlamda bu çalışmanın amacı; 3D yazıcı kalemle uyumlu olarak, 5E modeline göre, tasarlanan çalışma yaprağının, yüzey alanı konusunun öğretiminde, etkilerini incelemektir.

Yöntem

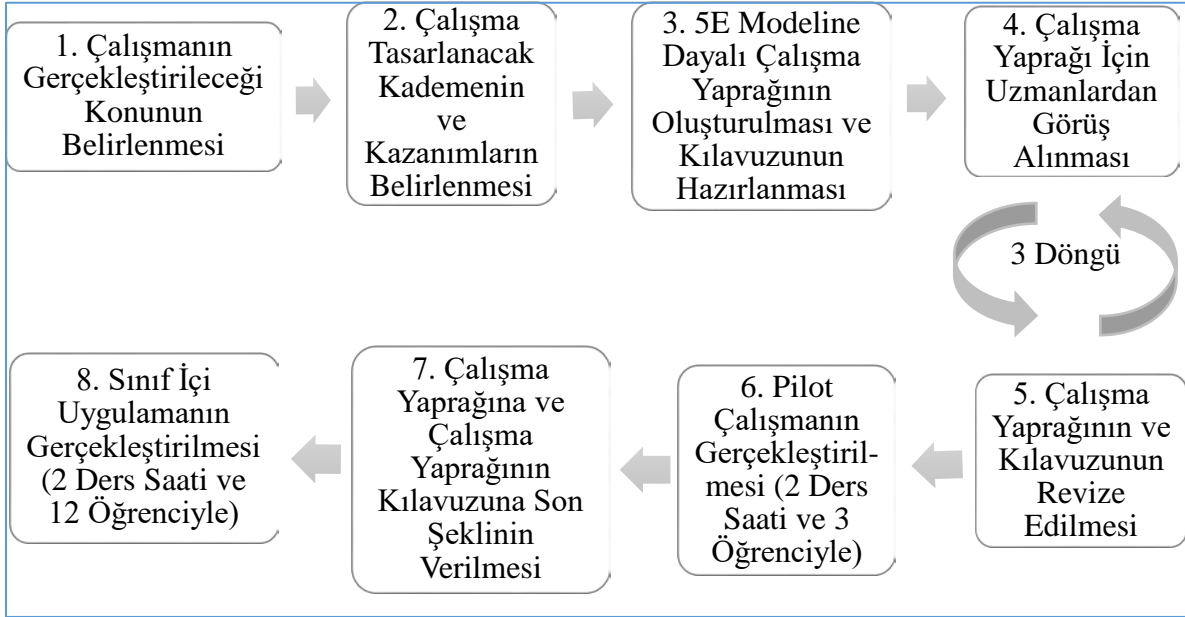
Araştırma Modeli

Bu araştırma, nitel araştırmalardan özel durum çalışması (case study) modeli ile gerçekleştirilmiştir. Özel durum çalışması araştırmacının bir durumu, olayı, eylemi, süreci ya da bir veya daha fazla bireyi derinlemesine analiz ettiği araştırma desenidir (Creswell, 2016).

Çalışmanın metodunun doğasıyla veri toplama araçları ve veri analiz etme şekilleri uygun olmalıdır. Çalışma doğrunun yer, zaman ve mekâna bağlı olarak değişebileceğini; bu nedenle de olayın bağlamdan kopuk olarak değil, kendi bütünü içerisinde değerlendirilmesi gerektiği düşüncesiyle yürütülmüştür. Çalışmada nitel çalışmaların doğası gereği genellemeye ulaşmak amaçlanmamaktadır.

Şema 1’de çalışmanın akış şemasına yer verilmektedir. Bu akış şemasında 8. aşamada da belirtildiği gibi çalışma, sınıf içi uygulamayla gerçekleştirilmiştir. Derslerin tamamının video kaydı alınmıştır. Ayrıca öğrencilere 3D yazıcı kalem ve kalemle yapılabileceklerini tanıtan bir video izletilmiştir. Kalemin çalışma prensipleri anlatılmıştır. Video çekimi için velilerden ve öğrencilerden yazılı izin alınmıştır. Sonrasında öğrenme kağıdı (2 ders saati) ve ayrıca Çalışma yaprağı-ÇY (2 ders saati) uygulanmıştır.

Şema 1. Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesi ve Verilerin Elde Edilme Aşamaları



Çalışma Grubu

Öncelikle 10.sınıf Matematik-Fen (MF) alanında bulunan 3 kadın öğrenciyle, sınıf ortamında, pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Araştırmada yer verilen katılımcılar ise, 10.sınıf

Matematik-Fen alanı öğrencisi olan 12 öğrenciden (9 kadın, 3 erkek) oluşmaktadır. Bu 12 öğrenci, 3'er kişilik gruplar oluşturularak-yani 4 grup oluşturularak-çalışma gerçekleştirilmiştir. Sınıfın matematik öğretmeni, aynı sınıfta bulunan bu 12 öğrenciyi, etkinliğe iştirak edebilecekleri düşüncesiyle belirlemiştir. 3D yazıcı kalemin maliyetinden dolayı çalışmada 12 kişiye vermek zorunluluğu oluşmuştur. Araştırmacının uygulamanın gidişatına daha hâkim olabilmesi ve böylelikle süreci daha iyi gözlemleyebilmesi düşüncesiyle 12 öğrencinin katılması uygun görülmüştür. Öğrenciler grup arkadaşlarını kendileri kararlaştırmışlardır. Bu 4 gruba araştırmacı tarafından; A, B, C, D grup isimleri verilmiştir. Gruplardaki her bir öğrenci ise; A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3 olarak gruplarına göre isimlendirilmişlerdir.

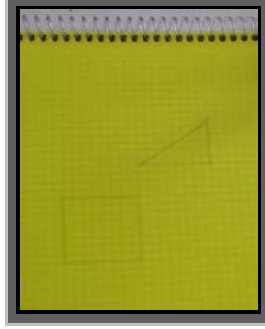
Veri Toplama Teknikleri

Çalışmada başvurulan veri toplama teknikleri; gözlem, klinik mülakat, video kaydı, çalışma yaprakları, 3D yazıcı kalemle elde edilen materyallerdir (3D çıktılardır). Sınıf içi uygulama esnasında araştırmacı, gözlem ve klinik mülakattan faydalanmıştır. Yine çalışma yaprakları ve öğrencilerin yaptıkları 3D çıktılar uygulama esnasında kullanılmakla birlikte uygulama sonrasında da bu veri araçları değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. Tüm dersler video kaydı altına alınmıştır.

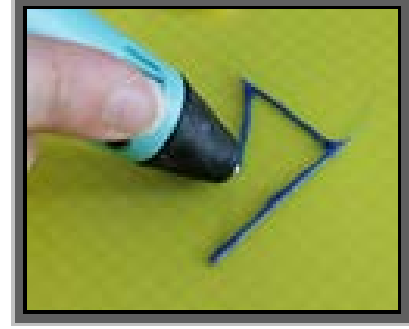
Çalışmada öğrenciler 3D yazıcı kalemle materyal oluşturma veya oluşturulan materyali başka bir materyale dönüştürme süreçleri gerçekleştirmişlerdir. Etkinliklerde öğrenciler önce şekilleri birim kareli defterlere tükenmez kalem ve\veya cetvel yardımıyla çizmişlerdir (Şekil 4). Aşağıda görüldüğü gibi (Şekil 5) bu defterlerin plastik yüzleri, mat olarak değerlendirilmişlerdir. Bu plastik mat olarak kullanılan defter üzerinden görülebilen, çizimlerin üstünden 3D yazıcı kalemle geçilmiştir (Şekil 6). Daha sonra oluşturulan bu şekiller, defterden rahatça ayrılarak şekiller elde edilebilmiştir.



Şekil 4



Şekil 5



Şekil 6

Ayrıca istenildiğinde defter sayfası koparılarak temiz sayfaya geçiş sağlanmıştır. Oluşturulan şekil veya cisimlerin düzgün olabilmesi için veya bu cisimlerin kesilip farklı bir cisim haline getirilebilmesi için zaman zaman makas da kullanılmıştır.

Verilerin Analizi

Özel durum çalışması araştırma yaklaşımı gereğince veri toplama ve analizi eş zamanlı gerçekleştirilmiştir. Sınıf içi uygulamanın verileri ve öğrencilerin çalışma yapraklarının verilerinin analizlerinde içerik analizine ve betimsel analize başvurulmuştur. Çalışma yaprakları, 3D çıktılar ve video kaydı analizlerinde içerik analizinden; gözlem ve klinik mülakatta ise betimsel analizden faydalanılmıştır.

Sınıf içi uygulamada video ile toplanan klinik mülakat ve gözlem verileri, mümkün olan en kısa sürede, Microsoft Word programıyla araştırmacı tarafından yazılı doküman haline getirilmiştir. Bu video kayıtları, detayların yakalanabilmesi açısından kolaylık sağlayacağı düşüncesiyle, yazılı doküman haline getirilmiştir. Çalışmada yer alması gerektiği düşünülen kısımlar incelenerek çalışmada yer verilmiştir.

Uygulamaya katılan öğrencilerin uygulamaları ve çalışma yapraklarındaki sorulara verdikleri cevaplar, aşağıda belirtilen 10 ana davranış altında değerlendirilmiştir:

- Yönergeler aracılığıyla ve öğretmen rehberliğinde somut materyal oluşturabilme
- Oluşturdukları somut materyali doğru yorumlayabilme
- Oluşturdukları somut materyal ve ön bilgileri aracılığıyla istenilen formülü keşfetme ve yorumlayabilme
- Akran etkisi
- Çalışma yaprağının giriş kısmında oluşan problemin irdelenmesi

- f) Somuttan soyuta geçişi gerçekleştirebilme
- g) Soyut düşünerek, uzamsal akıl yürüterek problem çözebilme
- h) Yönergelerin anlaşılabilirliği
- i) Grup içi ve gruplar arası etkileşimin oluşması
- j) Derse ilgi ve sevginin gözlemlenmesi

Öğrenme ortamının ne derecede etkili olduğunun ortaya konulmasında bu 10 ana davranıştan yararlanılmıştır. Bu çalışma, tez çalışmasında yer alan çalışma yapraklarından birincisinin (EK'de yer almakta), uygulanmasından elde edilen bulgulara, sonuçlara ve önerilere yer verilecektir.

Bulgular

Sınıf içi uygulaması gerçekleştirilen ÇY'lerden çalışmanın kapsamını daha iyi yansıttığı düşünülen (mümkün olduğunca çok ve çeşitli ana davranışları içeren) bir çalışma yaprağına yer verilmiştir ve "ÇY" kısaltması denildiğinde bu seçilen çalışma yaprağı anlaşılmalıdır. ÇY'deki yönergelerden 5. soru ve öğrencilerin bu soruya cevapları bu çalışmanın örnek bulgularını oluşturmaktadır. 1, 2, 3 ve 4. etkinlikler, 5E'nin giriş aşamasıdır. 5. soru ise, 5E'nin keşfetme aşamasına denk gelmektedir.

Öncelikle içerik analizinden elde edilen bulgulara yer verilecektir. Daha sonra ise sınıf ortamında 3D kalem destekli hazırlanmış çalışma yapraklarının, öğrenme ortamına kattıklarını göstermek için ve öğretmenin rolünü örneklendirmek için çalışma yaprağının keşfetme basamağının bir kısmının uygulanışı betimsel olarak verilmiştir.

Çalışma Yaprağından Elde Edilen Verilerin İçerik Analizi Bulguları

Tablo 1. Çalışma Yaprağında Görülen Ana Davranışların Tablosu

		Ana Davranışlar										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
ÇY'nin 5E Aşamaları	Giriş	1, 2, 3 ve 4.Etkinlik	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
	Keşfetme	5.Soru	2	10	-	2	-	7	6	4	9	6
		6.Soru	-	1	6	2	-	1	1	2	1	1
	Açıklama	7.Soru	-	3	2	2	1	3	1	1	3	3

Derinleştirme	8.Soru	3	5	-	2	-	5	6	2	4	2
Değerlendirme	9.Soru a Şıkkı	-	1	-	1	-	-	6	1	1	1
	9.Soru b Şıkkı	-	-	-	-	-	-	4	1	1	-
ÇY’de Belirlenen Ana Davranışların Toplamı		5	20	8	9	1	16	24	12	19	14

Tablo 1’de görüldüğü üzere ÇY’nin uygulanması esnasında, soyut düşünerek ve\veya uzamsal akıl yürüterek problem çözme davranışı (g) en sık gerçekleşen davranış olmuştur. Bu ise, ÇY’nin bu noktadaki olumlu etkisini göstermektedir. Oluşturdukları somut materyali doğru yorumlayabilme davranışı (b) ise, 3D cisim oluşturarak ve dönüştürerek üzerinde yorumlamalarda buldukları için oldukça sık gerçekleşmiştir. Öğrencilerde g ve b davranışlarının bu kadar sık görülmesi, ÇY’nin materyal yorumlama, soyut düşünme ve uzamsal akıl yürütme noktalarındaki etkililiğini göstermektedir. Tablo 1’den anlaşıldığı üzere ÇY, grup içi ve gruplar arası etkileşimin oluşması davranışı (i) için de oldukça etkili bir araçtır. Tablo 1’de görülen somuttan soyuta geçişi gerçekleştirebilme davranışının (f) sıklığı, öğrencilerin oluşturdukları ve dönüştürdükleri 3D cisimler üzerinden işlemler ve formüller gerçekleştirmesinin çokluğunu da göstermektedir. Dolayısıyla ÇY’deki yönergelerin bu yöndeki olumlu etkisinin göze çarpmasını sağlamaktadır. ÇY ile derse ilgi ve sevginin gözlemlenmesi davranışının (j), Tablo 1’e göre, oldukça sık gerçekleşen bir davranış olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu davranışın sıklığında, uygulamalarda 3D yazıcı kalem kullanılmış olması elbette önem arz etmektedir. Yönergelerin anlaşılabilirliği davranışında (h) ise, bazen olumsuz durumlarla karşılaşmış olursa dahi, sonuç olarak anlaşılabilirliklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Anlaşılmasında zorlanılan noktaların, genellikle okuma isteksizliğinden kaynaklandığı araştırmacı tarafından tespit edilen bir noktadır. Tablo 1’de görüldüğü üzere akran etkisi davranışı (d), gruplar arası iletişimin yoğun olmasının etkisiyle azımsanmayacak kadar sık gerçekleşmiştir. d ve i davranışlarının önemli düzeylerde gerçekleşmesinde, ÇY’nin grup etkinliği olmasının yüksek etki oluşturduğu belirtilmelidir. Oluşturdukları somut materyal ve ön bilgileri aracılığıyla istenilen formülü keşfetme ve yorumlayabilme davranışı (c), doğal olarak 5E’nin keşfetme aşamasında en sık olmak üzere açıklama aşamasında da görülmüştür. Belli aşamalarla kısıtlı kalmasına rağmen iyi düzeyde görülmektedir. Benzer şekilde, yönergeler aracılığıyla ve öğretmen rehberliğinde somut



materyal oluşturabilme davranışı (a) da keşfetme ve derinleştirme aşamalarıyla sınır olmasına rağmen iyi düzeyde görülmektedir. Yani çalışma yapraklarının doğası düşünüldüğünde, a ve c davranışlarının varlığı dahi yeterliken iyi bir düzeyde görülmüş olması ÇY'nin bu noktadaki etkililiğini de göstermektedir. Çalışma yaprağının giriş kısmında oluşan problemin irdelenmesi davranışı (e) ise, sadece açıklama aşamasında gerçekleştirilen bir uygulama olduğu için 1 kere görülmüş olması, (5E'nin yapısı gereği) normal bir durumdur.

Soruların (en az 2 ana davranış, en çok 9 ana davranış olmak üzere) 10 ana davranışla farklı yönlerden temas ettiği Tablo 1'de detaylı olarak görülmektedir. Sonuç olarak 3D yazıcı kalem destekli çalışma yaprağının, 10 ana davranışı çok yönlü olarak ve yüksek düzeyde barındırdığı ortaya çıkmaktadır.

Çalışma Yaprağında Bulunan Beşinci Sorudan Elde Edilen Bulgular


Bu kısımda, Çalışma Yaprağında bulunan 5.sorunun sınıf içi uygulamasında elde edilen bulgulardan seçilenlere ve bu bulguların yorumuna yer verilmiştir. Betimsel akış sırasında gerekli görülen yerlerde, öğrenci ÇY'lerinden alıntılar ve 3D çıktılardan örnekler verilmektedir. Ayrıca işleniş esnasındaki satır numaraları doğal akışında verilmiş ve gerçekleşen 10 ana davranış gerektiği yerlerde yorumlanmıştır.

Çalışma kapsamında sadece 5. sorunun betimsel analizine yer verilmektedir. Çalışma yaprağında bulunan 5.soru, Şekil 7'deki gibidir.

5) i) Deftere 6-8-10 birim kenar uzunlukları olan bir dik üçgen çizin. Deftere çizdiğiniz dik üçgenin kenarlarının üzerinden 3D yazıcı kalemle geçerek oluşturun ve defterden ayırın. Aynı işlemi tekrar yapın.

ii) Şimdi elinizde iki adet 6-8-10 dik üçgeni var. Bu iki üçgeni, tablodaki şekli oluşturacak biçimde 3D yazıcı kalemle birleştirin.

Oluşan cismi çevirerek her açıdan inceleyin ve tablodaki soruları cevaplayın.

GEOMETRİK CİSİM	
CİSMİN ÖZELLİKLERİ	
Taban Şeklinin Adı	
Yanal Yüzey Şeklinin Adı	
Bir Taban Yüzeyinin Alanı	
Yanal Yüzeylerinin Alanları	
Hangi Yüzeyden Kaç Tane Var	
Cismın Tüm Yüzey Alanı	

Şekil 7. Çalışma Yapağında Bulunan 5.Soru

Çalışma yapağından önce 3D Yazıcı Kalemın Kullanımını Öğrenme Kağıdının uygulanmış olması, etkinliğin i) aşamasında öğrencilerin 6-8-10 kenar uzunluklarına sahip iki dik üçgeni oluşturmada zorlanmamalarını sağlamıştır. ii) aşamasında ise öğrenciler, dikdörtgen prizma yapmak için, oluşturdukları iki üçgeni, cihazla kolaylıkla birleştirmişlerdir (Şekil 8).

D grubunun yönergeleri tartışarak, dik üçgeni oluşturma süreci (i) aşağıdaki gibidir:

1. D1 (araştırmacıya hitaben): Üçgende neresi altı, neresi sekiz, neresi on hocam?
2. D2 (D1'e hitaben): Fark eder mi?
3. C1 (D grubuna hitaben): Üçgenin her bir uzunluğunu havada elini hareket ettirerek göstermeye çalışarak; eliyle bir dik üçgen biçimi oluşturarak): (Üçgenin tabanı eliyle havada gösterirken) altı, (üçgenin tabana dik kenarını eliyle havada gösterirken) sekiz, (ve son olarak eliyle havada hipotenüsü gösterirken) on.

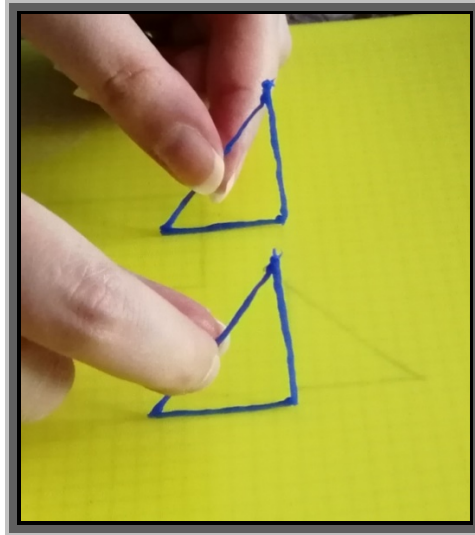
Bu söylemiyle (3. söylem) C1'in, hem D1'e hem de D2'ye yardımcı olmuş olduğunu görmekteyiz. D1'in ve D2'nin, 6-8-10 dik üçgenini düzgün bir biçimde oluşturabilmesinde

gruplar arası etkileşimin ve akran etkisinin bulunduğu burada fark edilmektedir (i ve d ana davranışları).

D grubunun yönergeleri tartışarak, dik üçgen prizmayı oluşturma süreci (ii) aşağıdaki gibidir:

4. D2 (grup arkadaşlarına hitaben): Kaç tane üçgen yapacağız?
5. D1 (D2'ye hitaben): İki tane.
6. D2 (D1'e hitaben): Ondan sonra? (Üç tane dikdörtgen oluşturulacağını kastederek) üç tane de dikdörtgen mi?
7. D1 (D2'ye hitaben): Yok. Birleştireceksin köşe noktalarını (İki üçgeni kastederek). İki tane karşılıklı koyup, bunları birleştireceksin.

4., 5., 6. ve 7. söylemlerden anlaşılacağı üzere D1, yönergeleri okuyup grup arkadaşlarını yönlendirmiştir. D1, okuduğu yönergeleri doğru yorumlamıştır ve grup olarak düzgün üçgen prizmayı oluşturmuşlardır (h ve i ana davranışları). Ayrıca D2'nin 6. söyleminde görüldüğü gibi, taban ve tavan olarak iki üçgen yüzeyini oluşturdukları üçgen prizmayı tamamlayabilmek için, 3 dikdörtgen oluşturulması gerektiğini fark ettiği görülmektedir. Bu ise, öğrencilerin cismi kendileri oluştururken uzamsal akıl yürütme fırsatı oluşturduğunu göstermektedir (g ana davranışı). D1'in bahsettiği karşılıklı iki üçgenin hizalandırılması Şekil 8'de gösterilmiştir.



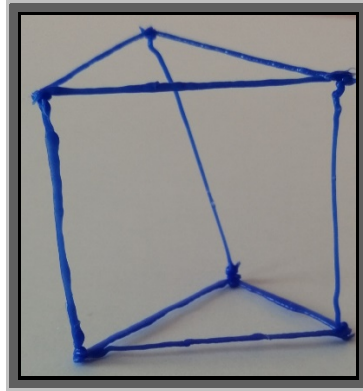
Şekil 8. Üçgen Prizma Oluşturmak İçin İki Üçgenin Karşılıklı Hizalanması

5.sorunun ii) şikkında yönergelerin anlaşılmasıyla ilgili sorunlarla da karşılaşmıştır:

8. C3 (araştırmacıya hitaben): Bunları (üçgenleri) birleştireceğiz değil mi?
...
9. B2 (araştırmacıya hitaben): Hocam, anlamadık biz şimdi nasıl (bu iki üçgeni birleştireceğiz)?
10. Araştırmacı (tüm sınıfa hitaben): Geçen derste iki tane kareyi, dikdörtgen prizma oluşturmak için karşılıklı hizalamıştık. Şimdi bunları (üçgenleri) karşılıklı hizalayarak, tabloda görmüş olduğunuz şekli oluşturmanız lazım. Ancak (üçgenin) karşılıklı eş olan kenarlarını karşı karşıya getirmeniz lazım değil mi, düzgün bir şekil elde etmek için.

8. söylemden anlaşıldığı üzere öğrencilerin bazıları, C3 gibi, çalışma yaprağını okumak yerine araştırmacıdan bilgi almaya çalışmıştır. Bazıları ise, B2 (9. söylem) gibi, daha önceki derste benzer bir uygulama yapmış olmalarına rağmen, bu uygulamayı nasıl yapacaklarını yönergelerden anlamadıkları görülmüştür (h ana davranışı). Araştırmacı önceki dersten öğrencilerin yaptıklarını onlara hatırlatarak dönüt vermiştir. Ayrıca araştırmacının dönütlerine rağmen A grubundaki öğrenciler görevlerini tam olarak yerine getirmemişlerdir:

11. A2 (araştırmacıya hitaben): Üçgenleri yanlış yerleştirmişiz (Şekil 9).

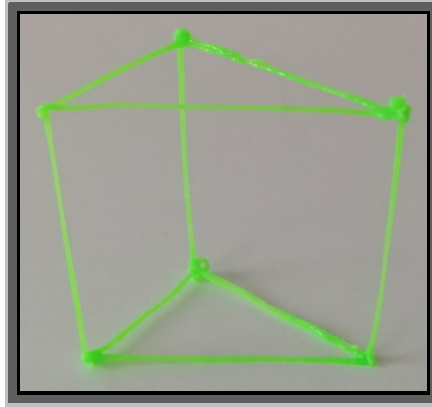


Şekil 9. A Grubunun Oluşturduğu Düzgün Olmayan Üçgen Prizma

Bu durumu fark etmelerinden sonra öğrenciler, şeklin yüksekliklerini makasla kesip doğru hizalayarak prizmayı yeniden oluşturabilmişlerdir. 11. söylem ve devamında gerçekleştirenleri değerlendirdiğimizde, A grubu taban ve tavan üçgenlerini yanlış hizalamıştır (Şekil 9). Dolayısıyla üçgen prizma düzgün oluşturulamamıştır. Ancak sonrasında prizmanın üçgenlerini doğru hizalayarak, yükseklikleri tekrar oluşturduklarında cismi düzgün olarak

oluşturabilmişlerdir. Burada öğrencilerin kendi oluşturdukları cisimde bir yanlışlık yaptıklarında, bunu değerlendirip yanlışlık yaptıkları noktaları fark ettikleri görülmüştür. Bunun sonucunda kesilmesi gereken noktaları görmüş ve hatalarını 3D yazıcı kalemle kolayca giderebilmişlerdir. (a ve b ana davranışları).

Sonuç olarak üçgen prizma çıktısını tüm gruplar oluşturabilmiştir (Şekil 10). Genel olarak bu süreçte öğrencilerin eğlendikleri, defter üzerinden ziyade havada çizim yapmaktan daha çok hoşlandıkları gözlemlenmiştir (a ve j ana davranışları).



Şekil 10. Grupların ÇY, 5.Soru İçin Oluşturdukları Üçgen Prizmanın Örneği

Üçgen prizmalarını tamamlamış olan grupların, oluşturdukları somut materyali, 5.sorudaki tablo aracılığıyla yorumlamalarına dair bulgular:

12. D1 (grup arkadaşlarına hitaben): Taban dikdörtgen.
13. D2 (D1'e hitaben): Taban? Taban üçgen.

D1'in (12. söylem), 'Taban dikdörtgen.' söyleminden de anlaşıldığı üzere, öğrenciler tabanı dikdörtgen olacak şekilde prizmayı zemine koyduklarında dikdörtgen prizma olarak adlandırırken; tabanı üçgen olacak şekilde zemine koyduklarında üçgen prizma olarak adlandırabileceklerini fark etmişlerdir. Ancak her iki durumda da yüzey alanının aynı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. D2'nin (13.söylem) tabanın üçgen olduğunu söylemesi çalışma yaprağında verilen şekilden kaynaklanıyor olabilir (b, g, d ve i ana davranışları).

D grubu, oluşturdukları üçgen prizmayı yorumlamaya devam ediyor:

14. D1 (D2'ye hitaben): Orada (prizmada); iki tane üçgen, üç tane dikdörtgen mi var?
15. D2 (D1'e hitaben): Evet.



D1 ve D2'nin (14. ve 15. söylemler) söylemlerinden cismi ellerinde görebildikleri için kolayca yorumlayabildikleri görülmektedir (b ve i ana davranışları).

16. D2 (grup arkadaşlarına hitaben): (Uzunlukları) birim. Sekiz çarpı altı, taban yüzeyi; işte üçgenin alanı.
17. D1 (D2'ye hitaben): Kırk iki.
18. D2 (grup arkadaşlarına hitaben): Üçgenin alanı kırk iki birim miydi! Kırk sekiz bölü iki, yirmi dört birim yaz.

D1'in (17. söylem) söyleminden üçgenin alanıyla ilgili ön bilgisinde sorun olduğu görülmektedir (f ana davranışı). Ancak D2'nin (16. ve 18. söylemler) söylemlerinden grup arkadaşlarını yönlendirdiği, doğru sonuca ulaştırdığı görülmektedir (f, d, i ve h ana davranışları).

19. D2 (grup arkadaşlarına hitaben): Yanal yüzeyinin alanı?
20. D1 (D2'e hitaben): (D2'nin elindeki prizmayı kastederek) Masaya koy, bakalım (inceleyelim).
- ...
21. D1 (D2'ye hitaben): Dikdörtgenin 'Alanlarımı' diyor. Birinin ki yüz, birinin ki seksen...
- D2, D1'in söylemini keserek,
22. D2 (D1'e hitaben): Hayır. Birinin ki yüz değil.
23. D1 (grup arkadaşlarına hitaben): (Üçgen prizmanın her bir dikdörtgen yüzeyinin alanlarını kastederek) Yüz, seksen, altmış.
24. D2 (elindeki cisimde dikdörtgen yüzeyleri göstererek): Yüz, seksen, altmış. Doğru.


D1'in (20. söylem) söyleminden üçgen prizmanın dikdörtgen yüzey alanlarını belirleyebilmek için cismi görerek yorumlama, değerlendirme ihtiyacı duydukları görülmektedir (b ana davranışı). Ancak bu sayede 21., 22., 23. ve 24. söylemlerden cismi inceleyerek doğru sonuçlara ulaşabilmişlerdir (b, f ve h ana davranışları). D1'in (20. söylem) söyleminde 'Masaya koy, bakalım (inceleyelim).' diyerek yorumladıkları üçgen prizmanın örneği Şekil

10'da gösterilmektedir. Bu üçgen prizmaya bakarak aşağıdaki değerlendirmelerde de bulunmuşlardır:

25. D2 (çalışma yaprağına bakarak): Ne diğer soru? 'Cismin tüm yüzey alanı'. Topla (iki üçgen ve üç dikdörtgenin) hepsini.
...
26. D1 (D2'ye hitaben): İki tane üçgen var. Biri yirmi dört, diğeri de yirmi dört; (iki üçgenin yüzey alanları toplamı) kırk sekiz.
27. D2 (D1'e hitaben): Ha, tamam; doğru kırk sekiz. (Dikdörtgenlerin ve bir üçgenin yüzey alanı toplamalarını kastederek) İki yüz altmış dört, (kalan bir üçgenin yüzey alanını kastederek) yirmi dört daha ekle. (Üçgen prizmanın tüm yüzey alanını kastederek) İki yüz seksen sekiz.

25., 26., 27. söylemlerden öğrenciler tüm yüzeylerin alanları toplamını düşünerek işlem yapmış ve sonuca ulaşmışlardır. Burada '2 üçgen + 3 dikdörtgen' yazmaları yeterliyken, D grubundaki D1 ve D2, işlemi gerçekleştirmişlerdir. Şekil 11'de görüldüğü gibi, üçgen prizmanın tüm yüzey alanı olarak, 288'e ulaşmışlardır (b, f, g, i ve h ana davranışları).

Öğrencilerden D grubunun cevabını örnek olarak ele alırsak:

GEOMETRİK CİSİM	
CİSMİN ÖZELLİKLERİ	
Taban Şeklinin Adı	Üçgen
Yanal Yüzey Şeklinin Adı	Dikdörtgen
Bir Taban Yüzeyinin Alanı	24 br
Yanal Yüzeylerinin Alanları	100, 80, 60 br
Hangi Yüzeyden Kaç Tane Var	2 üçgen, 3 tane dikdörtgen
Cismin Tüm Yüzey Alanı	288 br

Şekil 11. D Grubu, ÇY, 5.Soru İçin Cevapları

Bu tabloyu (Şekil 11) cevaplarırken, kendi oluşturdukları üçgen prizma çıktısından ve birbirlerinin ön bilgilerinden faydalanmışlardır (b, d, i, f ve g ana davranışları). 5.sorudaki



tablonun, aşama aşama bu düşünceye ulaştırmasının da bu durumda etkisi mevcuttur. Öğrenciler, küpün yüzey alanı dışında herhangi bir prizmanın yüzey alanını bilmemelerine rağmen, bu etkenlerin sayesinde sonuca ulaşabilmişlerdir.

Anlaşılabacağı üzere, bir cismin özelliklerini belirlerken, cismi kendilerinin oluşturmuş olmalarının etkisinin yüksek olduğu 12.'den 27.'ye kadar geçen diyaloglarda görülmektedir. Böylelikle cismin her detayına hâkim olabilmektedirler.

Ancak A ve C grupları, ellerinde üçgen prizma olmasına karşın bilgilere ulaşmakta zorlanmışlardır. Bu durumu gören araştırmacı, öğrencilere oluşturdukları prizma üzerinden rehberlik yapmaya çalışmıştır. A ve C grupları, araştırmacının yönlendirme amaçlı sorduğu her soruya, cismi kendilerinin oluşturmuş olması ve 3 boyutlu olarak görüyor olmaları sayesinde hızlıca ve doğru cevapları verebilmişlerdir. Burada araştırmacının sadece bilgiyi istemesi ya da hatırlatması yeterli olmuştur (Örneğin 28.'den 33.'e kadar olan diyaloglardan). Yani kendi oluşturdukları bir cisim hakkında bilgi edinme ve verebilmelerinin mevcut olduğu bu esnada görülmektedir (b ve j ana davranışları).

28. Araştırmacı (tüm sınıfa hitaben): Elinizdeki cisminizde kaç tane üçgen var?

...

31. A3 (araştırmacıya hitaben): İki tane; bir altta bir üstte.

32. Araştırmacı(tüm sınıfa hitaben): Kaç tane dikdörtgen var?

33. B3, C3, A1, A2, A3, D1, D2 (araştırmacıya hitaben): Üç.

34. Araştırmacı (tüm sınıfa hitaben): Herkes üç tane mi olduğunu düşünüyor? O zaman elinizdeki cisim iki üçgen ve üç dikdörtgenden oluşuyor.

35. A1 (araştırmacıya hitaben): Haaa... (Doğru, evet).

5.sorunun tablosunu; D grubu hiçbir yönlendirmeye gerek kalmadan kendileri tamamlamışlardır. B grubu ise, araştırmacının (34. söylem) “Elinizdeki cisim iki üçgen ve üç dikdörtgenden oluşuyor.” söyleminden sonra tabloyu tamamlamışlardır. Ancak A ve C grupları, araştırmacının özel yardımından sonra tabloyu tamamlayabilmişlerdir. Burada değinilmesi gereken nokta, araştırmacının rehber konumunu koruduğudur. Araştırmacı sadece, öğrencilerin farkında oldukları noktalara dikkat çekmiş ve onları sonuca yönlendirmiştir. ÇY, 5.soruya yazılan cevaplar için genel bir değerlendirme yapılırsa, burada



dikkat çeken nokta; grupların tamamı, cismin tüm yüzey alanı kısmına beklenildiği gibi '2 üçgen+3 dikdörtgen' yazmamışlardır. Bunun yerine direkt olarak sayısal sonucu yazmışlardır.

A grubu, cismin tüm yüzey alanını hesaplarken sadece dikdörtgenlerin alanlarını toplamışlardır. Üçgenlerin alanını hesaba katmamışlardır.

B grubu tablodaki soruları cevaplarken iki noktada yanlış yapmışlardır. Bu yanlışlardan biri hangi yüzeyden kaç tane var kısmına 3 dikdörtgen, 2 üçgen yazmamış olmalarıdır. Diğer bir yanlış ise, yanal yüzeylerinin alanları kısmına sadece bir dikdörtgenin alanı olan 60 yazmalarıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta; çoğul bir ifade kullanılmış olmasına ve ellerinde cisim bulunmasına rağmen bu yanlışı yapmış olmalarıdır. Burada, taban şeklinin adı kısmına dikdörtgen yazmak üzereyken üçgen yazdıkları da görülmektedir. Yani öğrencilerin cismi farklı konumlarda değerlendirebildikleri burada da fark edilmektedir.

C grubu, yanal yüzeylerinin alanları sadece eş üç dikdörtgen varmış gibi yazmışlardır. D grubu tablodaki soruları cevaplarken birim kare yazmaları gereken değerlere birim yazmışlardır. Diğer grupların tamamında da birimler noktasında sorun görülmüştür.

Bunun dışında tabloda istenen bilgileri doğru cevaplamışlardır. Ayrıca tüm grupların cisimlerinin yüksekliklerini farklı yapabilecek iken, hepsinin yüksekliği 10 birim olarak oluşturmuş oldukları da fark edilmiştir. Bu durum araştırmacı tarafından, cetvelle cisimlerin hepsinin yükseklikleri ölçülerek teyit edilmiştir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Katı cisimlerde yüzey alanı konusunun öğretiminde 3D yazıcı kalem kullanımını üzerine tasarlanan çalışma yaprağının öğrenme ortamına etkilerini incelemeyi amaçlayan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara ilişkin tartışmalar bu başlık altında ele alınacaktır.

Çalışma yaprağının, yönergeler ve araştırmacının rehberliğiyle 3D kalemle cisim oluşturabilmeye olanak sağladığı görülmektedir. Yönergeleri özenli okuyan öğrencilerin isteneni anlamakta zorlanmadıkları görülmüştür. Yani çalışmada yönergelerin genel olarak anlaşılabilirlik düzeyinin iyi olduğu ortaya çıkmaktadır. Özdemir ve Sertsöz'ün (2006) çalışmasında, öğrencilerin matematikte okuduğu soruyu anlamasının önemli olduğu bulunmuştur. Yani öğrencinin soruyu okumasının ve okuduğunu anlamasının başarısı için önemli bir nokta olduğu görülmektedir.

Öğrenciler, somut materyalleri rahatlıkla oluşturabilmişlerdir. Somut materyalleri oluşturamayan öğrenci olmamıştır. Bu durumun aksi Gündoğdu Alaylı'nın (2012)



çalışmasında görülmektedir. Gündoğdu Alaylı'nın çalışmasında öğrenciler şekli oluşturmakta ve parçalarına ayırmakta zorlanmışlardır. Ayrıca Toptaş'ın (2008) çalışmasında ise, öğrencilerin etkinlikleri kendilerinin yaparak, yaşayarak öğrenmelerine ve keşfetmelerine öğretmenlerinin imkân vermediği, öğretmen merkezli eğitim gerçekleştirdiği ve bunun sonucunda öğrencilerin öğrenmelerinin olumsuz yönde etkilendiği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca öğrencilerin etkinlikleri kendilerinin yapmasının önemli olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda öğrenciler materyalleri tamamen kendileri yapmışlardır. Bu anlamda Topbaş'ın (2008) işaret ettiği öğrenme ortamı çalışmamızda oluşturulabilmiştir.

Öğrenciler etkinlikte kendi oluşturdukları materyallerin özelliklerini açıklayabilmişlerdir ve bu materyalleri açıklamalarında referans olarak kullanmışlardır. Kendilerine hazır hiçbir materyal verilmediği halde, kendi tasarladıkları cisimlerle ilgili akıl yürütmeyi başarılı bir şekilde yapabilmişler ve soyut düşünceye geçişi gerçekleştirebilmişlerdir. Bu durum Burkaz'ın (2012) çalışmasındaki öğrencilerin 3 boyutlu model sunmalarının bilgilerini somutlaştırmalarına katkı sağlaması sonucuyla benzerdir. Ayrıca Taş'ın (2016) çalışmasında öğrencilerin cisimleri 3D gözlük ve\veya yazılımlarla desteklenen çalışma yapraklarıyla öğretimin, öğrencileri daha başarılı ve öğrenmeyi daha etkili kıldığı sonuçlarıyla uyusmaktadır. Yılmaz'ın (2011) çalışmasında, soyutlama ve genelleme yaparken görselleştirmeye (somut materyallerde dâhil olmak üzere) sıklıkla başvurulması gerektiği sonucu ise, çalışmamızdaki somut düşünceden soyut düşünceye geçişin bu şekilde sağlanabilmesi sonucunu desteklenmektedir. Karaaslan'ın (2013) çalışmasında elde edilen sonuçlara göre de, geometrik yazılımlarla görselleştirme öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerini olumlu yönde etkilemiştir. Bu sonuç ise, çalışmamızdaki öğrencinin cismi 3 boyutlu olarak kendisinin oluşturmasının, yani görselleştirmenin gerçekleştirilmesinin, uzamsal akıl yürütmeyi olumlu etkilediği sonucuyla uyusmaktadır.

Öğrencilerin oluşturdukları ve kendilerine verilen somut materyalleri (diyaloglarında ve çalışma yapraklarına verdikleri cevaplarda görüldüğü gibi) genel olarak doğru yorumlayabildikleri ve somut düşünceden soyut düşünceye geçebildikleri anlaşılmaktadır. Eğer cisim oluştururken bir hata yaparlarsa da bunu kendilerinin fark edip, 3D kalemle pratik bir biçimde düzelttikleri görülmüştür. Çalışma yaprağı destekli hazırladıkları 3D materyaller sayesinde öğrencilerin hatalarını çabuk fark ederek düzeltebilmeleri imkanı olduğu görülmektedir. Öğrencilerin yanlışlarını nasıl düzelteceklerini fark etmeleri uzamsal akıl



yürütme becerilerini kullandıklarını ve geliştirdiklerini göstermektedir. Bu düşünce Burkaz'ın (2012) çalışmasındaki öğrencilerin 3 boyutlu model sunmalarının-yani cismi açıklamalarının, yorumlamalarının-bilgilerini somutlaştırmalarına katkı sağlaması sonucuyla benzerdir.

Etkinlik sürecinde öğrencilerin sık sık birbirlerinin ön bilgilerini tamamlayarak ve/veya birleştirerek cevaplamalar yaptıkları görülmüştür. Bu durum çalışma yapraklarının; somut materyallerin incelenerek yorumlanması ve ön bilgilerin kullanılabilmesi noktalarında yönlendirici olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle istenen formülleri keşfetme sürecinde hem ön bilgileri hem de bu süreçten biraz öncesinde, ÇY ve somut materyal sayesinde, edindikleri bilgileri kullanabilmelerini sağlamaktadır. ÇY'lerdeki keşfetme aşamalarının, öğrencilerin istenilen formülü keşfetmelerine ve yorumlayabilmelerine destek olduğu ortaya çıkmıştır. Kendi oluşturdukları materyali iyi bir şekilde yorumlayabilme durumu sayesinde, parçadan bütünü bulma ya da benzerlikten faydalanma aracılığıyla formülleri yorumlayabilme becerisini kullanabildikleri görülmüştür. Formülleri keşfetmelerinin öğrencilerin kendilerine güvenmelerini sağladığı görülmüştür. Öğrenciler kendilerinden istenilen çözümlerde genel olarak hesaplamayla, işlemle cevap vermişlerdir. Bu durumdan dolayı öğrencilerin matematik dersini işlem-sayısal odaklı gördükleri anlaşılmaktadır. Bu çalışma öğrencilerin matematikte işlem dışında farklı olguların olduğunu da benimsemelerini sağlamıştır. Bu durum Burkaz'ın (2012), öğrencilerin 3 boyutlu materyal oluşturmalarının öğrenmelerine fırsat sunması sonucunu desteklemektedir. Ayrıca Güngör'ün (2005) çalışmasındaki gibi, öğrencilerin materyalleri kendilerinin oluşturuyor olmalarının başarılarını arttırdığı sonucuyla da benzerdir.

Genel bir değerlendirmede bulunursak; çalışmada 3D yazıcı kalem teknolojisi ve ona yardımcı olan araç gereçlerle desteklenen çalışma yaprağıyla birlikte öğrenciler 2 ve 3 boyutlu somut materyaller oluşturabilmişlerdir ve bu sayede matematiksel deneyim de edinebilmişlerdir. Üstelik bu materyalleri, 3D yazıcı kalemle çok pratik bir şekilde hayata geçirebilmişlerdir. Kendilerinden istendiği zaman veya kendileri istedikleri zaman cisim üzerinde ekleme ya da eksiltme-parçalarına ayırma işlemlerini gerçekleştirebilmişlerdir. Oluşturdukları bir cismi pratik bir şekilde keserek farklı bir cisim haline getirebilmişlerdir. Bu şekilde kavramları daha rahat düşünebilmiş ve kavramla ilgili gerekli temel deneyimleri kazanabilmişlerdir. Öğrencilerin materyali oluşturması esnasında; öğrencilerin arasında fikir alışverişinin gerçekleşmesi, kavramla ilgili ön bilgileri veya yeni fikirleri ve bunları



tartışmaları, yanlışları, uzamsal düşünme becerilerini kullanmaları, farklı yapılar oluşturma isteği ve becerisi gibi pek çok bilişsel, devinişsel ve duyuşsal davranışın gözlemlenmesi imkânı olmaktadır.

Çalışma yapraklarındaki yönergelerin somut düşünceden soyut düşünceye geçme ve uzamsal akıl yürütme süreçlerini olumlu yöneten ve destekleyen bir yapısı olduğu ortaya çıkmaktadır. Tüm bu yönleriyle 3D yazıcı kalemle uyumlu tasarlanmış çalışma yapraklarının, öğrenci merkezli eğitime hemen her açıdan büyük destek sağlayacağı açıktır.

İleride gerçekleştirilebilecek araştırmalar için;

- 1) Yeni teknolojilerin takip edilerek, eğitim-öğretimde kullanılabilirliklerinin araştırılıp-örneklendirilmesi önerilmektedir.
- 2) İlköğretimde ve ortaöğretimde, tüm 2 boyutlu şekiller ve 3 boyutlu cisimlerin işlendiği konularda 3D yazıcı kalem kullanılabilir. Köşegen, kenarortay, açıortay, doğru, doğru parçası, ışın vs. konularında; 2 ve 3 boyutlu simetride; fonksiyonlar konusunda (tek çift fonksiyonlar gibi); cismin yüzey alanının artması veya azalması sorularında 3D kalem kullanımının etkili olabileceği araştırılabilir.
- 3) Öğretmen adaylarına ve formasyon öğrencilerine, materyal tasarımı ve özel öğretim yöntemleri gibi derslerde, 3D yazıcı kalem kullanılabilir.
- 4) Öğretmenlere, kısa süreli hizmet içi kurslarla, 3D kalemle uyumlu ÇY etkinlikleri oluşturabilmeleri için kalemin kullanımı öğretilir.

Makalenin Bilimdeki Konumu (Yeri)

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalı

Makalenin Bilimdeki Özgünlüğü

3D yazıcı kalemle uyumlu çalışma yapraklarının eğitim alanında kullanılmasıyla ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak 2 boyutlu araçlarla 3 boyutlu cisimlerin öğretiminin gerçekleştirilmeye çalışılması, matematikte soyut aşamalara geçiş için gerekli basamaklarda sorunlar oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Çünkü 3 boyutlu cisimlerin tüm özellikleriyle algılanabilmesinde 2 boyutlu araçlar yetersiz kalabilmektedir. Fakat 3D yazıcı kalemle uyumlu çalışma yapraklarıyla öğrencilerin cisimleri kendileri oluşturarak, cismin tüm özelliklerine hakim olabilecekleri düşünülmüş ve böylece bu boşluğun doldurulabilmesi için bu çalışma uygun görülmüştür. Üstelik bu çalışma, matematik başta olmak üzere pek çok bransa da (çalışmanın mantıksal akışı yönüyle) örnek içerebilecek içeriğe sahiptir.



Kaynakça

- Baki, A. (1996). Matematik öğretiminde bilgisayar her şey midir? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12, 135-143.
- Burkaz, S. (2012). *Fen ve teknoloji öğretiminde üç boyutlu modellerin yapılandırmacı öğrenme ortamında kullanımı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. New York: Sage.
- Gür, Y. (2017). 3 boyutlu masa üstü yazıcı ile matematiksel bir modelden gerçek bir nesnenin dijital üretimi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 237-245.
- Gürbüz, R. (2006). Olasılık kavramlarıyla ilgili geliştirilen öğretim materyallerinin öğrencilerin kavramsal gelişimine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 59-68.
- Gündoğdu Alaylı, F. (2012). *Geometride şekil oluşturma ve şekli parçalarına ayırma çalışmalarında ilköğretim 6. 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin düşünme süreçlerinin incelenmesi ve bu süreçteki düzeylerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hirstein, James J. (1981). The second national assessment in mathematics: area and volume. *Mathematics Teacher*. National Council of Teachers of Mathematics, 74(9), 704-708.
- İbili, E. ve Şahin, S. (2013). Artırılmış gerçeklik ile interaktif 3d geometri kitabı yazılımının tasarımı ve geliştirilmesi: ARGE3D. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13, 1-8.
- Kandemir, M. A. (2011). *Modelleme etkinliklerinin öğrencilerin duyuşsal özelliklerine problem çözme ve teknolojiye ilişkin düşüncelerine etkisinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Karaaslan, G. (2013). *Geometri dersine yönelik dinamik geometri yazılımlarıyla hazırlanan etkinliklerin öğrencilerin akademik başarısı ve uzamsal yetenekleri bağlamında incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç Ekici, Ö. (2012). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 541, 24-29.



- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2009a). İlköğretim matematik dersi (1-5. sınıflar) öğretim programı. Ankara: MEB.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2009b). İlköğretim matematik dersi (6-8. sınıflar) öğretimi programı ve kılavuzu. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü Basımevi.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). Talim terbiye kurulu başkanlığı, 2018 tarihli ortaöğretim matematik dersi 9.,10.,11. ve 12. sınıflar öğretim programı. Ankara: MEB.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: NCTM.
- Ormancı, Ü. ve Şaşmaz Ören, F. (2010). Çalışma yapraklarının yararları, sınırlılıkları ve kullanımına ilişkin sınıf öğretmeni adaylarının görüşleri. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, 11(13), 326-337.
- Özdemir, A. Ş. ve Sertsöz, T. (2006). Okuduğunu anlama davranışının kazandırılmasının matematik başarısına etkisi. *Eğitim Bilimleri Dergisi*, 23(23), 237-257.
- Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(1), 100-111.
- Taş, S. (2016). *Geometrik cisimler konusunun öğretiminde geogebra kullanımının akademik başarıya etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toptaş, V. (2008). Geometri öğretiminde sınıfta yapılan etkinlikler ile öğretme-öğrenme sürecinin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 7(1), 91-110.
- Tutak, T., Aydoğdu, M. ve Erşen, A. N. (2014). Materyal destekli matematik öğretiminin ortaokul 6. sınıf öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(3), 166-185.
- Tutak, T., Kılıçarslan, S., Akgül, A., Güder, Y. ve İç, Ü. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının somut öğretim nesnesi kullanımına yönelik bilgi düzeylerinin belirlenmesi. *X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, Niğde Üniversitesi, 27-30.
- Uslu, S. (2011). *İlköğretim u. kademedeki fen ve teknoloji öğretiminde çalışma yapraklarının akademik başarı üzerine etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman.



Yılmaz, R. (2011). *Matematiksel soyutlama ve genelleme süreçlerinde görselleştirme ve rolü*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Summary

Statement of Problem

New knowledge, opportunities and tools shape our perspective on mathematics, our expectations from mathematics, the way we use mathematics, and above all, our mathematical learning and teaching processes (MEB, 2018). New tools and opportunities support students' processes of constructing mathematical knowledge with multiple representations and materials.

Teaching material can be named as any kind of supporting an object to activate teaching and increase efficiency (Tutak, Aydoğdu and Erşen, 2014).

One of the materials that will make the student active in the learning environment is the worksheet. Especially worksheets supported with concrete material are a material that supports evaluation too as well as triggering learning.

One of the six principles of NCTM (2000) is the use of technology in school mathematics. Technology positively affects the learning and teaching of mathematics and improves students' learning. However, today, education and technology are squeezed between 2-dimensional notebook pages and 2-dimensional screens. In the field of geometry dominated by visualization, 2-dimensional tools are insufficient. These tools cannot provide the experience of examining 3D objects in all aspects. It is thought that today's technology can solve this serious problem with 3D printer technology (Kılıç Ekici, 2012). 3D printers can be widely used even in the production of extremely complex and complex parts that could not be produced with classical engineering methods (Gür, 2017; Kılıç Ekici, 2012). This technology can reveal objects that are converted to ".obj" format by software. However, it had not reached a dimension that a person draws personally and discovering all aspects while drawing. But continuously improving technology has also developed devices that enable us to do this. One of these is 3D printing pen technology. 3D printing pen works with 3D printer logic. But it is used by the person's himself almost with the logic of a pencil. In this way, the individual has created the 3-dimensional structure at every stage and can inspect every aspect. By providing the dramatic change mentioned by Baki (1996) may be possible with 3D printing pen



technology (using technology as a simulation tool to establish the students' self-knowledge). Having the student create the material herself/himself will provide an exploratory experience that can create this change.

The study was been started with the thought that using a 3D printing pen in mathematics lessons might be effective. Thus, it was thought that the application of solid objects, one of the subjects of geometry, could reveal the effectiveness of the 3D printing pen better. In this context, worksheets are prepared compatible with the 5E model and the 3D printing pen.

There was no literature, on the use of the 3D printing pen, in the education field. Thus, this gap in the literature will be filled with this study. In this context, this study was carried out to illustrate the use of a 3D printing pen in mathematics education and to examine their effectiveness.

Method

This is qualitative research. The study aims to examine the effects of the worksheet designed on the use of 3D printing pens. The object of the worksheet is the area of solid objects. It was carried out with case study methods.

The participants of the study consist of 12 students who are 10th-grade mathematics students. These 12 students were divided into 4 groups and group names were given as A, B, C, and D.

Content analysis and descriptive analysis were used in the analysis of the data. Data were evaluated under the following 10 main behaviors:

- a) To be able to create concrete material through instructions and with teacher guidance
- b) To be able to interpret the concrete material they create correctly
- c) Discovering and interpreting the desired formula through the concrete material and prior knowledge they create
- d) Peer influence
- e) Examining the problem occurring in the introduction of the worksheet
- f) Being able to make the transition from concrete to abstract
- g) Solving problems by thinking abstractly and spatial reasoning

- h) Understandability of the instructions
- i) Formation of intra-group and inter-group interaction
- j) Observing interest and love in the lesson

Findings

The findings obtained from Worksheet-1 are given in the table below.

Table 1. Table of Main Behaviors Seen in Worksheet-1

		Main Behaviors										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
5E Stages of ÇY	Excite-Engage	1., 2., 3., 4.Activity	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Explore	Question 5	2	10	-	2	-	7	6	4	9	6
		Question 6	-	1	6	2	-	1	1	2	1	1
	Explain	Question 7	-	3	2	2	1	3	1	1	3	3
	Elaborate	Question 8	3	5	-	2	-	5	6	2	4	2
	Evaluate	Question 9, stage a	-	1	-	1	-	-	6	1	1	1
		Question 9, stage b	-	-	-	-	-	-	4	1	1	-
	Total of Main Behaviors		5	20	8	9	1	16	24	12	19	14

It is seen in detail in Table 1 that each question (at least 2 main behaviors, maximum 9 main behaviors) touches on different aspects with 10 main behaviors. As a result, it is revealed that the 3D printing pen supported worksheet contains 10 main behaviors in a versatile and high level.

Conclusion, Discussion and Recommendation

In the study, students were able to create 2 and 3-dimensional solid objects with the worksheet supported by 3D printing pen technology. Students were able to gain mathematical experience. Moreover, they were able to use these materials practically. They were able to perform the operations of adding or subtracting whenever they wanted or wherever they wanted to parts on the object. If they want they were able to cut an object to turn it into a different object. In this way, they were able to think about the concepts carefully and gain the

necessary basic experience. During the students' creation of the material; they get the opportunity to observe many cognitive, psychomotor and affective behaviors. They get a chance to share ideas among the group and groups. Their prior knowledge or new ideas about a concept was discussed. Using their spatial thinking skills, they could create different structures.

It turns out that learning with worksheets students have an opportunity to transition from a solid concept to an abstract concept with spatial thinking and reasoning. Worksheets designed in harmony with the 3D printing pen will provide support to student-centered education in many ways.

For future research; it is suggested that new technologies should be followed and their usability in education should be researched and exemplified.

Ek: Çalışma Yaprağı

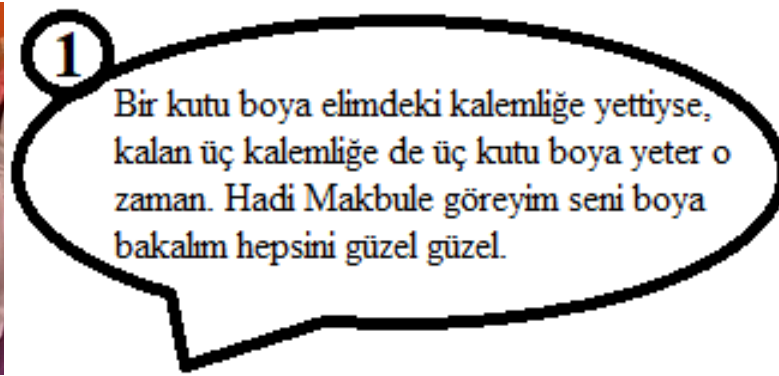
ÜÇGEN PRİZMAYA HARCANAN BOYA MİKTARI NEDEN DEĞİŞİR?

GRUP ADI:

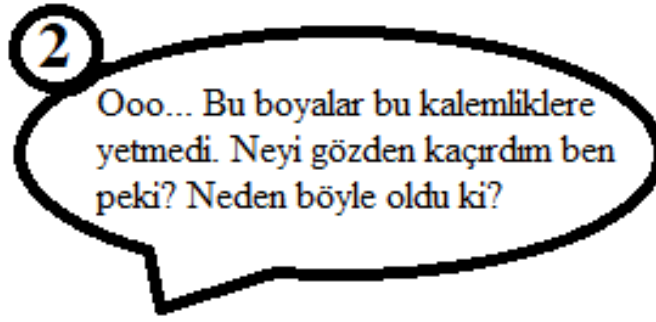
GRUP ÜYELERİNİN İSİMLERİ:

1. Makbule dekoratif eşyaları yenileyerek tekrar kullanılabilir olmasını hobi edinmiştir. Bu yeni hobisinde oldukça acemidir. Evde bulduğu dört tane üçgen prizma biçimdeki ahşap kalemligi boyayarak pratik yapacaktır. Kalemliklerden birinin dış yüzeyini boyadığında bir kutu boyanın bittiğini görür.

2.



3. Yaklaşık 2 Saat Sonra




4. Gelin Makbule' ye yardım edelim.

Sorunun sebebini bulabilmek için önce bizimde elimizde üçgen prizma bulunmalı. Hadi şimdi aşama aşama bir üçgen prizma oluşturalım.

5) i) Deftere 6-8-10 birim kenar uzunlukları olan bir dik üçgen çizin. Deftere çizdiğiniz dik üçgenin kenarlarının üzerinden 3D yazıcı kalemle geçerek oluşturun ve defterden ayırın. Aynı işlemi tekrar yapın.

ii) Şimdi elinizde iki adet 6-8-10 dik üçgeni var. Bu iki üçgeni, tablodaki şekli oluşturacak biçimde 3D yazıcı kalemle birleştirin.

Oluşan cismi çevirerek her açıdan inceleyin ve tablodaki soruları cevaplayın.

GEOMETRİK CİSİM	
CİSMİN ÖZELLİKLERİ	
Taban Şeklinin Adı	
Yanal Yüzey Şeklinin Adı	
Bir Taban Yüzeyinin Alanı	
Yanal Yüzeylerinin Alanları	
Hangi Yüzeyden Kaç Tane Var	
Cismin Tüm Yüzey Alanı	

6) Elinizde bulunan prizmanın yüzey alanını bulmak için gerekli olan yükseklikleri grup arkadaşlarınızla belirleyin. Sizce elinizdeki prizmanın alanı nasıl bulunabilir? Düşündüğünüz bir yöntemle prizmanın yüzey alanını aşağıya yazın. Lütfen dikkat edin; sizlerden işlem değil, yöntem ve formül istiyoruz.

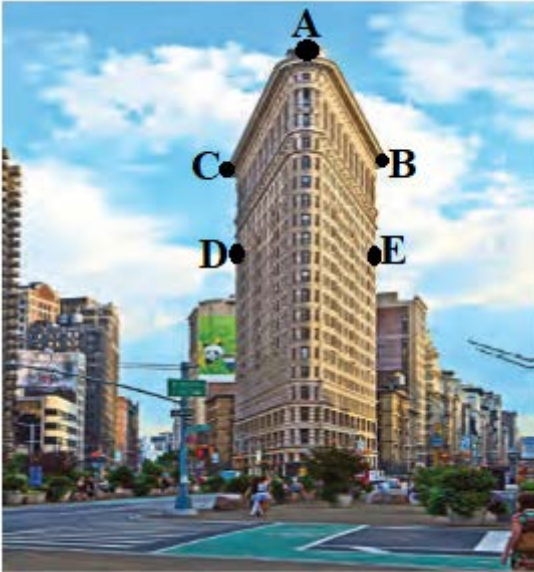
...

...

7) Oluşturduğunuz cisim doğrultusunda, aşağıdaki tabloda istenen bilgileri yazın.

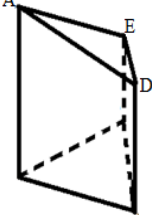
	GRUP ADI	YÜKSEKLİK	TABAN ALANI	TÜM YÜZEY ALANI

8)



Yandaki fotoğrafta 1902 yılında inşa edilmeye başlanan ve New York şehrinin ilk gökdeleni olan Flatiron (*Fletayn*) binası görülmektedir. Bina, ilk gökdelen olmasının yanında üçgen dik prizma şekliyle de ilgi çekmektedir. Bina tadilata alınacak olmasından dolayı yanıl yüzleri çevreye rahatsızlık vermemek için bezlerle çevrelenecektir.

Aşağıdaki tabloyu doldurun. Cevapları, cetvelle ölçerek santimetre cinsinden yazın.

<p>KENAR UZUNLUKLARI</p>	<p>CİSMİNİZ BU BİNA OLSAYDI ÇEVRELENMESİ İÇİN GEREKLİ OLAN BEZİN ALANI</p>	<p>ABCDE PRİZMASINI CİSMİNİZDEN KESİN (BE, $CD = 1$ cm). AŞAĞIDAKİ DURUMA GETİRDİĞİNİZ CİSMİNİZİN TÜM YÜZEY ALANI</p> 

9) a) Bir üçgen prizmasının farklı uzunluktaki ayrıtları 7, 12 ve 13 sayıları ile orantılıdır. Yüksekliği 48 cm dir. Prizmanın tüm alanı 4.860 cm^2 olduğuna göre en uzak iki köşesi arasındaki uzaklık kaç cm dir?



Yandaki şekilde yan yüzeyleri beşgen diğer yüzeyleri dikdörtgen olan bir çöp kutusu verilmiştir. Buna göre boyutları yandaki şekilde verilen çöp kutusunun *tamamının* yüzey alanı kaç cm^2 dir?