



## The Effect of Teaching Geometric Objects with Augmented Reality Applications on Students' Performance and Mathematics Attitudes

Temel Kösa<sup>1,a,\*</sup>, Emine Kurnaz Yaşar<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Fatih Faculty of Education, Trabzon University, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup>Graduate Education Institute, Trabzon University, Trabzon, Türkiye

\*Corresponding author

### Research Article

#### Acknowledgment

#### History

Received: 21/06/2024

Accepted: 08/08/2024



This paper was checked for plagiarism using iThenticate during the preview process and before publication.

Copyright © 2017 by Cumhuriyet University, Faculty of Education. All rights reserved.

### ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of teaching with GeoGebra 3D Calculator, an Augmented Reality (AR) application, on the performance and mathematical attitudes of 5th-grade students toward geometric objects. The study adopted a quasi-experimental method. The study sample consisted of 59 fifth-grade students at a public school in the city centre of Trabzon. There were 30 students in the experimental group and 29 in the control group. The data were collected using the Geometry Achievement Test and the Attitude Scale towards Mathematics for the experimental and control groups and the Augmented Reality Applications Attitude Scale for the experimental group only. Data were analysed using dependent and independent t-tests and analysis of covariance (ANCOVA). The study results showed a significant difference between the student's academic performance and attitude towards mathematics in the experimental group, where instruction was delivered using AR applications, and the students in the control group, where there was no specific intervention. The results also showed that teaching in the experimental group positively influenced students' attitudes towards using AR. The fact that AR technology concretizes abstract mathematical concepts and provides students with experiences in a different learning environment led to these results. In light of the research findings, the impact of AR applications should be analysed at various grade levels and in other disciplines.

**Keywords:** Academic achievement, attitude, augmented reality, GeoGebra 3D Calculator, geometric objects

## Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarıyla Geometrik Cisimlerin Öğretiminin Öğrencilerin Başarılarına ve Matematik Tutumlarına Etkisi

### Bilgi

\*Sorumlu yazar

### Süreç

Geliş: 21/06/2024

Kabul: 08/08/2024

Bu çalışma ön inceleme sürecinde ve yayımlanmadan önce iThenticate yazılımı ile taranmıştır.

### Copyright

This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

### Öz

Bu araştırmanın amacı, bir Artırılmış Gerçeklik (AG) uygulaması olan GeoGebra 3D Hesap Makinesi ile yürütülen derslerin 5. sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler konusundaki başarıları ve matematik tutumları üzerindeki etkilerini incelemektir. Çalışma, yarı deneysel yöntemle yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini, Trabzon il merkezinde bulunan bir devlet okulundaki 59 beşinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmanın deney grubunda 30, kontrol grubunda 29 öğrenci bulunmaktadır. Çalışmada veriler; "Geometri Başarı Testi", "Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği" ve "Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği" kullanılarak toplanmıştır. Verilerin analizinde bağımlı ve bağımsız t-testi ile kovaryans analizi (ANCOVA) kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, AG uygulamalarıyla destekli öğretimin yürütüldüğü deney grubu öğrencileri ile özel bir müdahalenin yapılmadığı kontrol grubu öğrencilerinin akademik başarı ve matematik tutumları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Yine araştırma sonuçları deney grubunda yürütülen derslerin öğrencilerin AG uygulamalarına yönelik tutumları üzerinde pozitif bir etki oluşturduğunu ortaya koymuştur. AG teknolojisinin soyut olan matematiksel kavramları somutlaştırması ve farklı öğrenme ortamında öğrencilere deneyimler yaşatmasının bu sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Araştırma sonuçları dikkate alındığında, AG uygulamalarının farklı sınıf seviyelerinde ve farklı disiplinlerdeki etkilerinin de incelenebileceği önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akademik başarı, Artırılmış Gerçeklik, GeoGebra 3D Hesap Makinesi, geometrik cisimler, tutum.

## Giriş

Düzlemde oluşturulan üç boyutlu (3B) statik modellerle çalışmak hem öğrencilerin kavramları görselleştirmelerini, geometrik şekiller arasındaki ilişkileri fark etmelerini zorlaştırmakta hem de konuya yönelik ilgiyi azaltmaktadır (Tachie, 2020). Bu nedenle, 3B geometri öğretiminde arzu edilen hedeflere istenilen düzeyde ulaşılamamaktadır.

Çocuklarda soyut işlemlere geçiş dönemi olan 10-12 yaş aralığı, soyut düşünme becerisinin yeni gelişmeye başladığı bir dönemdir (Kol, 2011). Yapılan araştırmalar bu dönemlerdeki çocukların 3B nesnelere zihinde canlandırarak onlarla işlemler yapma konusunda bir takım güçlükler yaşadığını ortaya koymaktadır (Iwano, Pereira ve Scherer, 2021; Segerby, 2023). Bu yaş gruplarındaki öğrencilerin yaşadıkları güçlükleri aşmak için öğretmenler çeşitli materyalleri ve teknolojileri derslerinde kullanmaktadır (Lai ve Cheong, 2022).

Teknolojinin eğitimde kullanılmasıyla birlikte yeni öğretim araçları ve yöntemleri ortaya çıkmıştır. Dinamik Geometri Yazılımları (DGY), Web 2.0 teknolojisi, sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları (VR/AR) bunlar arasında en çok dikkat çekenlerdendir (Borissova vd., 2022; Zakharov ve Zakharova, 2022). Bu teknolojiler geometri derslerinde görselleştirmeyi kolaylaştırmakta ve öğrenciler için ilgi çekici bir öğrenme ortamı oluşturabilmektedir (Zakharov ve Zakharova, 2022). Hem 2B hem de 3B geometrinin öğretiminde sıklıkla tercih edilen DGY'ler, inşa edilen modellerin boyutlarının değiştirilmesi, belirlenen noktaların hareket ettirilmesiyle model üzerinde yapılan değişiklikler geometrik yapıda bir değişiklik oluşturmadığından öğrencilere çeşitli durumları inceleme imkanı vererek keşif yoluyla öğrenmeyi sağlamaktadır (Kösa, 2011). 3B DGY'lerle bahsi geçen eksiklikler büyük oranda azaltılmış olsa da ortadan kaldırılamamıştır. Çünkü bilgisayar ekranındaki yazılımın sanal uzayında inşa edilen geometrik cisimlerin manipülasyonu fare ya da klavye aracılığıyla dolaylı etkileşimle gerçekleştirilmektedir (Pinho ve Moretti, 2020). DGY'lere göre daha etkileşimli, özgün ve ilgi çekici bir öğrenme deneyimi sağlayan Artırılmış Gerçeklik (AG) uygulamaları bu olumsuzlukları azaltmaya yarayan içerik imkanları sunmaktadır (Hwang, Nurtantayana, Purba ve Hariyanti, 2023).

İlk olarak 1968 yılında Harvard Üniversitesi bilgisayar araştırmacısı Ivan Sutherland tarafından geliştirilen AG teknolojisi, dijital ortamda oluşturulan sanal nesnelere gerçek dünyada eş zamanlı olarak görselleştirilmesini sağlayarak geometri eğitimi için çeşitli faydalar sağlamaktadır (Çetintav ve Yılmaz, 2023). Bu teknoloji öğrencilere kendi bilgi yapılarını oluşturmaları için fırsatlar sunmakta (Ghobadi, Shirowzhan, Ghiai, Ebrahimzadeh ve Tahmasebinia, 2022), öğrencilerin üç boyutluluğu kavramasını destekleyerek soyut kavramları somutlaştırmalarını sağlamakta, sıkıcı görünen geometri dersi için etkileşimli yeni ortamlar oluşturarak süreci ilgi çekici kılmakta ve dolayısıyla öğrencilerin bu derse yönelik olumlu tutum geliştirmelerini sağlamaktadır (Cahyono,

2018). AG uygulamaları matematik, fen bilimleri, coğrafya, tarih gibi farklı disiplinlerde yürütülen birçok çalışmaya konu olmuştur (Çetin, 2022). Farklı disiplinlerde AG uygulamalarının etkisinin araştırıldığı çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte her ne kadar özel olarak geometri derslerinde, ülkemizdeki AG uygulamalarının etkilerinin incelendiği çalışmalara (Şimşek, 2012; İbili, 2013; İbili ve Şahin, 2013; İbili ve Şahin, 2015; Gecü Parmaksız, 2017; Önal, İbili ve Çalışkan, 2017; Tosik Gün ve Atasoy, 2017; Topraklıkoğlu, 2018; Çetintav, 2023; İnce, 2023) rastlansa da özellikle soyut işlemler döneminin başı olan ortaokulun ilk yıllarındaki sınıf seviyelerinde çalışmaların az olması dikkat çekmektedir.

İbili (2013) AG uygulamaları kullanılarak geometrik cisimler konusunda gerçekleştirilen öğretimin 6. sınıf öğrencilerinin geometriye dair olumsuz tutumlarının olumlu yönde değişmesine, korku ve endişelerinin azaltılmasına imkan sağladığını ifade etmektedir. Topraklıkoğlu (2018) 7. sınıfta öğrencileriyle yaptığı çalışmada AG uygulamalarıyla zenginleştirilmiş geometri derslerinin öğrenciler için daha eğlenceli olduğu, öğrencilerin derslerde ilgi ve motivasyonlarının arttığı sonucuna ulaşmış ve AG uygulamalarının daha sıklıkla kullanılması gerektiğini önermiştir. İbili ve Şahin (2013) geliştirdikleri ARGE3D'nin 6. sınıf geometri konularının öğrenciler tarafından anlaşılmasını kolaylaştırdığını bununla birlikte bu yazılımın kullanımının bilgisayara yönelik tutumlarında anlamlı bir değişim oluşturmadığını ifade etmişlerdir. Gecü Parmaksız (2017) AG uygulamalarının okul öncesi dönemdeki çocuklara 3B cisimlerin öğretimi noktasında kolaylık sağladığını, çocuklarla birlikte ebeveynlerinin ve öğretmenlerin de AG uygulamalarının kullanımına dair olumlu düşüncelere sahip olduklarına dikkati çekmiştir. Çetintav (2023) AG uygulamalarıyla yapılan geometri öğretiminin 8. sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler konusundaki akademik başarıları üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu ifade etmiştir. Çil (2023) AG uygulamaları ile desteklenen geometri öğretiminin 9. sınıf öğrencilerinin kaygılarını azalttığı ve derse yönelik tutumlarını olumlu yönde değiştirdiğini belirlemiştir. İnce (2023) AG uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin geometri dersindeki öğrenmelerinin kalıcılığını arttırdığını ve AG uygulamalarına yönelik tutumlarını olumlu yönde değiştirdiğini ortaya koymuştur.

Geometri öğretimi öğrencilerin geometrik kavramları anlamalarını, geometrik ilişkiler kurmalarını, 3B cisimleri zihinlerinde canlandırabilmelerini amaçlamaktadır (Özçakır, 2017; Yolcu ve Kurtuluş, 2010). Öğrencilerin 3B cisimleri zihinde canlandırarak onlarla işlemler yapabilmeleri (açma, kapama, döndürme) için öğretim sürecinde bu cisimlerin hareketli olacak şekilde gösterilerek cisimlerle etkileşimli şekilde öğretimin yapılması oldukça önem taşımakta ve dolayısıyla burada AG kullanımının önemi ön plana çıkmaktadır (Yaniawati, Sudirman, Mellawaty, Indrawan ve Mubarika, 2023). Alanyazında, AG uygulamalarının geometri derslerinde

kullanımının öğrencilerin akademik başarılarını arttırdığını (Gün, 2014; Gün ve Atasoy, 2017; İnce, 2023; Çetintav, 2023) derslere yönelik motivasyonlarını yükselttiğini ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini (İbili, 2013; Bower, Howe, McCredie, Robinson ve Grover, 2014; Küçük, Yılmaz ve Göktaş, 2014; İbili ve Şahin, 2015; Topraklıkoğlu, 2018; Chen, 2019; Çil, 2023; İnce, 2023) ortaya çıkaran çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte Yıldız ve Elaldi (2023) AG uygulamalarının kullanımının geometri öğretiminde önemli katkıları olmasına rağmen bu alanda yapılmış yeterince çalışma olmadığına dikkat çekmiştir. Özmen (2019) özellikle somut dönemden soyut döneme geçiş sürecinin başında bulunan 5. sınıf öğrencilerinin 3B cisimlerin açık ve kapalı hallerini zihinlerinde canlandırmakta zorluk yaşadıklarını ifade etmiştir.

Bir DGY olan GeoGebra'nın 3B arayüzü aynı zamanda AG uygulamasına sahiptir. Bu uygulama, grafikleri ve 3B nesnelere gerçek dünya ortamlarında görüntülemekte ve gerçek dünya ile soyut matematik dünyasını birbirine bağlamaktadır (Tomaschko ve Hohenwarter, 2019). Kullanıcı, bu uygulama ekranı üzerinde matematiksel nesnelere oluşturabilmekte, herhangi bir yüzey belirledikten sonra bu yüzey üzerinde ekranda oluşturduğu nesneyi görüntüleyebilmekte ve nesnenin etrafında dolaşarak farklı açılardan görünümünü izleyebilmektedir. GeoGebra'nın bu özelliği sayesinde öğrenciler sanal 3B nesnelere doğrudan AG uygulamalarındaki gibi gerçek dünya nesnelere üzerinde modelleyebilmektedir (Trappmair ve Hohenwarter, 2019). Telefon ve tabletlerde GeoGebra 3D hesap makinesinin AG özelliklerini kullanarak öğrenciler, kendi çevrelerinde oluşturdukları nesnelere özelliklerini gerçek zamanlı olarak keşfetme ve bu nesnelere üzerinde bir takım manipülasyonlarda yapma fırsatına sahip olabilmektedir. (Szucs, Devine, Soltesz, Nobes ve Gabriel, 2013).

Kounlaxay, Shim, Kang, Kwak ve Kim (2021) öğretmenlerin derslerinde Geogebra AR'yi kullandıklarında 3B geometrik nesnelere öğrencilerin daha kolay kavradıklarını ve ayrıca öğretmenlerin bu uygulamayı kullandıklarında öğrencilerin motivasyonlarının ve katılımlarının arttığını fark ettiklerini ileri sürmektedir. Del Cerro Velázquez ve Morales Méndez (2021) ise GeoGebra AR'nin geometri derslerinde kullanımının 12. sınıf öğrencilerinin akademik performanslarını, motivasyonlarını ve uzamsal yeteneklerini olumlu yönde etkilediğini ifade etmiştir.

Bu araştırmada bir artırılmış gerçeklik uygulaması olan GeoGebra 3D Hesap Makinesi ile yürütülen derslerin öğrencilerin akademik başarı ve tutumları üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda bir mobil teknoloji uygulaması olan GeoGebra 3D Hesap Makinesi kullanılarak 5. sınıf düzeyinde geometrik cisimler konusunda AG uygulama materyalleri tasarlanmıştır. Tasarlanan öğrenme ortamının uygulanması ile aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır:

1. Geometrik cisimler konusuna yönelik GeoGebra 3D Hesap Makinesi'yle oluşturulan AG uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin geometri başarıları üzerindeki etkisi nedir?

2. Geometrik cisimler konusuna yönelik GeoGebra 3D Hesap Makinesi'yle oluşturulan AG uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin matematik dersine yönelik tutumuna etkisi nedir?
3. Geometrik cisimler konusuna yönelik GeoGebra 3D Hesap Makinesi'yle oluşturulan AG uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumuna etkisi nedir?

## Yöntem

### Araştırmanın Modeli

Çalışma deneysel araştırma metodolojilerinden biri olan yarı deneysel yöntemle yürütülmüştür. Deneysel yöntem, araştırmacının bağımsız değişkeni görmezden geldiği ve en az iki farklı durumda bağımlı değişkenlere dair değişikliklerin incelendiği bir yöntem türüdür (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2016). Yarı deneysel yöntemde uygulama öncesinde var olan gruplardan seçkisiz şekilde deney ve kontrol grupları belirlenmektedir. Bu yöntemde hazır olan gruplar, işlem gruplarına yansız atanırlar. Belirlenmiş olan gruplardan kontrol grubuna müdahale edilmezken deney grubunda etkisi araştırılmak istenen uygulama yapılır (Büyüköztürk, 2011). Bu araştırmada AG uygulamalarının öğrencilerin başarıları ve matematik tutumları üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlandığından, daha önceden oluşturulmuş iki sınıftan birinde AG uygulamalarının yürütülmesi diğer grubun ise kontrol grubu olarak düşünülmesi sebebiyle çalışmanın doğasının yarı deneysel yöntemde uygun olduğu düşünülmüştür.

### Çalışma Grubu

Çalışma bir deney ve bir kontrol grubundan oluşmaktadır. Katılımcılar Trabzon ilindeki bir devlet okulundaki 59 beşinci sınıf öğrencisidir. Çalışmanın deney grubunda 30, kontrol grubunda 29 öğrenci vardır. Deney ve kontrol grupları rastgele atanmıştır. Katılımcılar yapılan uygulamaların bir araştırma kapsamında yürütüldüğü ve değerlendirme testlerindeki performanslarının karne notlarına etki etmeyeceği konusunda bilgilendirilmiştir.

Çalışmanın başında her iki gruptaki öğrencilerin Geometri Başarı Testi (GBT) ve Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği'nden (MYTÖ) aldıkları puanların normal dağılım sergileyip sergilemediğini ortaya çıkarmak için Skewness ve Kurtosis değerleri hesaplanmıştır. Ön test olarak uygulanan GBT ve MYTÖ'ye yönelik örneklem sayıları, alınan minimum ve maksimum puanlar, aritmetik ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerlerine yönelik veriler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1'deki GBT ve MYTÖ ön test verilerine ait Skewness ve Kurtosis değerleri incelendiğinde her iki grup için bu değerlerin -1.5 ile +1.5 aralığında olduğu görülmektedir. Tabachnick, Fidell ve Ullman (2013)'a göre bu değerlerin -1.5 ile +1.5 aralığında olması grubun normal dağılım sergilediği şeklinde değerlendirilir. Bu bağlamda grupların normal dağılım sergilediği kabul edilmiştir.

Çizelge 1. GBT ve MYTÖ ön test puanlarının betimsel istatistik sonuçları

| Test | Grup    | n  | min | max | $\bar{x}$ | SS    | Skewness | Kurtosis |
|------|---------|----|-----|-----|-----------|-------|----------|----------|
| GBT  | Deney   | 30 | 3   | 12  | 7.43      | 2.28  | .024     | -.65     |
|      | Kontrol | 29 | 3   | 11  | 6.68      | 2.39  | .17      | -1.25    |
| MYTÖ | Deney   | 30 | 47  | 101 | 83.06     | 17.78 | -.87     | -.81     |
|      | Kontrol | 29 | 45  | 101 | 78.82     | 20.50 | -.58     | -1.29    |

### Veri Toplama Araçları

Çalışmada öğrencilerin geometri dersindeki başarılarını belirlemek için Geometri Başarı Testi (GBT), matematik tutumlarını belirlemek için Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği (MYTÖ) ve artırılmış gerçeklik uygulamalarına dair tutumlarını ortaya çıkarmak için ise Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği (AGUTÖ) gerekli izinler alınarak kullanılmıştır.

Geometri Başarı Testi (GBT), beşinci sınıf öğrencilerinin prizmalar konusundaki başarılarını belirlemek amacıyla Özmen (2019) tarafından geliştirilmiştir. 25 sorudan oluşan bu testin KR-20 güvenilirlik katsayısı 0,84 olarak bulunmuştur (Özmen, 2019). Büyüköztürk (2011), bir başarı testinin güvenilirlik katsayısının 0,70 ve daha büyük olmasının testin güvenilirliği adına yeterli olduğunu ifade etmiştir.

Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği (MYTÖ), 22 maddelik dört faktörlü 5'li Likert tipi bir ölçektir. MYTÖ "ilgi", "kaygı", "çalışma" ve "gereklilik" faktörlerinden oluşmaktadır. Ölçek, Önal (2013) tarafından geliştirilmiştir. Ölçeğin maddeleri, beşli likert tipi olup "Tamamen Katılıyorum", "Katılıyorum", "Kararsızım", "Katılmıyorum" ve "Kesinlikle Katılmıyorum" biçimindedir. Ölçeğin Cronbach's alpha katsayısı 0.90 olarak hesaplanmıştır.

Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği (AGUTÖ) 15 maddelik üç faktörlü beşli likert tipi şeklindedir. Ölçek; Küçük, Yılmaz, Baydaş ve Göktaş (2014) tarafından geliştirilmiştir. Ölçeğin yapı geçerliğini sağlamak için araştırmacılar önce açıklayıcı ardından doğrulayıcı faktör analizi yapmıştır. Ölçeğe ait Cronbach alpha katsayısı 0.835 olarak hesaplanmıştır.

### Veri Analizi

Çalışmadan elde edilen veriler SPSS programıyla analiz edilmiştir. Verilerin analizinde ilk olarak grupların normal dağılım sergileyip sergilemedikleri kontrol edilmiştir. Normallik testi sonuçları her iki grubun da normal dağıldığını gösterdiğinden, verilerin analizinde parametrik analiz teknikleri kullanılmıştır. Verilerin analiz edilirken bağımlı ve bağımsız t-testi ile kovaryans analizi kullanılmıştır.

### Süreç ve Materyaller

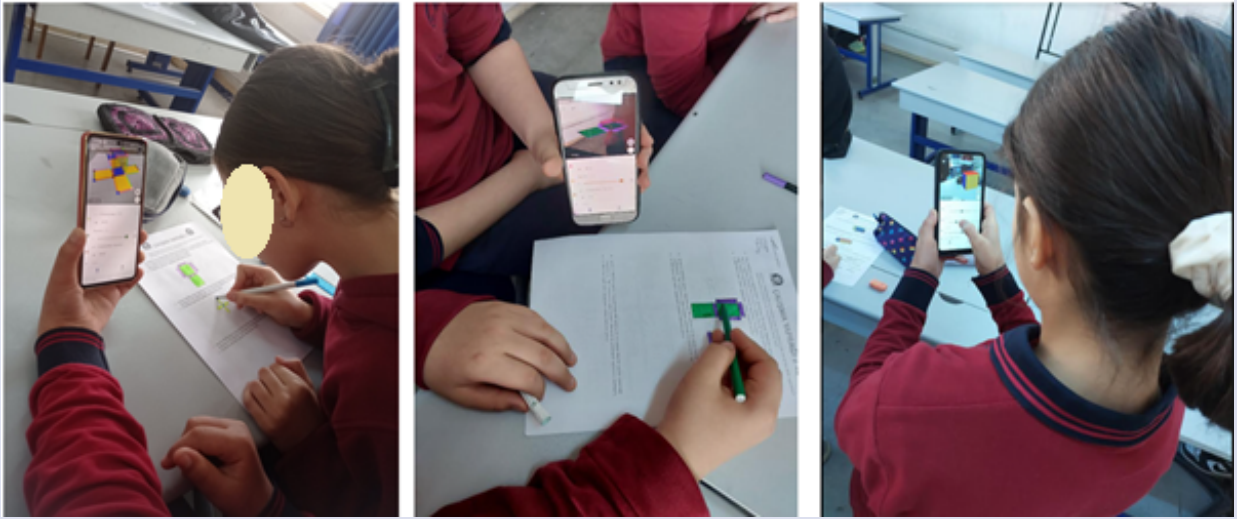
Deney grubundaki öğrencilerin kullandıkları çalışma yapıları; konuyla ilgili alanyazın, matematik öğretim programı, ders kitabı ve yardımcı kaynaklar incelendikten sonra, GeoGebra 3D Hesap Makinesi ile desteklenen bir

öğrenme ortamına uygun olacak şekilde geliştirilmiştir. Çalışma için 3 adet çalışma yaprağı hazırlanmıştır. Çalışma yapılarında dikdörtgenler prizmasının temel elemanları, yüzey açınımları ve yüzey alanlarının hesaplanması ile ilgili etkinlikler bulunmaktadır. Bu etkinlikler matematik eğitimi alanında doktora yapmış iki araştırmacı tarafından incelenmiş ve geri bildirimler doğrultusunda soru ve yönergelerin dilinin sadeleştirilip daha anlaşılır hale getirilmesi ve prizmaların kenar uzunluklarının sürgüye bağlı olarak değiştirilmesi sonucunda oluşan değişikliklerin daha net belirlenmesi için tabloların eklenmesi gibi değişiklikler yapılmıştır. Hazırlanan çalışma yapılarının ilişkili olduğu kazanımlar aşağıdaki gibidir:

- Birinci Çalışma Yaprağı: "Dikdörtgenler prizmasını tanıy ve temel özelliklerini belirler."
- İkinci Çalışma Yaprağı: "Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir."
- Üçüncü Çalışma Yaprağı: "Dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını hesaplamayı gerektiren problemleri çözer. Küp ve kare prizma, dikdörtgenler prizmasının özel durumları olarak ele alınır."

Uygulama öncesinde, hazırlanan etkinliklerin işlevselliğini ölçmek ve uygulama sırasında ortaya çıkabilecek olası problemleri tespit etmek amacıyla pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma aynı okuldan farklı bir sınıftaki 21 beşinci sınıf öğrencisi ile yürütülmüştür. GeoGebra 3D Hesap Makinesi öğrencilerin akıllı telefonlarına/tabletlerine indirilmiş ve öğrencilere uygulamanın nasıl kullanılacağı anlatılmıştır. Araştırmacıardan biri tarafından örnek bir etkinlik öğrencilerle birlikte yapılmıştır. Daha sonra öğrencilere gerektiğinde rehberlik edilerek onların görevleri bağımsız olarak gerçekleştirmeleri sağlanmıştır. Bir saati AG alıştırılmalarına ayrılan toplam altı ders saati süren bu etkinliklerde öğrenciler üçer kişilik gruplar halinde akıllı telefonlarını/tabletlerini ve kendilerine verilen çalışma kâğıtlarını kullanarak çalışmışlardır. Bu şekilde öğrenciler, grup çalışmasıyla bir öğrenme ortamında sınıf arkadaşlarıyla işbirliği içinde etkinlikleri gerçekleştirmişlerdir. Pilot çalışma sırasında, çalışma kâğıtlarındaki bazı ifadelerin net bir şekilde anlaşılmadığı tespit edilmiştir. Bu yönergeler daha anlaşılır hale getirilmiştir.





Resim 1. Deney grubundaki öğrenme ortamından görüntüler

Asıl çalışmanın başında her iki gruptaki öğrencilere GBT ve MYTÖ ön test şeklinde uygulanmıştır. AGUTÖ sadece deney grubundaki öğrenciler için ön test olarak kullanılmıştır. Öğretmen faktöründen kaynaklanabilecek uygulama farklılıklarını engellemek için deney ve kontrol gruplarında dersi veren öğretmenin aynı kişi olması sağlanmıştır. Deney grubunda öğretim, araştırmacılar tarafından hazırlanan çalışma yapıları kullanılarak yapılmıştır. Deney grubundaki öğrenciler uygulamalara başlamadan önce bir ders boyunca GeoGebra 3D Hesap Makinesini kullanarak pratik yapmışlardır. Deney grubunda kullanılan çalışma kâğıtları grup çalışmasına uygun şekilde tasarlanmış ve uygulamalar sırasında pilot çalışmada olduğu gibi üç öğrenci bir adet akıllı telefon/tablet kullanmıştır. Deney grubundaki öğretim sürecinde öğretmen bilgiyi keşfetmede öğrencilere rehberlik ederken; öğrenciler uygulama boyunca araştırma, tartışma, soru sorma ve bilgi edinmek için gerekli kaynakları etkin bir şekilde kullanma rollerini üstlenmişlerdir. Deney grubundaki öğrenciler çalışma yapılarını tamamlarken öğrenme ortamından bazı görüntüler Resim 1' de gösterilmiştir.

Deney grubunda, uygulamalar sırasında öğrenciler çalışma yapılarındaki yönergeleri takip ederek akıllı telefon/tabletlerinden GeoGebra 3D Hesap Makinesi uygulamasında sürgüleri kullanmışlardır. Bu yolla prizmaların boyutlarını değiştirmişler, açınımlarını yapmışlar, prizmaların etrafında dolaşma imkanı bulmuşlar ve ardından çalışma yapılarındaki ilgili kısımları doldurmuşlardır. Öğrencilerin üzerinde çalıştıkları çalışma kâğıtlarından biri ve akıllı telefon/tabletlerindeki GeoGebra 3D Hesap Makinesi

uygulamasından eş zamanlı olarak açtıkları AG görüntüsü bir arada araştırmanın sonunda Ek 1' de sunulmuştur.

Kontrol grubunda dersler aynı öğretmen tarafından ders kitabından ve yardımcı kaynaklardan yararlanılarak yürütülmüştür. Öğretmen, çoğunlukla tahtayı kullanmış ve öğrencilerden tahtaya çizdiği şekilleri defterlerine aktarmalarını ve sorduğu soruları cevaplamalarını istemiştir. Bu süreçte öğretmen çoğunlukla anlatım ve soru cevap yöntemlerinden faydalanmıştır.

Deney grubunda uygulamalar toplam 7 ders saati (1 ders saati GeoGebra 3D Hesap Makinesi'nin AG uygulamasını kullanmaya yönelik), kontrol grubunda ise 6 ders saati sürmüştür. Sürecin sonunda GBT ve MYTÖ her iki gruba da sontest olarak uygulanmıştır. AGUTÖ, deney grubunda sontest olarak tekrar uygulanmıştır.

## Bulgular

Deney ve kontrol gruplarında, yapılacak öğretimden önce grupların GBT ön test puanları arasında bir fark bulunup bulunmadığını belirlemek için gruplardan elde edilen öntest puanlarına bağımsız t testi uygulanmıştır. Çizelge 2' de bağımsız t testi sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 2' den de görüldüğü gibi deney grubu öğrencilerinin GBT öntest puan ortalaması  $\bar{x} = 7.43$  ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test puan ortalaması  $\bar{x} = 6.68$ ' dir. Ön test verileri için yapılan bağımsız t testi sonucuna göre gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur ( $t = 1.22$   $p > .05$ ). Bu sonuç araştırmanın başında iki grubun akademik başarılarının birbirine yakın olduğunu, başka bir ifadeyle denk olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Grupların GBT ön test puanlarına ait bağımsız t-testi sonuçları

| GBT     | Grup    | n  | $\bar{x}$ | SS   | t    | p   |
|---------|---------|----|-----------|------|------|-----|
| Ön test | Deney   | 30 | 7.43      | 2.28 | 1.22 | .22 |
|         | Kontrol | 29 | 6.68      | 2.39 |      |     |

Çizelge 3. Deney grubunun ön ve son GBT puanlarına ait eşleştirilmiş t-testi sonuçları

| GBT     | n  | $\bar{x}$ | SS   | t      | p   |
|---------|----|-----------|------|--------|-----|
| Öntest  | 30 | 7.43      | 2.28 | -26.47 | .00 |
| Sontest | 30 | 15.26     | 3.42 |        |     |

Çizelge 4. Kontrol grubunun ön ve son GBT puanlarına ait eşleştirilmiş t-testi sonuçları

| GBT     | n  | $\bar{x}$ | SS   | t      | p   |
|---------|----|-----------|------|--------|-----|
| Öntest  | 29 | 6.68      | 2.39 | -18.02 | .00 |
| Sontest | 29 | 12.72     | 3.65 |        |     |

Çizelge 5. GBT son test puanlarına dair betimsel istatistik sonuçları

| Grup          | n  | Son test puanı |      | Düzeltilmiş son test puanı |     |
|---------------|----|----------------|------|----------------------------|-----|
|               |    | $\bar{x}$      | SS   | $\bar{x}_d$                | SH  |
| Deney grubu   | 30 | 15.26          | 3.42 | 14.76                      | .27 |
| Kontrol grubu | 29 | 12.72          | 3.65 | 13.24                      | .27 |
| Toplam        | 59 | 14.01          | 3.73 |                            |     |

$\bar{x}_d$ : düzeltilmiş son test puan ortalaması

Çizelge 6. GBT son test puanlarına dair ANCOVA sonuçları

| Varyansın Kaynağı | Kareler toplamı | df | Kareler ortalaması | F      | p   | Etki büyüklüğü (eta kare) |
|-------------------|-----------------|----|--------------------|--------|-----|---------------------------|
| GBT ön test       | 590.82          | 1  | 590.82             | 269.34 | .00 | .82                       |
| Grup              | 33.13           | 1  | 33.13              | 15.10  | .00 | .21                       |
| Hata              | 122.83          | 56 | 2.19               |        |     |                           |
| Toplam            | 12401.00        | 59 |                    |        |     |                           |

Deney grubunda yürütülen AG uygulamaları sonrasında öğrencilerin akademik başarılarında bir ilerleme gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek için öğrencilerin ön test ve son testten aldıkları puanlara, eşleştirilmiş t testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3'ten de görüldüğü üzere deney grubunda AG uygulamalarının yapıldığı 30 öğrencinin GBT ön test puan ortalaması  $\bar{x}=7.43$  ve son test puan ortalaması  $\bar{x}=15.26$  olarak hesaplanmıştır. Ön ve son test verileriyle yapılan eşleştirilmiş t testi sonuçları, deney grubundaki öğrencilerin GBT puan ortalamaları arasında istatistiksel açıdan son test lehinde anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ( $t=-26.47$   $p<.05$ ). Bu durum yapılan AG destekli etkinliklerin öğrencilerin akademik başarılarını pozitif olarak etkilediğini göstermektedir. Deney grubunda yapılan uygulamalarda öğrencilerin GeoGebra 3D Hesap Makinesi ekranında oluşturdukları geometrik cisimlerin AG görüntüleri etrafında gezinerek, cisimlerin açık ve kapalı görünümünü gözlemlemeleri, onlarda doğru ve geçerli algılar oluşturarak daha anlamlı öğrenmeler yaşatıp akademik başarılarında artışa yol açan etki oluşturduğu düşünülmektedir.

Kontrol grubunda işlenen dersler sonrasında öğrencilerin akademik başarılarında bir ilerleme gerçekleşip gerçekleşmediğini ortaya koymak için öğrencilerin ön ve sontest puanlarına eşleştirilmiş t testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4'ten, kontrol grubunda bulunan 29 öğrencinin GBT ön test puan ortalamasının  $\bar{x}=6.68$  ve son

test puan ortalamasının  $\bar{x}=12.72$  olduğu görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin GBT ön ve son testlerine uygulanan eşleştirilmiş t testi sonuçları, son test lehinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ( $t=-18.02$   $p<.05$ ). Bu durum, kontrol grubunda işlenen derslerin de öğrencilerin akademik başarılarını geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle kontrol grubunda da yürütülen derslerin öğrencilerin konuyla ilgili öğrenmeleri üzerinde pozitif bir etki oluşturduğu söylenebilir.

Grupların GBT son test puanları arasında bir fark bulunup bulunmadığını, fark varsa ortaya çıkan farkın deney grubunda yapılan uygulamalardan mı kaynaklandığını ortaya koymak için ön test puanları kontrol altına alınarak kovaryans analizi yapılmıştır. Son test ve düzeltilmiş son test GBT ortalamalarını gösteren betimsel sonuçlar Çizelge 5'te sunulmuştur. Çizelge 6'da yapılan kovaryans analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5'ten deney grubunun hem sontest puan ortalamasının hem de düzeltilmiş puan ortalamasının kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Çizelge 6'daki ANCOVA sonuçları, AG uygulamalarının yapıldığı deney grubu ile özel bir müdahalede bulunulmayan kontrol grubunun ön test verileri kontrol altında tutulduğunda son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir [ $F_{(1-56)} = 15.10$ ,  $p<.05$ ]. Bu durum, deney grubuyla yürütülen AG uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına katkısının kontrol grubunda işlenen derslere nazaran daha fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 7. Öğrencilerin MYTÖ ön test puanlarına dair yapılan bağımsız t-testi sonuçları

| GBT     | Grup    | n  | $\bar{x}$ | SS    | t   | p   |
|---------|---------|----|-----------|-------|-----|-----|
| Ön test | Deney   | 30 | 83.06     | 17.78 | .73 | .46 |
|         | Kontrol | 29 | 79.34     | 20.90 |     |     |

Çizelge 8. Deney grubu öğrencilerinin ön ve son MYTÖ puanlarına dair eşleştirilmiş t-testi sonuçları

| GBT      | n  | $\bar{x}$ | SS   | t      | p   |
|----------|----|-----------|------|--------|-----|
| Ön test  | 30 | 7.43      | 2.28 | -26.47 | .00 |
| Son test | 30 | 15.26     | 3.42 |        |     |

Çizelge 9. Kontrol grubu öğrencilerinin ön ve son MYTÖ puanların yönelik eşleştirilmiş t-testi sonuçları

| GBT     | n  | $\bar{x}$ | SS    | t     | p   |
|---------|----|-----------|-------|-------|-----|
| Öntest  | 29 | 79.34     | 20.90 | -1.44 | .16 |
| Sontest | 29 | 80.55     | 21.22 |       |     |

Çizelge 10. Öğrencilerin MYTÖ son test puanları için yapılan bağımsız t-testi sonuçları

| MTÖ     | Grup    | n  | $\bar{x}$ | SS    | t    | p   |
|---------|---------|----|-----------|-------|------|-----|
| Sontest | Deney   | 30 | 93.23     | 12.26 | 2.79 | .00 |
|         | Kontrol | 29 | 80.55     | 21.22 |      |     |

Deney ve kontrol gruplarında yapılacak olan öğretimden önce MYTÖ ön test puanları arasında bir fark bulunup bulunmadığını ortaya koymak için öğrencilerin ön test puanlarına bağımsız t testi analizi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çalışma başında her iki gruptaki öğrencilere uygulanan MYTÖ ölçeğinden, deney grubundaki öğrencilerin matematik tutum puan ortalaması  $\bar{x} = 83.06$  ve kontrol grubu öğrencilerinin tutum puan ortalaması  $\bar{x} = 79.34$  olarak çıkmıştır. Ön test MYTÖ puanlarına yapılan bağımsız t testi sonuçları gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermiştir ( $t = .73$   $p > .05$ ). Başka bir ifadeyle çalışmanın başlangıcında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematiğe yönelik tutumları denktir.

Deney grubunda yapılan AG uygulamalarının öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında bir değişim meydana getirip getirmediğini bulmak için öğrencilerin ön ve son test puanlarına, eşleştirilmiş t testi analizi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8' den AG uygulamalarının yapıldığı deney grubundaki 30 öğrencinin MYTÖ öntest puan ortalamasının  $\bar{x} = 83.06$  ve sontest puan ortalamasının  $\bar{x} = 93.23$  olduğu görülmektedir. Ön ve sontest puanlarına yapılan eşleştirilmiş t testi sonuçları deney grubu öğrencilerinin MYTÖ puan ortalamaları arasında, son test lehinde anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ( $t = -6.40$   $p < .05$ ). Bu durum deney grubunda yapılan AG uygulamalarının öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarını geliştirmede pozitif yönde bir etki oluşturduğu şeklinde değerlendirilebilir.

Kontrol grubunda işlenen derslerin öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında bir etki meydana getirip getirmediğini belirlemek için öğrencilerin ön test ve son test puanlarına eşleştirilmiş t testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9'dan kontrol grubundaki 29 öğrencinin MYTÖ ön test puan ortalamasının  $\bar{x} = 79.34$  ve son test

puan ortalamasının  $\bar{x} = 80.55$  olduğu görülmektedir. Ön ve sontest verilerine uygulanan eşleştirilmiş t testi sonuçları, kontrol grubu öğrencilerinin MYTÖ puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir ( $t = 1.44$   $p > .05$ ). Bu durum kontrol grubunda işlenen derslerin öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında herhangi bir etki oluşturmadığı şeklinde değerlendirilmiştir.

Deney grubunda yapılan uygulamaların öncesi ve sonrasında öğrencilerden alınan tutum ölçeği puanlarına yapılan eşleştirilmiş t testi, öğrencilerin matematik tutumlarında son test lehine bir fark olduğunu göstermişti. Bununla birlikte kontrol grubunda aynı dersler herhangi bir özel müdahale yapılmadan öğretmenin rutin ders işlemleriyle öğretim programının önerdiği ve ders kitabında var olan görsellerden yararlanılarak yürütülmüştür. Kontrol grubundaki öğrencilerin ön tutum ve son tutum puanlarına yapılan eşleştirilmiş t testi sonuçları ise öğrencilerin matematik tutumlarında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Buna rağmen grupların son test puanları arasında bir fark olup olmadığını ortaya koymak amacıyla öğrencilerin son test puanlarına bağımsız t testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10'dan deney grubunun sontest matematik tutum puanı ortalamasının  $\bar{x} = 93.23$  ve kontrol grubunun sontest matematik tutum puanı ortalamasının  $\bar{x} = 80.55$  olduğu görülmektedir. Öğrencilerinin sontest matematik tutum puanlarına yapılan bağımsız t testi sonuçları, gruplar arasında deney grubu lehinde anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur ( $t = .73$   $p < .05$ ). Başka bir ifadeyle deney grubunda yapılan AG uygulamaları öğrencilerin matematiğe yönelik tutumları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etki oluştururken, kontrol grubunda yürütülen dersler öğrencilerin tutumlarında bir etki oluşturmamıştır. Zaten grupların son test puan ortalamaları incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin matematik tutum puan ortalamalarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 11. Deney grubu öğrencilerinin ön ve son AGUTÖ puanlarına yönelik eşleştirilmiş t-testi sonuçları

| Test  | Test    | n  | $\bar{x}$ | SS   | t      | p   |
|-------|---------|----|-----------|------|--------|-----|
| AGUTÖ | Öntest  | 30 | 46.96     | 3.24 | -53.28 | .00 |
|       | Sontest | 30 | 73.06     | 1.38 |        |     |

Deney grubunda AG uygulamalarıyla yapılacak dersler öncesinde öğrencilere AGUTÖ uygulanmıştır. Aynı ölçek işlenen dersler sonrasında tekrar yapılmıştır. Deney grubunda AG uygulamalarıyla yürütülen derslerin öğrencilerin teknolojiye yönelik tutumları üzerinde bir etki meydana getirip getirmediğini belirlemek için öğrencilerin ön test ve son test puanlarına, eşleştirilmiş t testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11'den de görüldüğü üzere AG uygulamalarının yapıldığı deney grubundaki 30 öğrencinin AGUTÖ öntest puan ortalaması  $\bar{x}=46.96$  ve sontest puan ortalaması  $\bar{x}=73.06$  olarak hesaplanmıştır. Her ne kadar sontest puan ortalaması ön test puan ortalamasının 1,5 katı kadar olsa da ön ve sontest puanları arasında bir fark olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t testi analizi yapılmıştır. Eşleştirilmiş t testi sonuçları, AGUTÖ ön ve son testleri arasında sontest lehinde anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ( $t=-53.28$   $p<.05$ ). Bu durum deney grubunda yapılan AG uygulamalarının öğrencilerin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumları üzerinde pozitif bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

## Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, AG arayüzüne sahip olan GeoGebra 3D Hesap makinesiyle yürütülen geometrik cisimler konusuna yönelik derslerin öğrencilerin akademik başarıları, matematiğe ve artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumları incelenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce her iki gruba uygulanan başarı testleri için yapılan t testi sonuçları, gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını göstermiştir. Deney ve kontrol gruplarında yürütülen dersler öncesi ve sonrasında uygulanan başarı testleri için yapılan eşleştirilmiş t testi sonuçları ise her iki grupta da akademik başarıların anlamlı bir şekilde son test lehinde bir fark olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Grupların son test ortalamaları incelendiğinde her ne kadar deney grubunun ortalaması kontrol grubundan yüksek olsa da son testler arasında fark bulunup bulunmadığını ortaya koymak amacıyla öntest verilerini ortak değişken olarak son test verilerine kovaryans analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları, grupların son testleri arasında deney grubu lehinde bir fark olduğunu göstermiştir. Bu durum deney grubunda yapılan AG destekli öğretimin öğrencilerin akademik başarıları üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuç konuyla ilgili alanyazındaki birçok çalışmanın sonuçlarıyla örtüşmektedir (Gün ve Atasoy, 2017; Chen, 2019; Gecü-Parmaksız ve Delialioğlu, 2019; Conley, Atkinson,

Nguyen ve Nelson, 2020; Flores-Bascuñana, Diago, Villena-Taranilla ve Yáñez, 2020; Çetintav, 2023; İnce, 2023). AG teknolojisi soyut olan matematiksel kavramları somutlaştırmakta (Çınar, Rafferty, Cutting ve Wang; 2023) ve öğrencilerin kendi hızlarında ve kendi başlarına öğrenmelerini sağlamaktadır (Chao, Yang ve Chang; 2018). Çalışmamızda AG uygulaması kullanan deney grubu öğrencilerinin akademik olarak kontrol grubu öğrencilerine nazaran daha başarılı olmalarını sağlayan faktörlerin, deney grubundaki öğrencilerin arkadaşlarıyla daha fazla etkileşime girmeleri, AG teknolojisinin soyut olan geometri kavramlarını somutlaştırması ve öğrencilerin kendi hızlarında ilerleme fırsatı sunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bulut ve Ferri (2023), AG uygulamalarının matematik derslerini eğlenceli ve ilgi çekici hale getirdiğini, Primati ve Muhimmah (2019) ise öğrenme ortamının eğlenceli hale getirilmesinin öğrencilerin matematik derslerindeki akademik başarılarını artırmada önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda, öğrenme ortamının AG teknolojisi ile eğlenceli bir hale getirilmesinin deney grubu öğrencilerinin akademik başarılarının kontrol grubundaki öğrencilere nazaran daha yüksek olmasını sağladığı söylenebilir. Bununla birlikte alanyazında AG uygulamalarının akademik başarı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu çalışmalar da bulunmaktadır. Karakaş ve Özerbaş (2020) 10. sınıf seviyesinde fizik dersinde AG uygulamalarıyla yürütülen deney grubundaki öğrencilerin akademik başarıları üzerinde anlamlı bir etki meydana getirmediği sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Bhagat, Yang, Cheng, Zhang ve Liou (2021), AG teknolojisiyle 3B geometrik cisimlerin öğretiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerinde beklenen etkiyi oluşturmadığını ifade etmişlerdir. AG uygulamalarının yürütüldüğü ortamın sahip olduğu donanımlar ve yürütülen uygulamaların kalitesi akademik başarıya etki edebilir. AG teknolojisinin başarı üzerinde olumlu etkilerinin olmadığını ileri süren yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde AG teknolojisinin kullanıldığı araç sayısının (akıllı telefonlar) yetersiz olduğu görülmüştür. Alanyazında olumsuz sonuçlar rapor eden çalışmalarla araştırmamızın sonuçlarının çelişmesinin sebebinin, yürütülen derslerde kullanılan akıllı telefon/tablet sayılarının yetersizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mevcut araştırmada incelenen problemlerden bir diğeri, AG teknolojisi kullanılarak yürütülen derslerin öğrencilerin matematiğe yönelik tutumları üzerindeki etkisiydi. Çalışmanın başında her iki gruba uygulanan matematiğe yönelik tutum ölçeği verilerine uygulanan bağımsız t testi sonuçları grupların birbirine denk



olduğunu göstermiştir. Uygulamalar sonunda yine her iki gruba matematiğe yönelik tutum ölçeği tekrar uygulanmıştır. Deney grubundaki öğrencilerin ön ve son testlerine uygulanan bağımlı t testi sonuçları son test lehine bir fark olduğunu göstermiştir. Başka bir ifadeyle yapılan uygulamalar öğrencilerin matematiğe yönelik pozitif tutum geliştirmesinde etkili olmuştur. Bu sonuç, AG uygulamaları kullanılarak oluşturulan öğrenme ortamlarının öğrencilerin matematiğe yönelik tutumları üzerindeki pozitif etkisinin raporlandığı önceki bazı çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir (Küçük, Yılmaz ve Göktaş, 2014; Sırakaya ve Alsancak-Sırakaya, 2018; Chen, 2019; Ramazanoğlu ve Solak, 2020). Bulut ve Ferri (2023), AG uygulamalarının öğretimi kolaylaştırdığını, zevkli hale getirdiğini ve anlamlı öğrenmeye yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Widada, Herawaty, Nugroho ve Anggoro (2021) AG uygulamalarının öğrencilerin eğlenerek öğrenmelerine yardımcı olduğunu ve matematiksel kavramlar arasındaki ilişkiyi keşfetme süreçlerine katkı sağlayarak matematiğe yönelik tutumları üzerinde pozitif etki oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu perspektiften AG uygulamalarının deney grubu öğrencilerinin eğlenerek ve kolay öğrenmelerini sağlaması, onların matematiğe yönelik pozitif tutum geliştirmelerinde etkili olduğunu düşündürmüştür. Bununla birlikte alanyazında AG uygulamalarının öğrencilerin derse yönelik tutumlarına yönelik olumlu etki meydana getirmediğine dair araştırmalar da yer almaktadır. Çetin (2019), teknik resim dersinde yürüttüğü çalışmayla AG materyallerinin öğrencilerin derslere yönelik tutumları üzerinde olumlu etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmış ve bu uygulamaların çok fazla zaman aldığını belirtmiştir. Çil (2023), AG uygulamaları ile yürütülen derslerde öğrencilerin geometri problemlerini çözerken gereğinden çok zaman harcadıkları ve bu yönüyle AG uygulamalarının sınav sistemine uygun olmadığını ifade etmiştir.

Çalışmanın başında matematiğe yönelik tutum ölçeği kontrol grubundaki öğrencilere uygulanmıştı. Deney grubunun aksine herhangi bir özel müdahale yapılmadan yürütülen dersler sonunda aynı ölçek kontrol grubundaki öğrencilere tekrar uygulanmıştır. Kontrol grubundan toplanan ön ve son test verilerine uygulanan bağımlı t testi sonuçları kontrol grubu öğrencilerinin matematik tutumlarında bir fark olmadığını göstermiştir. Alanyazında matematiğe yönelik tutumların incelendiği deneysel çalışmalarda özel olarak bir müdahalenin yapılmadığı kontrol gruplarındaki öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında bir değişim oluşmadığını rapor eden birçok çalışma bulunmaktadır (Topraklıkoğlu, 2018; Çil, 2023). Bu bağlamda mevcut araştırmadan elde edilen sonuç alanyazındaki bu çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir. Çalışma kapsamında incelenen problemlerden bir diğeri ise AG uygulamalarının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerinde bir etkisi olup olmadığını. Bu kapsamda Küçük ve arkadaşları (2014)'nin hazırladığı AGUTÖ,

sadece deney grubundaki öğrencilere çalışmaya başlamadan önce ve uygulamalar sonrasında uygulanmıştır. Ön ve son test verilerine uygulanan bağımlı t testi sonuçları, yapılan AG uygulamalarının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerinde pozitif bir etki oluşturduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Alanyazında AG uygulamalarının kullanımının AG teknolojisine yönelik pozitif tutum geliştirmede etkili olduğunu ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır (Barraza-Castillo, 2015; Saundarajan, Osman, Daud, Abu ve Pairan, 2020). AG uygulamaları ve AG teknolojisi öğrencilere alıştıkları öğrenme ortamından farklı deneyimler yaşattığı için bu tür uygulamalar öğrencilerin tutumları üzerinde pozitif etki oluşturmada etkili olmaktadır. Bu kapsamda derslerde AG teknolojilerinin kullanımı öğrenciyi aktif kılarak farklı deneyimler yaşatması hem bu teknolojilere olan ilgiyi ve kullanma isteğini artırmakta hem de dolaylı olarak öğrencileri derse karşı motive etmektedir. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında matematik dersinde AG uygulamalarının kullanılması öğrencilerin akademik başarılarını anlamlı düzeyde artırmış, öğrencilerin matematiğe ve AG uygulamalarına yönelik tutumlarına olumlu yönde etki etmiştir.

### Öneriler

Çalışmadan elde edilen sonuçlar paralelinde öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Matematik dersinde AG uygulamalarının kullanılması öğrencilerin akademik başarıları üzerinde etkili olmuş, matematik dersine ve AG uygulamalarına yönelik olumlu tutum geliştirmelerini sağlamıştır. Bu nedenle matematik eğitimcilerinin özellikle zihinde canlandırması daha zor olan 3B geometrideki konuların öğretimine yönelik derslerinde AG materyalleri kullanmaları önerilmektedir.
- AG teknolojisinden etkili şekilde yararlanmak için eğitimcilerin bu teknolojiyi kullanma becerilerine sahip olması gerekmektedir. Ayrıca AG uygulamaları öğrencilerin ders işlenişlerine çok aktif katılımını beraberinde getirmektedir. Bu durum da öğretmenlerin öğrenme-öğretme sürecini iyi yapılandırması ve yönetmesini gerekli kılmaktadır. Mevcut çalışmada ders işlenişlerini yürüten araştırmacı pilot çalışma sürecinde deneyim kazanmış ve asıl çalışmada muhtemel karşılaşacağı güçlükler hususunda ne gibi tedbirler alacağı konusunda stratejiler geliştirmiştir. Bu kapsamda bu teknolojileri sınıflarında kullanacak eğitimcilerin bu alanda bilgi ve becerilerini geliştirebilecekleri eğitimler almaları önemlidir.
- Eğitim ortamlarında teknoloji kullanımının önündeki engellerden biri okulların uygun fiziki ve teknik donanımlara sahip olamamasıdır. Bu araştırmada AG uygulamalarını öğrenciler kendi tablet ve akıllı telefonlarını okula getirerek kullanmak durumunda kalmışlardır. Bu kapsamda okullara ihtiyaç duyulan teknolojik desteklerin verilmesi önerilmektedir.

## Extended Abstract

### Introduction

Studying with three-dimensional, static diagrams drawn on the plane makes it difficult for students to visualize concepts and recognize the relationships between geometric objects, which reduces the subject's attractiveness (Tachie, 2020). To overcome these difficulties, teachers use various technologies in the class (Lai & Cheong, 2022). Augmented Reality (AR) offers a unique and engaging learning experience providing content opportunities to address these limitations (Hwang et al., 2023).

AR technology, a groundbreaking innovation developed in 1968 by Ivan Sutherland, a computer researcher at Harvard College, holds immense transformational potential for geometry education. It allows virtual objects created in the digital environment to be simultaneously visualized in the real world, revolutionizing how we teach and learn geometry (Çetintav & Yılmaz, 2023). This technology enables students to construct their own knowledge structures (Ghobadi et al., 2022), helps them to concretize abstract concepts by facilitating their understanding of three-dimensionality, and brings fun to geometry lessons by creating new interactive environments. As a result, it promotes a positive attitude towards the course (Cahyono, 2018).

Research is increasingly demonstrating the positive effects of AR applications in geometry lessons. They have been found to significantly enhance students' academic achievement (Gün, 2014; Gün & Atasoy, 2017; İnce, 2023; Çetintav, 2023), boost their motivation towards the subject, and foster positive attitudes (İbili, 2013; Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2014; Küçük, Yılmaz, & Göktaş, 2014; İbili & Şahin, 2015; Topraklıkoğlu, 2018; Chen, 2019; Çil, 2023; İnce, 2023). These findings should reassure scholars about the effectiveness of AR in geometry education while also highlighting the need for more comprehensive studies in this field. Özmen (2019) also underscores the specific challenges faced by 5th-grade students during the transition from concrete to abstract thinking, particularly in visualizing the open-and-closed states of 3D objects, which further emphasizes the importance of AR in addressing these challenges.

This study aimed to investigate the effects of lessons conducted with GeoGebra 3D Calculator, an AR application, on students' academic achievement and attitudes. In this context, AR application materials on geometric objects at the 5th-grade level were designed using GeoGebra 3D Calculator, a mobile technology application. In this context, the study sought to answer the following questions: 'What are the effects of a learning environment requiring the use of GeoGebra 3D Calculator on the geometry achievement of 5th grade students, their attitudes towards mathematics course and AR applications?'

### Method

This study was conducted using the quasi-experimental method, one of the experimental research methods. The participants comprised 59 fifth-grade students studying in a public school in Trabzon province. There was an experimental group (n=29) and a control group (n=30). The groups were randomly selected. In the study, the Geometry Achievement Test (GAT) was used to determine students' achievement in geometry courses, the Attitude Scale Towards Mathematics (ASTM) was used to assess their attitudes toward mathematics, and the Augmented Reality Applications Attitude Scale (ARAAS) was used to determine their attitudes towards AR applications after obtaining the necessary permissions. The data collected from the experimental and control groups were analyzed using SPSS software. A normality test was first performed in the data analysis to determine whether the groups had a normal distribution. Since the normality test showed that both groups were normally distributed, the data were analyzed using parametric analysis techniques. Dependent and independent t-tests and covariance analysis were used to analyze the data.

### Results

At the beginning of the study, an independent t-test was applied to the Geometry Achievement Test data as a pre-test to determine whether there was a difference between the academic achievement of the experimental and control groups. The test results showed no statistically significant difference between the groups. At the end of the study, the Geometry Achievement Test was reapplied to both groups as a post-test. A dependent t-test was applied to the pre- and post-test data to determine the effect of the lessons conducted in both groups on the student's achievement. The test results revealed a significant difference in favor of the post-tests for both groups. Covariance analysis was applied to the data obtained from the experimental and control groups to determine the effect of the experimental group practices on the students' achievement. The analysis revealed that the AR applications in the experimental group increased the students' academic achievement more than the lessons taught in the control group.

Similar analyses were applied to attitudes toward mathematics scores. The analyses showed that the lessons conducted with AR applications in the experimental group positively and significantly affected students' attitudes toward mathematics. In contrast, the lessons conducted in the control group did not affect students' attitudes. The results of the dependent t-test applied to the pre-test and post-test attitude scores of the students in the experimental group toward AR revealed a positive effect on students' attitudes toward AR applications.

## Discussion

The findings obtained from the study show that teaching using AR applications in the experimental group is more effective on students' academic achievement than in the control group. This result coincides with the results of many studies in the relevant literature (Gün & Atasoy, 2017; Chen, 2019; Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2019; Conley et al., 2020; Flores-Bascuñana et al., 2020; Çetintav, 2023; İnce, 2023). It is thought that the reason why the academic achievement of the students in the experimental group who used AR applications was higher than the students in the control group was the fact that the students in the experimental group interacted more with their friends, AR technology concretized abstract geometry concepts and provided students with the opportunity to progress at their own pace.

The study showed that AR applications effectively developed students' positive attitudes toward mathematics. This result coincides with the results of some previous studies reporting the positive effect of learning environments created using AR applications on students' attitudes toward mathematics (Küçük et al., 2014; Sırakaya & Alsancak-Sırakaya, 2018; Chen, 2019; Ramazanoğlu & Solak, 2020). This positive change in students' attitudes toward mathematics is related to AR applications enabling the experimental group of students to learn quickly and with fun. Similarly, the study's results revealed that AR applications positively affected students' attitudes towards AR technology. In the literature, some studies reveal that using AR applications effectively develops positive attitudes toward AR technology (Barraza-Castillo, 2015; Saundarajan et al., 2020).

## Pedagogical Implications

In parallel with the results obtained from the study, some recommendations are listed below.

- The use of AR applications in the mathematics course influenced the students' academic achievement and helped them develop positive attitudes towards the mathematics course and AR applications. Therefore, it is recommended that mathematics educators should use AR materials in their lessons.
- Educators should have the skills to use AR technology effectively. In addition, AR applications encourage students to participate actively in lessons. This situation requires teachers to structure and manage the learning-teaching process well. Educators using these technologies in their classrooms must receive training to improve their knowledge and skills in this field.
- Future studies can examine the effects of AR technology at different grade levels and in different disciplines. In addition, qualitative studies can be conducted to examine the changes in teachers' teaching practices using AR applications.

## Etik Kurul İzin Bilgileri

Araştırmanın etik kurul izni, Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu' nun 17.05.2024 tarihinde yapılan toplantısında 2024-5/2.7 sayılı kararıyla uygun görülmüştür.

## Araştırmanın Etik Taahhüt Metni

Yapılan bu çalışmada bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulduğu; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifatın yapılmadığı, karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde "Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi ve Editörünün" hiçbir sorumluluğunun olmadığı, tüm sorumluluğun Sorumlu Yazara ait olduğu ve bu çalışmanın herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğu sorumlu yazar tarafından taahhüt edilmiştir.

## Kaynaklar

- Barraza Castillo, R. I., Cruz Sánchez, V. G., & Vergara Villegas, O. O. (2015). A pilot study on the use of mobile augmented reality for interactive experimentation in quadratic equations. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1-13.  
<https://doi.org/10.1155/2015/946034>
- Bhagat, K. K., Yang, F. Y., Cheng, C. H., Zhang, Y., & Liou, W. K. (2021). Tracking the process and motivation of math learning with augmented reality. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3153-3178.  
<https://doi.org/10.1007/s11423-021-10066-9>
- Borissova, D., Ivanova, T., Buhtiarov, N., Naidenov, N., Rasheva-Yordanova, K., Yoshinov, R., Garvanova, M., & Garvanov, I. (2022, May 23-27). *Application of information technology in the teaching of mathematics when study of 2D geometric shapes*. 45<sup>th</sup> Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO) (pp. 638-643), Zagreb, Croatia  
<https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803641>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.
- Bulut, M., & Borromeo Ferri, R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556-572.  
<https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Büyükoztürk, Ş. (2011). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (15. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyükoztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (20.Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Cahyono, A. N., Sukestiyarno, Y. L., Asikin, M., Miftahudin, Ahsan, M. G., & Ludwig, M. (2020). Learning mathematical modelling with augmented reality mobile math trails program: How can it work? *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 181-192.
- Chao, W. H., Yang, C. Y., & Chang, R. C. (2018, July 23-27). *A study of the interactive mathematics mobile application development* [Paper presentation]. 1<sup>st</sup> IEEE International

- Conference on Knowledge Innovation and Invention, South Korea.  
<https://doi.org/10.1109/ICKII.2018.8569126>
- Chen, Y. C. (2019). Effect of mobile augmented reality on learning performance, motivation, and math anxiety in a math course. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1695–1722.  
<https://doi.org/10.1177/0735633119854036>
- Cinar, O. E., Rafferty, K., Cutting, D., & Wang, H. (2023, May). *Using augmented reality to enhance learning and understanding of abstract programming concepts*. In 2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR) (pp. 498-504), Xianyang, China.  
<https://doi.org/10.1109/ICVR57957.2023.10169459>
- Conley, Q., Atkinson, R. K., Nguyen, F., & Nelson, B. C. (2020). MantarayAR: Leveraging augmented reality to teach probability and sampling. *Computers & Education*, 153(103895).  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103895>
- Çetin, S. (2019). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının teknik resim dersinde ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları, tutumları ve uzamsal görselleştirme becerilerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Çetin, H. C. (2022). İlköğretimde artırılmış gerçeklik tabanlı uygulamalara yönelik çalışmaların sistematik olarak incelenmesi. *Uluslararası Eğitim ve Okuryazarlık Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 110-121.  
<https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.10n.2p.110>
- Çetintav, G. (2023). *Geometri öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımının ortaokul öğrencilerin öz düzenleme becerilerine, akademik motivasyonlarına ve başarılarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bartın Üniversitesi.
- Çetintav, G. & Yılmaz, R. (2023). Artırılmış gerçeklik teknolojisinin ortaokul öğrencilerinin matematik akademik başarısına, öz düzenlemeli öğrenme becerilerine ve motivasyonuna etkisi. *Eğitimsel Bilgisayar Araştırmaları Dergisi*, 61(7), 1483-1504.  
<https://doi.org/10.1177/07356331231176022>
- Çil, B. D. (2023). *Artırılmış gerçeklik materyalleri ile desteklenen geometri öğretiminin öğrencilerin özyeterlik, kaygı ve tutumuna etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bartın Üniversitesi.
- del Cerro Velázquez, F., & Morales Méndez, G. (2021). Application in augmented reality for learning mathematical functions: A study for the development of spatial intelligence in secondary education students. *Mathematics*, 9(4), 1-19.  
<https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Flores-Bascuñana, M., Diago, P. D., Villena-Taranilla, R., & Yáñez, D. F. (2019). On augmented reality for the learning of 3d-geometric contents: A preliminary exploratory study with 6-grade primary students. *Education Sciences*, 10(1), 1-9.  
<https://doi.org/10.3390/educsci10010004>
- Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioğlu, O. (2019). Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to preschool children. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3376-3390.  
<https://doi.org/10.1111/bjet.12740>
- Gecu-Parmaksiz, Z. (2017). *Okul öncesi çocuklar için artırılmış gerçeklik etkinlikleri: Geometrik şekilleri anlamının ve uzamsal becerileri geliştirmenin karşılaştırmalı analizi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Ghobadi, M., Shirowzhan, S., Ghiai, M. M., Ebrahimzadeh, F. M., & Tahmasebinia, F. (2022). Augmented reality applications in education and examining key factors affecting the users' behaviors. *Education Sciences*, 13(1), 10.  
<https://doi.org/10.3390/educsci13010010>
- Gün, E. (2014). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin uzamsal yeteneklerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Gün, E. T., & Atasoy, B. (2017). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 42(191), 31-51.
- Hwang, W. Y., Nurtantiana R., Purba, S. W. D, & Hariyanti, U. (2023). Augmented reality with authentic geometrygo app to help geometry learning and assessments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(5), 769-779  
<https://doi.org/10.1109/tlt.2023.3251398>
- Iwano, T. M., Pereira, D. D., & Scherer, D. (2021, July). *Use of augmented and 3D visualization as a tool to support the teaching of spatial geometry*. In 2021 IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC) (pp. 1119-1124), Madrid, Spain.  
<https://doi.org/10.1109/COMPSAC51774.2021.00153>
- İbili, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- İbili, E., & Şahin, S. (2013). Artırılmış gerçeklik ile interaktif 3d geometri kitabı yazılımın tasarımı ve geliştirilmesi: ARGE3D. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-8.
- İbili, E., & Şahin, S. (2015). Geometri öğretiminde artırılmış gerçeklik kullanımının öğrencilerin bilgisayara yönelik tutumlarına ve bilgisayar öz-yeterlilik algılarına etkisinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(1), 332-350.
- İnce, Ö. (2023). *Artırılmış gerçeklik ile düzenlenen öğretim tasarımının 6. sınıf geometrik cisimler konusunun öğretiminde uygulanması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Karakaş, M., & Özerbaş, M. A. (2020). Fizik dersinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 456–478.
- Kol, S. (2011). Erken çocuklukta bilişsel gelişim ve dil gelişimi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 1-21.
- Kounlaxay K., Shim Y., Kang S. Y., Kwak H. Y., & Kim S. K. (2021). Learning media on mathematical education based on augmented reality. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 15(3), 1015-1029.  
<https://doi.org/10.3837/tiis.2021.03.011>
- Kösa, T. (2011). *Ortaöğretim öğrencilerinin uzamsal becerilerinin incelenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Küçük, S., Yılmaz, R., Baydaş, Ö., & Göktaş, Y. (2014). Ortaokullarda artırılmış gerçeklik uygulamaları tutum ölçeği: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 39(176), 383-392.
- Lai, J. W., & Cheong, K. H. (2022). Adoption of virtual and augmented reality for mathematics education: A scoping review. *IEEE Access*, 10, 13693–13703.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3145991>



- Önal, N. (2013). Ortaokul Öğrencilerinin Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeğinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *İlköğretim Online*, 12(4), 938-948.
- Önal, N., İbili, E., & Çalışkan, E. (2017). Does teaching geometry with augmented reality affect the technology acceptance of elementary school mathematics teacher candidates? *Journal of Education and Practice*, 8(19), 151-163.
- Özçakır, B. (2017). *Matematik eğitiminde artırılmış gerçeklik ortamları ile yedinci sınıf öğrencilerinin uzamsal zekalarının gelişimi: Bir tasarım tabanlı araştırma* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Özmen, G. (2019). *Somut materyal ve dinamik geometri yazılımı kullanımının 5. sınıf öğrencilerinin geometri başarıları, tutumu ve uzamsal yeteneklerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Uşak Üniversitesi.
- Pinho, J. L. R., & Moretti, M. T. (2020). Using Dynamical Geometry Softwares in the study of Plane Geometry: potentialities and limitations. *Acta Scientiae*, 22(5), 25-43.  
https://doi.org/10.17648/ACTA.SCIENTIAE.5870
- Pritami, F., & Muhimmah, I. (2018, February 8-10). *Digital game based learning using augmented reality for mathematics learning*. 2018 7th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA 2018). Association for Computing Machinery (pp. 254-258) New York, USA.  
https://doi.org/10.1145/3185089.3185143
- Ramazanoğlu, M., & Solak, M. Ş. (2020). Ortaokul öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimde kullanımına yönelik tutumları: Siirt ili örneği. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 28(4), 1646-1656.
- Saundarajan, K., Osman, S., Daud, M. F., Abu, M. S., & Pairan, M. R. (2020). Learning algebra using augmented reality: A preliminary investigation on the application of Photomath for lower secondary education. *International Journal of Emerging Technologies*, 15(16), 123-133.
- Segeberby, C. (2023). Linguistic Challenges in Geometry. Making the Mathematical Content Accessible to Include All Students. *Developing Inclusive Environments in Education* https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0664-2.ch012
- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, 49(10), 2674-2688.
- Sırakaya, M., & Alsancak-Sırakaya, D. (2018). Artırılmış gerçekliğin fen eğitiminde kullanımının tutum ve motivasyona etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(3), 887-905.
- Şimşek, E. B. (2012). *Dinamik geometri yazılımı kullanmanın ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki akademik başarılarına ve uzamsal yeteneklerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman J. B. (2013). *Using multivariate statistics*. Pearson.
- Tachie, S. A. (2020). The challenges of South African teachers in teaching Euclidean geometry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(8), 297-312.  
doi: 10.26803/IJLTER.19.8.16
- Tomaschko, M., & Hohenwarter, M. (2019). *Augmented reality in educational setting mathematics education: the case of GeoGebra AR*. Sense Publisher.
- Topraklıoğlu, K. (2018). *Üç boyutlu modellemenin kullanıldığı artırılmış gerçeklik etkinlikleri ile geometri öğretimi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- Tosik-Gün, E., & Atasoy, B. (2017). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 42(191), 31-51.
- Trappmair, A., & Hohenwarter, M. (2019, July 22-25). *Driving augmented reality: GeoGebra's new AR features in teaching mathematics*. The 14<sup>th</sup> International Conference on Technology in Mathematics Teaching-ICTMT 14, Essen, Germany.
- Widada, W., Herawaty, D., Nugroho, K. U. Z., & Anggoro, A. F. D. (2021). Augmented reality assisted by GeoGebra 3-D for geometry learning. *In Journal of Physics: Conference Series* 1731(1), 12034.  
https://doi.org/10.1088/1742-6596/1731/1/012034
- Yaniawati, P., Indrawan, R., & Mubarika, M. P. (2023). The potential of mobile augmented reality as a didactic and pedagogical source in learning geometry 3D. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 4-22.  
https://doi.org/10.3926/jotse.1661
- Yıldız, S., & Elaldı, Ş. (2023). Ş. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının geometri öğretiminde kullanılmasına yönelik yapılmış çalışmaların meta-tematik analizi. *Gaziantep Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 70-91.
- Yolcu, B., & Kurtuluş, A. (2010). Altıncı sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme yeteneklerini geliştirme üzerine bir çalışma. *İlköğretim Online*, 9(1), 256-274.
- Zakharov, A., & Zakharova, Y. (2022). The use of modern computer technologies in the study of the Geometric Modeling course. *Journal of Physics: Conference Series*, 2308(1), 012007  
https://doi.org/10.1088/1742-6596/2308/1/012007

## Ek 1. Araştırmada kullanılan örnek bir çalışma kağıdı ve AG görüntüsü

Grup üyelerinin isimleri:

1)  
2)  
3)

## ÇALIŞMA YAPRAĞI 1

Kazanım: Dikdörtgenler prizmasını tanıır ve temel özelliklerini belirler.

Cep telefonu veya tabletinizden GeoGebra 3D Hesap Makinası uygulamasından A YAPISI ni açınız.

**A YAPISI**

- Uygulamada AR butonu ile yapıyı düz bir yüzey üzerinde canlandırınız. Yüzey üzerindeki cismi farklı yönlerden inceleyerek elemanlarını belirleyiniz.
- Cep telefonu veya tabletinizden GeoGebra 3D Hesap Makinası uygulamasından B YAPISI ni açınız.

**B YAPISI**

- Uygulamada AR butonu ile yapıyı düz bir yüzey üzerinde canlandırınız.
- Telefondan a, b ve h sürgülerini hareket ettirerek prizmanın boyutlarını değiştirin ve prizmanın farklı boyutlardaki AR görüntüsünü inceleyiniz.
- a, b ve h'nin hangi değerlerinde nasıl prizmalar oluştuğunu inceleyerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

| a | b | h | Prizmanın Türü |
|---|---|---|----------------|
|   |   |   |                |
|   |   |   |                |
|   |   |   |                |

- Yukarıda oluşturduğunuz farklı prizmaların köşe, ayrıt, yüz sayıları hakkında neler söyleyebilirsiniz. Grup arkadaşınızla aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

|                        | Köşe Sayısı | Ayrıt Sayısı | Yüz Sayısı |
|------------------------|-------------|--------------|------------|
| Küp                    |             |              |            |
| Kare Prizma            |             |              |            |
| Dikdörtgenler Prizması |             |              |            |

k = true

d = 3  
b<sub>1</sub> = 6  
a<sub>1</sub> = 3

\*Çalışmada kullanılan AG yapılarına <https://www.geogebra.org/search/emine%20kurnaz%20ya%C5%9Far> adresinden ulaşılabilir.