

## **Dinamik Geometri Yazılımı ile Öğretimin İlköğretim 6. Sınıf Öğrencilerinin Uzamsal Yeteneklerine Etkisi\***

Emine ŞİMŞEK<sup>1</sup>, Gülay KORU YÜCEKAYA<sup>2</sup>

### **ÖZ**

Bu araştırmanın amacı, ilköğretim 6.sınıf matematik dersi prizmalar bölümünün, geometri ve ölçme öğrenme alanlarının öğretiminde üç boyutlu dinamik geometri yazılımı kullanmanın öğrencilerin uzamsal yeteneklerini nasıl etkilediğini belirlemektir. Çalışma, 2011-2012 eğitim-öğretim yılında, Ankara İli Akyurt İlçesi' nde bulunan bir devlet ilköğretim okulunun 6. sınıfında öğrenim gören 34 öğrenci ile yürütülmüştür. Araştırmada, ön test – son test kontrol gruplu deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. İlköğretim okulundaki 6. sınıflardan biri deney grubu, diğeri ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubunda dersler dinamik geometri yazılımı Cabri 3D'nin kullanıldığı, bilgisayar destekli öğretim yaklaşımı ile kontrol grubunda ise öğretim programında yer aldığı gibi etkinlik temelli öğretim yöntemi ile yürütülmüştür. Araştırmada veri toplama aracı olarak "Uzamsal Yetenek Testi" kullanılmıştır. Veriler, bir istatistik paket programı kullanılarak çözümlenmiştir. Cabri 3D kullanımı ile ders işlenişleri sonunda, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin başarıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ilgili literatür göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** geometri öğretimi, dinamik geometri yazılımı, Cabri 3D, uzamsal yetenek

## **The Effect of the Teaching by the Dynamic Geometry Software on 6th Grade Elementary School Students' Spatial Ability**

### **ABSTRACT**

The purpose of this paper is to determine how utilizing the three dimensional dynamic geometry software in teaching geometry and assessment learning domains of Prisms unit of the 6th grades' mathematics lesson effects their spatial ability. The study took place in 2011-2012 academic (educational) years on thirty-four 6th grade students studying at a public elementary school located in Akyurt, Ankara. In the study, pretest – posttest control group experimental research model was used. While one of the 6th grades was determined as the experimental group, the other one was identified as the control group. The lessons were carried out with computer assisted teaching approach by using dynamic geometry software Cabri 3D on experimental group and with activity-based teaching method on control group as involved in the curriculum. In the study, "Spatial Ability Test" were used as data collection device. The data was analysed through a statistic program. At the end of the teaching process in which Cabri 3D is used, it has been seen that there isn't any statistically significant difference between the experimental and

---

\* Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden oluşmaktadır.

1 Arş.Gör., Abant İzzet Baysal Üniversitesi, e-posta: eminesimsekbasaran@gmail.com

2 Yard.Doç.Dr., Gazi Üniversitesi , e-posta: gkoru@gazi.edu.tr

control group students' performance of spatial ability. The study results were interpreted in the light of the relevant literature.

**Keywords:** geometry teaching, dynamic geometry software, Cabri 3D, spatial ability.

## GİRİŞ

Çoğu kimsenin “matematikle arasının iyi olmadığını” söylediğini biliriz. Matematiğin soyut ve simgesel karakteri öğretim koşullarındaki yetersizliklerle birleşince bu olumsuzluk keskin bir biçimde ortaya çıkmaktadır (Yıldırım 2004). Kimileri ise uzamsal yetenekten yoksun bir şekilde doğduğuna inanır. Walle (2012)' e göre bu inanç yanlıştır: “Sürekli olarak zamana yayılacak biçimde şekiller ve uzamsal ilişkilerle ilgili zengin deneyimler sunulduğunda, bu deneyimler uzamsal ilişkiyi geliştirebilir (syf.400).” Matematik öğretimi uzamsal yeteneğin gelişimine aracılık edecek deneyimler sağlayabilir. Başarılı bir matematik öğretiminin ise, öğretmenin sınıf içi çalışmalarında, çocuğun duyu organları ve ruh yetilerinin olanaklar elverdiğince uğraşıya katılmasını sağlayacak araçlar arayıp bulması ile gerçekleşeceği düşünülür (Gözen 2001). Acaba bilgisayar teknolojisi bu önemli ve zor işi başarmada bir araç olarak kullanılabilir mi?

### Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi

Matematik öğretiminde bilişim teknolojileri derken çok özel anlamda bilgisayara dayalı bilişsel araçlar kullanılarak yapılan bilgisayar öğretimi kastedilmektedir. Buna da "Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi" (BDMÖ) denmektedir (Baki 2002). Bilgisayar matematik öğretiminde öğrencinin varsayımında bulunmasını, test etmesini, genelleme yapmasını sağlayan bir araç olarak kullanılmalıdır. Bilgisayar destekli matematik öğretiminin amacı öğrencilerin matematiksel sonuçlar hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamanın yanında bir matematikçinin, matematiksel sonuçlara varırken attığı adımları atmalarını, özgün bir düşünme tarzı geliştirmelerini sağlamak olmalıdır (Karataş ve Güven 2008). Bilgisayar teknolojisinde yaşanan hızlı gelişmelerin matematik sınıflarına yansımaları olan dinamik geometri yazılımları (DGY) ve bilgisayar cebir sistemleri (BCS), matematik eğitiminin bu amaçlara ulaşabilmesi için umut vaat etmektedirler (Aktümen, Horzum, Yıldız ve Ceylan 2010; Karataş ve Güven 2008).

Bilgisayarın matematik eğitiminde uygun kullanımından kasıt, öğrencilerin üst düzey bilişsel beceriler geliştirmelerine yardım etmek olmalıdır (Karataş ve Güven 2008). Dinamik geometri yazılımları, öğrenme ortamlarında bir dizi yapısalci aktiviteler ve rehber sorular sayesinde öğrencilerin geometrik şekiller üzerinde sürükleyici bırak işlemcisi yardımıyla varsayımlara ve çıkarımlara ulaşmasını sağlar. Dinamik geometri yazılımları öğrencilere çeşitli geometrik şekilleri sanal ortamda yaratma, bu şekiller arasında ilişkiler kurma, bu ilişkiler ile bir teoremi ispatlayabilecek geometrik bir iskele kurma ve bu iskeleyi kendi isteğine göre değiştirebilme olanağı tanır (Bintaş ve Akıllı 2008). Dünyada, ilköğretim düzeyinde pek çok öğrenci, bilgisayarlı geometri çalışmaları sayesinde bu dinamik çalışma ortamına girebilmekte; oluşturdukları şekillerde bulunması gereken özellikleri test edip, bu şekiller üzerinde yaptıkları deneylere

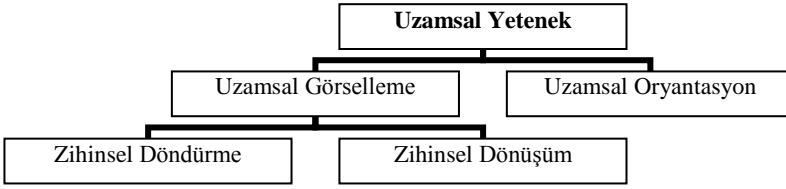
dayanarak matematiksel muhakeme yapabilme imkânı bulmaktadır (Aktümen, Horzum, Yıldız ve Ceylan 2010; Güven ve Karataş, 2003; Tapan Broutin 2010). Geometri öğrenmeyi kolaylaştırmak için Logo, Cabri Geometry, Geometer' s Skatchpad ve GeoGebra gibi yazılımlar tasarlanmıştır. Bu yazılımların geometri öğrenmeye yenilikçi bir bakış getirdiği ve geometri öğretiminde önemli bir adım olduğu söylenebilir. Bunlardan Cabri 3D üç boyutlu geometride akıl yürütmeye, bilgisayar destekli görsellemeye yardım ederken, iki boyutlu bir yüzey aracılığı ile geometrik cisimleri inşa etmeye, bu cisimler üzerinde değişiklik yapmaya, bu cisimleri döndürmeye ve farklı yönlerden görünümünü izlemeye izin verir (Kösa ve Karakuş 2010) ve geometrik cisimler konusunun öğretiminde kullanılabilir.

### **Uzamsal Yetenek ve Gelişimi**

Uzamsal yetenek üç boyutlu uzayda bir ya da daha çok parçadan oluşan cisimleri ve bileşenlerini zihinde hareket ettirilebilme veya zihinde canlandırabilme (Turğut 2007), görsel bir imgeyi meydana getirebilme, bir şekli devam ettirebilme, yeniden düzenleme ve başka bir şekle dönüştürülebilme, uzamsal şekilleri kavrama ya da uzaydaki nesnelere meydana gelen yeni durumlardaki yönelim yeteneği (Extrom vd. 1976; Lohman 1993, Akt. Turğut 2010) olarak tanımlanmıştır. Bu yeteneğin kişinin çevresini ve matematiğin çeşitli alanlarını anlamasına yardımcı olduğuna dair matematik eğitimcileri ve araştırmacılar arasında fikir birliği vardır (Bulut ve Köroğlu 2000).

Stockdale ve Possin (1998), uzamsal yeteneği kişinin kendisi ile çevre arasındaki veya kendi dışındaki iki nesne arasındaki uzamsal ilişkiyi kavrayabilme yeteneği olarak tanımlamıştır. Uzamsal ilişkiler nesnelere arasındaki uzaklık, bir sözcük içerisindeki harflerin düzeni, bir saatin uzunluğu, bir gün içerisinde gerçekleştirilecek etkinliklerin sıralanması, 25'i 5'e bölmek gibi basit bir bölme işleminin aşamaları vb. şekilde örneklendirmiş ve uzamsal ilişkilerin büyüklük, uzaklık, hacim, düzen ve zaman gibi nitelikleri kapsadığını belirtmişlerdir.

Tartre (1990), uzamsal yeteneğin uzamsal görselleme ve uzamsal oryantasyon olmak üzere iki ayrı bileşenden oluştuğunu belirtmiştir. Uzamsal görselleme bileşeni, nesneyi zihinsel olarak hareket ettirmeyi içerirken, uzamsal oryantasyon bileşeni, nesne uzayda sabit dururken sizin o nesnenin farklı bir yönden görünümünü hayal edebilenizi içerir. Uzamsal görselleme bileşeni kendi içerisinde zihinsel döndürme ve zihinsel öteleme olmak üzere iki alt bileşene sahiptir. Bu iki bileşen arasındaki fark; zihinsel döndürmede nesne bütün olarak zihinde döndürülürken, zihinsel ötelemede nesnenin bir kısmı herhangi bir şekilde ötelenir (Akt. Ertekin ve İrioğlu 2011).



Şekil 1. Uzamsal Yeteneğin Bileşenleri (Sorby 1999)

Walle (2012)' nin sürekli olarak zamana yayılacak biçimde şekiller ve uzamsal ilişkilerle ilgili zengin deneyimler sunulduğunda, bu deneyimlerin kişinin uzamsal yeteneğini geliştirebileceğini savunduğunu belirtmiştik. Bu görüşe paralel olarak uzamsal yeteneğin uygun etkinliklerle geliştirilebileceğine dair kanıtlar bulunmatadır (Alias, Black, Gray 2002; Güven ve Kösa 2008; Towle, Mann, Kinsey, O'Brien, Bauer ve Champoux 2005; Olkun 2003). Uzamsal becerileri geliştirdiği belirtilen el ve göz koordinasyonunu içeren bazı faaliyetler şu şekilde sıralanabilir:

- Çocukluk döneminde oluşturulabilen oyuncaklarla oynamak
- Üç boyutlu bilgisayar oyunları oynamak
- Bir takım sportif faaliyetlerde bulunmak
- Gelişmiş matematiksel becerilere sahip olmak (Sorby 1999).

#### **Araştırmanın Gerekliliği ve Problem Cümlesi**

Birçok araştırma özellikle geometri öğretiminde, öğrencilerin gereksinimlerini karşılayacak uygun eğitim-öğretim ortamını oluşturabilmenin zorluklarından bahsetmekte ve bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin akademik başarılarını olumlu yönde etkilediğini savunmaktadır (Birgin ve Tutak 2006; Bones 2002; Eryiğit 2010; Forsythe 2007; Karakuş 2008; Kepceoğlu 2010; Salim 2008; Şataf 2010; Vatansever 2007). Bunun yanı sıra yapılan pek çok araştırma ile uzamsal yeteneğin geliştirilebileceğine kanıtlar sunulmuştur (McClurg 1992; Towle, Mann, Kinsey, O'Brien, Bauer ve Champoux 2005; Turhan 2010; Turğut 2010; Yıldız 2009; Yolcu 2008). Çocukların geometri ile ilgili deneyimlerinin ve teknoloji kullanımlarının uzamsal yeteneğin gelişimi noktasında önemli olduğu düşünüldüğünde bir geometri konusunun öğretiminde dinamik geometri yazılımı kullanmanın öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin gelişimine nasıl etki edeceği araştırılmaya karar verilmiştir. Böylece 6.sınıf öğrencileri ile prizmalar ünitesinin işlenmesi sırasında dinamik geometri yazılımı Cabri 3D ile yapılan öğretim ve öğretim programında yer alan etkinlik temelli öğretimin öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin gelişimi üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada bu ihtiyaç doğrultusunda aşağıdaki probleme cevap aranmıştır:

- Dinamik geometri yazılımı Cabri 3D' nin kullanıldığı grup öğrencileri ile (deney grubu), kullanılmadığı grup öğrencilerinin (kontrol grubu) uzamsal yeteneklerinin gelişim düzeyleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?

## YÖNTEM

### Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı ilköğretim 6.sınıf matematik dersi prizmalar bölümünün, geometri öğrenme alanında; geometrik cisimler, ölçme öğrenme alanında alanı ölçme ve hacmi ölçme konularının öğretiminde dinamik geometri yazılımı kullanmanın öğrencilerin uzamsal yeteneklerine etkisini araştırmaktır.

### Araştırmanın Modeli

Araştırma deneysel desen yöntemi ile yapılmıştır. Deneysel araştırmalarda bağımsız değişkenin araştırmacı tarafından manipüle edilmesi ve deneklerden en az iki koşulda bağımlı değişkene ait elde edilen ölçümlerin karşılaştırılması söz konusudur (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz, Demirel 2008). Araştırmada statik grup ön test – son test desen modeli kullanılmıştır. Ön test – son test denkleştirilmemiş gruplu desen olarak da bilinen bu desende hazır olan gruplarla uygulamalar yapılır. Deneklerin gruplara seçkisiz atanması söz konusu değildir. Deneklerin uygulama öncesinde ve sonrasında bağımlı değişkene ilişkin ölçümleri alınır. Bu desen modelinde seçkisiz atanmanın olmaması temel sorununa rağmen, grupların ölçülen nitelikle ilgili başlangıç noktalarının bilinmesine, bu sayede değişimin ölçülmesine ve test edilmesine olanak sağlaması desenin kullanılabilirliğini artırmaktadır (Büyüköztürk vd 2008).

### Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu için Ankara ilinin Akyurt ilçesinde bir devlet ilköğretim okulunun 6.sınıf öğrencileri seçilmiştir. Bu okulun A ve B şubelerinde öğrenim gören 17' şer öğrenci çalışma grubunu oluşturmaktadır. Araştırma gruplarının yansız ataması için öncelikle iki ayrı gruba uzamsal yetenek testi ön test olarak uygulanmıştır. A ve B sınıfında yer alan öğrencilerin prizmalar konusunda hazırlanmış başarı testinden uygulama öncesinde aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığına ilişkisiz örneklem için Mann Whitney U-testi kullanılarak bakılmıştır. Bu test ilişkisiz ölçümlerin söz konusu olduğu az denekli deneysel çalışmalarda sıklıkla kullanılır (Büyüköztürk 2012).

Tablo 1. A ve B Sınıfındaki Öğrencilerin Uygulama Öncesi Uzamsal Yetenek Testi Puanlarına İlişkin Mann Whitney U-Testi Sonuçları

Sınıf	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	P
A	17	16.03	272.5	119.5	.388
B	17	18.97	322.5		

A ve B sınıflarının uygulama öncesi MGMP uzamsal yetenek testi puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına ilişkin yapılan Mann Whitney U-testi sonucuna göre iki grubun puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır [ $U=119.5$ ;  $p>.05$ ]. Bu sonuçlara dayanarak, A ve B sınıfındaki

öğrencilerinin uygulama öncesindeki uzamsal yetenek puanlarının birbirine denk olduğu söylenebilir.

### Veri Toplama Aracı

MGMP Uzamsal Görselleştirme Testi Middle Grades Mathematics Project adlı projede kullanılmak üzere Michigan State Üniversitesi matematik bölümü öğretim elemanları olan Glenda Lappan, William M. Fitzgerald, Elizabeth Phillips, Mary Jean Winter, David Ben-Chaim, Alex Friedlander, Zaccheaus Oguntebi ve Pat Yarbrough tarafından geliştirilmiştir. Bu test, 5 şıklı 32 çoktan seçmeli sorudan oluşmuştur. Tablo 3' de görüldüğü gibi, testte küp sayma, 2D'den 2D'ye görselleştirme, 2D'den 3D'ye ve 3D'den 2D'ye görselleştirme, şekli zihinde ayırıştırma, zihinde bütünleme, zihinde döndürme ile ilgili sorular bulunmaktadır.

Test Türkçeye Turğut (2007) tarafından çevrilmiştir. Bazı maddeler testten çıkartılırken bazı yeni maddeler teste eklenmiştir. Şık sayısı dörde indirilmiştir. 29 sorudan oluşan testin son hali ITEMAN programında analiz edilerek güvenilirlik katsayısı 0.830 olarak bulunmuştur. MGMP testindeki sorular uzamsal yeteneğin iki alt bileşenini de ölçtüğünden Turğut (2007) bu teste yeni isim olarak MGMP Uzamsal Yetenek testi ismini vermiştir.

Tablo 2. Uzamsal Yetenek Testinin Soru Tiplerine Göre Dağılımı

	Soru Numarası	Toplam	Yüzde
Küp Sayma	10, 12, 14, 17	4	14
2D'den 2D'ye Görselleştirme	7,9	2	7
2D'den 3D'ye ve 3D'den 2D'ye Görselleştirme	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 22, 24	10	34
Şekli Zihinde Ayırıştırma	11, 13, 16, 20	4	14
Zihinde Bütünleme	15, 23, 25	3	10
Zihinde Döndürme	19, 21, 26, 27, 28, 29	6	21

### Veri Toplama Süreci

Çalışma deney ve kontrol gruplu ön test/son test modelinde tasarlandığı için uygulamalar deney ve kontrol grubuna aynı gün yapılan ön testlerle başlamıştır. Ön test sürecinde deney ve kontrol grubuna MGMP Uzamsal Yetenek Testi uygulanmıştır. Deney ve kontrol grubuna uygulama sürecinde yapılan çalışmalar tablo halinde gösterilmiştir:

Tablo 3. Gruplar İçin Uygulanan Çalışma Planı

Süre	Deney Grubu	Kontrol Grubu
1 Ders Saati	Uzamsal yetenek testinin ön test olarak uygulanması	Uzamsal yetenek testinin ön test olarak uygulanması
14 Ders Saati	Cabri 3D dinamik geometri yazılımı ve hazırlanmış etkinlik kağıtları yardımı ile bilgisayar sınıfında prizmalar ünitesinin işlenmesi	Sınıf ortamında prizmalar ünitesinin işlenmesi
1 Ders Saati	Uzamsal yetenek testinin son test olarak uygulanması	Uzamsal yetenek testinin son test olarak uygulanması

Prizmalar ünitesi işlenirken kullanılacak etkinlikler ve ders planları İlköğretim Matematik Dersi 6-8. Sınıflar Öğretim Programı (2009)' na uygun olarak Tablo 4' de yer alacak kazanımları kapsayacak şekilde hazırlanmıştır:

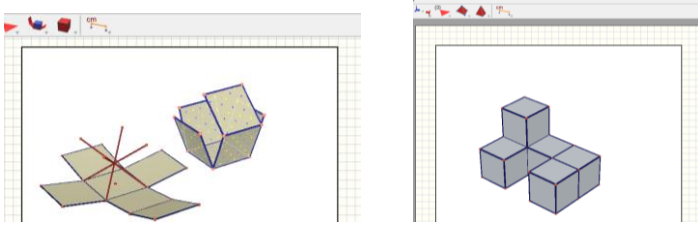
Tablo 4. 6. Sınıf Öğretim Programında Geometri ve Ölçme Öğrenme Alanlarında Geometrik Cisimler Konusu ile İlgili Kazanımlar

Öğrenme Alanı	Kazanım
Geometri	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prizmaların temel elemanlarını belirler.</li> <li>2. Eş küplerle oluşturulmuş yapıların farklı yönlerden görünümünü çizer.</li> </ol>
Ölçme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün yüzey alanlarını hesaplar.</li> <li>2. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün yüzey alanı ile ilgili problemleri çözer ve kurar.</li> <li>3. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmine ait bağıntıları oluşturur.</li> <li>4. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmini strateji kullanarak tahmin eder.</li> <li>5. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmi ile ilgili problemleri çözer ve kurar.</li> </ol>

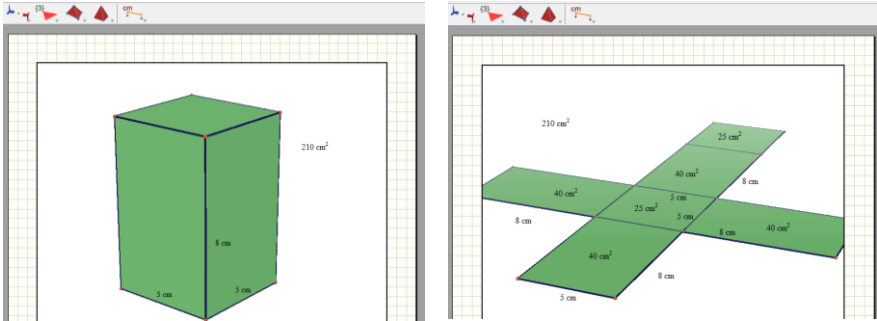
Kontrol grubunda 14 ders saati boyunca, yazı tahtası, somut materyaller, etkinlik kâğıtları kullanılarak öğretim programında yer aldığı gibi etkinlik destekli ve geleneksel öğretim yöntemleri ağırlıklı bir öğretim süreci gerçekleştirilmiştir.

Deney grubunda öğrenciler Cabri 3D dinamik geometri yazılımının yüklendiği 9 bilgisayar başına her bir bilgisayarı iki öğrenci kullanacak şekilde yerleştirilmiştir. Cabri 3D yazılımı ders öncesinde menüleri ve araç çubukları ile tanıtılmış, öğrencilere her etkinlik öncesinde etkinlik sırasında kullanacakları adımları içeren Cabri 3D kullanma yönergeleri dağıtılmıştır. Öğrencilerin yaşları

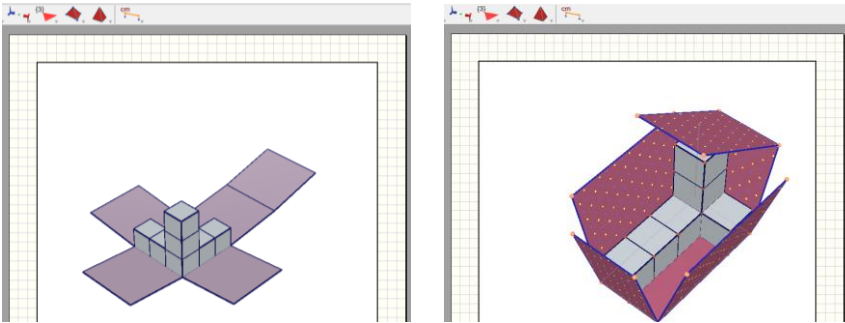
itibari ile bu tür programları öğrenmeye yatkın olmaları, programın kullanımının kolaylığı sebepleriyle aynı gün öğretim sürecine başlanmıştır. Deney grubunda öğretim süreci, öğrencinin yönergelerden yararlanarak Cabri 3D yazılımı ile isteneni oluşturup, konuyu kendisinin keşfetmesi ve yapılandırması temeline dayandırılmıştır. Her Cabri 3D uygulaması sonunda da her etkinlik için ayrı hazırlanan etkinlik kağıdı ile de öğrenciler öğrendiklerini kağıtlara aktarmış, soruları cevaplamış ve öğretmenin bilgilerin kontrolü ve düzeltmesini yapabilmıştır.



Şekil2. “Prizmaların Temel Elemanlarını Belirleme” ve “Eş Küplerle Oluşturulmuş Yapıların Farklı Yönlerden Görünümünü Çizme” Kazanımlarına İlişkin Cabri 3D Etkinlik Sayfalarından Örnekler



Şekil3. “Dikdörtgenler Prizması, Kare Prizma ve Küpün Yüzey Alanlarını Hesaplama” Kazanımına İlişkin Cabri 3D Etkinlik Sayfalarından Örnekler



Şekil4. “Dikdörtgenler Prizması, Kare Prizma ve Küpün Hacmine Ait Bağlılıklarını Oluşturma” Kazanımına İlişkin Cabri 3D Etkinlik Sayfalarından Örnekler



Deney grubunda ders öğrencilerin bilgisayarlarında Cabri 3D yazılımı ile prizmalar çizmeleri, prizmaların elemanlarını tanımaları ve uygulama sonrası öğrendiklerini etkinlik kâğıtlarında ifade etmeleri ile başlamıştır. Süreçte öğretmen bütün öğrencilerin takibini hem bilgisayarlarda yapılanlarını hem de etkinlik kâğıtlarını kontrol ederek yapmıştır. Öğrencilerden Cabri 3D ile sırasıyla eş küplerle farklı yapılar oluşturmaları, eş küplerle oluşturdukları yapıların farklı yönlerden görünümünü keşfetmeleri, dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün alan bağıntılarını keşfetmeleri ve bu cisimleri farklı ayırt uzunlukları ile oluşturup, alan hesabını yapabilmeleri ve son olarak dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacim bağıntılarını keşfetmeleri ve bu cisimleri farklı ayırt uzunlukları ile oluşturup, hacim hesabını yapabilmeleri beklenmiştir. Her etkinliğin sonunda öğrenciler öğrendiklerini etkinlik kâğıtlarına aktarmışlardır.

### Verilerin Analizi

Verilerin analizi bir istatistiksel analiz programında yapılmıştır. Grupların son test ve ön test uzamsal yetenek testi puan fark ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığına Mann Whitmey-U testi kullanılarak karar verilmiştir.

### BULGULAR ve YORUM

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin eğitim öncesi ve sonrası uzamsal yetenek testi puanları farkı arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı, ilişkisiz örneklem için Mann Whitney U-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Kontrol ve Deney Grubundaki Öğrencilerin Uygulama Öncesi Uzamsal Yetenek Testi Puanlarına İlişkin Mann Whitney U-Testi Sonuçları

Sınıf	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Kontrol	17	15.97	271.5	118.5	.367
Deney	17	19.03	323.5		

Kontrol ve deney grubundaki öğrencilerin eğitim öncesi ve sonrası uzamsal yetenek testi puanları farkı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının anlaşılması için yapılan Mann Whitney U-testi sonucuna göre iki grubun puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır [ $U=118.5$ ;  $p>.05$ ]. Sıra ortalamaları dikkate alındığında deney grubu öğrencilerinin uzamsal yetenek düzeylerinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara dayanarak, deney grubu ile gerçekleştirilen dinamik geometri yazılımı Cabri 3D’nin kullanıldığı öğretim sürecinin diğer öğretim süreci ile karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık oluşturmadığı söylenebilir.

Bu bulgunun yanı sıra bilgisayar destekli öğretimin yapıldığı deney grubu öğrencilerinin dinamik geometri yazılımı Cabri 3D ve işlenen ders hakkındaki görüşlerini almak üzere öğrenciler ile sınıf ortamında yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşme formlarından elde edilen yanıtlar şöyle özetlenebilir:

- Öğrenciler Cabri 3D programı ile öğrenmenin eğlenceli ve ilgi çekici olduğunu, teknoloji kullanımının dikkat çektiğini ve öğrenmeyi kolaylaştırdığını, geometrik cisimleri 3-boyutlu oluşturabilmenin doğru, kolay ve kalıcı öğrenme sağladığını söylemişlerdir. Cabri 3D programının eksik yönü olarak ses özelliğinin bulunmamasını ve ev ortamında kullanabilme imkanlarının kısıtlı olmasını belirtmişlerdir.
- Öğrenciler Cabri 3D programı ile öğrenmenin daha eğlenceli olduğunu, Cabri 3D'nin daha çok görsellik sağladığını ve farklı etkinlikler yapmayı kolaylaştırdığını, geometrik cisimleri zihinde canlandırmayı kolaylaştırdığını böylece yanlış öğrenmelere engel olduğunu söylemişlerdir. Az sayıda öğrenci ise bilgisayar destekli öğretim ile öğretmen anlatımı arasında öğrenmeleri açısından herhangi bir farklılık olmayacağını savunmuştur. Bazı öğrenciler programın dilinin İngilizce olması sebebiyle menüleri karışık bulmuş, araçların yerini karıştırmış, bu sebeple Cabri 3D'yi kullanmakta zorlandıklarını belirtmişlerdir.
- Öğrencilerin bu tür uygulamaların kullanılmasını istediği diğer konular: geometri konuları, alan ölçme, simetri, öteleme... dir. Öğrenciler kesirler konusunu öğrenmekte zorluk çektikleri için kesirlerin öğretiminde de böyle bir uygulamanın kullanılmasını istediklerini sıklıkla dile getirmişlerdir.

Bu konu CABRİ 3D olmadan anlatılsaydı, bu öğrenmenizle o öğrenmeniz arasında nasıl bir fark olabilirdi?

Cisim böşegeninin ne olduğunu zor öğrenirdik.

Uygulaması yapılan konuyu daha iyi öğrendiğinizi düşünüyorsanız bunu sağlayan sebepler nelerdir?

Düşünüyorum zira bu 3 boyutlu  
daha iyi algılıyorum :)

CABRİ 3D yoluyla matematik öğretimi size ne gibi faydalar sağladı? CABRİ 3D ile matematik öğretiminin avantajları ve dezavantajları nelerdir? CABRİ 3D programında hoşunuza giden yönler ve eksik yönler nelerdir?

Şekilleri 3 boyutlu görmek algılamamızı kolaylaştırdı.  
Derse dikkatimizi vermemizi sağlıyor. Derse ilgi-  
lenmemizi kolaylaştırdı. Şekillerin öteleme, dönme ka-  
nusunda çok fayda sağladı.

Uygulaması yapılan konuyu daha iyi öğrendiğinizi düşünüyorsanız bunu sağlayan sebepler nelerdir? CABRİ ile alıştırmalar yaparak

bilgilerimi geliştirdiğimi düşünüyorum.

Şekil 5. Deney Grubu Öğrencilerinin Görüşme Sorularına Verdikleri Cevaplardan Örnekler

## TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada kontrol ve deney grubundaki öğrencilerin eğitim öncesi ve sonrası uzamsal yetenek testi puanları farkı arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu sonuç uzamsal yeteneğin gelişiminde, dinamik geometri yazılımı Cabri 3D'nin kullanıldığı bilgisayar destekli öğretim uygulamasının etkinlik temelli öğretime göre anlamlı bir fark oluşturmadığını göstermiştir. Üç boyutlu sanal ortam ve somut materyallerin uygulama sürecini karşılaştırdığı çalışmasında Yıldız (2009) da deney ve kontrol grubu öğrencilerinin araştırma sonrası zihinsel döndürme testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Yine Takunyacı (2007), Boyraz (2008) ve Turhan (2010)' ın araştırmaları uzamsal ilişki puanlarında bilgisayar uygulamalarının geleneksel öğretim uygulamalarına göre anlamlı bir fark oluşturmadığını göstermiştir. Bunların yanı sıra Ferini-Mundy (1987) çalışmasında 250 lise öğrencisine çizim etkinlikleri içeren eğitim verilmesinin ardından uzamsal görselleştirme yeteneği testinde gelişme olmadığını görmüştür. Bahsedilen çalışmalarda kontrol gruplarında derslerin geleneksel yaklaşımlarla yürütüldüğü görülür. Bu derslerde üç boyutlu cisimler tahtada iki boyutlu bir formatta temsil edilir. Burada öğrenciler üç boyutlu modelleri manipüle etme ve oluşturma fırsatlarına sahip olmayacaklardır. Oysa bu uygulamalar uzamsal yeteneğin gelişiminde hayati önem taşımaktadır (Güven ve Kösa 2008). Bu çalışmada deney grubu ve kontrol grubunda yürütülen uygulamaların her ikisinin de bu sınırlılığı giderecek nitelikte olduğu düşünülmektedir ve her iki grubun uzamsal yetenek puanlarındaki artış bunun bir kanıtıdır. Ancak grupların gelişim düzeyleri arasında anlamlı bir fark oluşmamasının sebebi olarak bilgisayar destekli öğretim uygulamalarında kullanılan etkinliklerin uzamsal yeteneği geliştirmede beklenenden yetersiz kalması gösterilebilir. Yıldız ve Tüzün (2011) ise öğrencilerin yeni bir ortamla karşılaşmalarının da gelişimleri üzerinde etkisi olabileceğini ve daha uzun süreli tasarlanacak araştırmalarla gelişimin izlenmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Nitel bulgulara bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin dinamik geometri yazılımı Cabri 3D ile geometri öğretimini eğlenceli, dikkat çekici bulmuşlar, uygulamanın öğrenmeyi kolaylaştırdığını, anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi sağlayacağını söylemişlerdir. Nitel bulgular öğrencilerin programın dinamikliğini ve görselliğini beğendiklerini gösterirken, bazı öğrencilerin programın dilinin İngilizce olması sebebiyle uygulamalarda zorlandığını söyleyebiliriz. Öğrenci görüşleri de dinamik geometri yazılımı kullanılarak işlenen dersin öğrencilerin motivasyonlarına, derse katılma arzularına ve gelişimlerine olumlu katkılar sağladığını göstermektedir.

Ülkemizde yenilenen ilkökul, ortaokul ve ortaöğretim matematik dersi müfredatlarında öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerinin geliştirilmesine, bilgisayar destekli öğretim yönteminin uygulanması ile dinamik geometri yazılımlarının kullanımına özellikle vurgu yapılmıştır. Çalışma sonunda teknoloji destekli uygulamaların başlangıca göre uzamsal yetenek puanlarını

artırdığı gözlenmiştir. Bu sonuç araştırmacıların ilköğretim geometri konularının öğretimi için uygun gördükleri teknoloji desteğinin önemini destekler niteliktedir. Bu durum ile ilgili inceleme ve araştırmalara ilköğretim ve ortaöğretim düzeylerinde önem verilmeli ve bu bulgulardan öğretmenler haberdar edilmelidir.

Uygulama sonunda öğrencilerin uzamsal yetenek düzeylerini belirlemeye yönelik ölçme ve değerlendirme soruları kullanılmıştır. Sürece dayalı bir ölçme ve değerlendirme yapılmamıştır. Çalışmada öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin geliştiği görülmüştür ama bu yetenek gelişirken öğrencilerin düşünme biçimlerinin nasıl ve ne derece değiştiği incelenememiştir. Bu problem araştırmanın devamı olarak ele alınabilir. Yine dinamik geometri yazılımı kullanımının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisi ve ilköğretimin diğer sınıf düzeylerinde ve ortaöğretim kurumlarında kullanımı da araştırılabilir.

### KAYNAKLAR

- Aktümen, M., Horzum, T., Yıldız, A. ve Ceylan, T. (2010). *Bir dinamik matematik yazılımı: GeoGebra ve ilköğretim 6-8. sınıf matematik dersleri için örnek etkinlikler*. ISBN: 978-605-125-189-9. <http://ankarageogebra.org/cms/aktumen/ekitap/> adresinden 06.05.2013 tarihinde alınmıştır.
- Alias, M., Black, T., R., & Gray, D., E. (2002). Effect of instructions on spatial visualisation ability in civil engineering students. *International Education Journal*, 3(1), 1-12.
- Baki, A. (2002). *Öğrenen ve öğretmenler için bilgisayar destekli matematik. (1.Baskı)*. İstanbul: Ceren Yayın Dağıtım.
- Bintaş, J., Akıllı, B. (2008). *Bilgisayar destekli geometri : geometer's sketchpad kullanımı ve geometri uygulamaları : (ilköğretim, lise ve yüksek öğretim düzeylerindeki tüm öğrencilere)*. Ankara : Öğreti.
- Birgin, O., Tutak, T. (2006). Geometri öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi. *8.International EducationalTechnology Conference*; 1062-1065.Web: <http://www.ietc2008.anadolu.edu.tr/online.php> adresinden 28 Temmuz 2012 tarihinde alınmıştır.
- Bones, M. (2002). *Computer assisted instructionand volumes of solids (Bilgisayar destekli öğretim ve katı cisimlerin hacimleri)*. Yüksek lisans Tezi, California Üniversitesi.
- Boyras, Ş. (2008). *The effects of computer based instruction on seventh grade students' spatial ability, attitudes toward geometry, mathematics and technology*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Bulut, S., Köroğlu, S. (2000). On birinci sınıf öğrencilerinin ve matematik öğretmenadaylarının uzaysal yeteneklerin incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 56-61.
- Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı. (16.Baskı)*. Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri. (2.baskı)*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Ertekin, E., İrioğlu, Z. (April,2011). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin zihinsel becerilerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi. *2nd International Conference on New Trends in Educationand Their Implication*. 1523-

- 1529.Web:[http://www.iconte.org/FileUpload/ks59689/File/266.\\_zeynep.irioglu.pdf](http://www.iconte.org/FileUpload/ks59689/File/266._zeynep.irioglu.pdf) adresinden 04.10.2011 tarihinde alınmıştır.
- Eryiğit, P. (2010). *Üç boyutlu dinamik geometri yazılımı kullanmanın 12.sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ve geometri dersine yönelik tutumlarına etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ferini-Mundy, J. (1987). Spatial Training for Calculus Students: Sex differences in Achievement and in Visualization Ability. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18 (2), 126-140.
- Forsythe, S. (2007). Learning geometry through dynamic geometry software. *Mathematics Teaching Incorporating Micromath*, 202, 31-35.
- Green, S.B., Salkind, N.J., & Akey, T.M. (2000). *Using SPSS for windows : Analyzing and understanding data*. New York : Printice Hall.
- Gözen, Ş. (2001). *Matematik ve öğretimi*. İstanbul : Evrim.
- Güven, B., Karataş, İ. (2003). Dinamik geometri yazılımı cabri ile geometri öğrenme: öğrenci görüşleri. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(2), 67-78.
- Güven, B., Kösa, T. (2008). The effect of dynamic geometry software on student mathematics teachers' spatial visualization skills. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 100-107.
- Karakuş, Ö. (2008). *Bilgisayar destekli dönüşüm geometrisi öğretiminin öğrenci erişimine etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Karataş, İ., Güven, B. (2008, 6-9 Mayıs). Bilgisayar donanımlı ortamlarda matematik öğrenme: öğretmen adaylarının kazanımları. *Anadolu University 8th International Educational Technology Conference*, Eskişehir. Web: <http://www.ietc2008.anadolu.edu.tr/online.php> adresinden 11 Ağustos 2011 tarihinde alınmıştır.
- Kepceoğlu, İ. (2010). *Geogebra yazılımı ile limit ve süreklilik öğretiminin öğretmen adaylarının başarısına ve kavramsal öğrenmelerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kösa, T., Karakuş, F. (2010). Using dynamic geometry software Cabri 3D for teaching analytic geometry. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 1385-1389.
- McClurg, P., A. (1992). Investigating the development of spatial cognition in problem-solving microworlds. *Journal of Computing in Childhood Education*, 3(2), 111-126.
- Olkun, S. (2003). Making connections: improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, (Nisan 2003), 1-10.
- Salim, R. (2008, 16-18 Nisan). Application of geometer's software aids in improving secondary school students' understanding on the concept of function and graphs. *Proceedings of the National Conference on Graphing Calculators, Malaysia*. Web: <http://math.usm.my/Events/NCGC08Proc/all.pdf> adresinden 16 Ağustos 2011 tarihinde alınmıştır.
- Sorby, S. (1999). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 21-32.
- Stockdale, C., Possin, C. (1998). *Spatial Relations and Learning*. <http://impactofspecialneeds.weebly.com/uploads/3/4/1/9/3419723/spatial.pdf> adresinden 06.05.2013 tarihinde alınmıştır.
- Şataf, H. A. (2010). *Bilgisayar destekli matematik öğretiminin ilköğretim 8.sınıf öğrencilerinin "dönüşüm geometrisi" ve "üçgenler" alt öğrenme alanındaki*

- başarısı ve tutuma etkisi Isparta örneği.* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Takunyacı, M. (2007). *İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin geometri başarısında bilgisayar destekli öğretimin etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Tapan Broutin, M. S. (2010). *Bilgisayar etkileşimli geometri öğretimi, Cabri geometri ile dinamik geometri etkinlikleri. (1.baskı).* Bursa: EzgiKitabevi. Web: <http://www.hiperkitap.com/ekitap/show.jsp?full=true&init=true&bookId=BOOK2010122800301905397594&pageNo=1&w=1007&h=57> adresinden 17 Ağustos 2011 tarihinde alınmıştır.
- Towle, E., Mann, J., Kinsey, B., O'Brien, J., E., Bauer, F., C., & Champoux, R. (2005). Assessing the self efficacy and spatial ability of engineering students from multiple disciplines. *35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.* <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1612216> adresinden 06.05.2013 tarihinde alınmıştır.
- Turhan, İ. E. (2010). *Bilgisayar destekli perspektif çizimlerin sekizinci sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine, matematik, teknoloji ve geometriye karşı tutumlarına etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Turğut, M. (2007). *İlköğretim II.kademe öğrencilerinin uzamsal yeteneklerinin İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Turğut, M. (2010). *Teknoloji destekli lineer cebir öğretiminin matematik öğretmen adaylarının uzamsal yeteneklerine etkisi.* Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Vatansver, S. (2007). *İlköğretim 7. sınıf geometri konularını dinamik geometri yazılımı Geometer's Sketchpad ile öğrenmenin başarıya, kalıcılığa etkisi ve öğrenci görüşleri.* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Walle, J., A., V., Karp, K., S., & Bay-Williams, J., M. (2012). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmantally* (S. Durmuş. Çev.Ed.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yıldırım, C. (2004). *Matematiksel düşünme. (4.Basım).* İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Yıldız, B. (2009). *Üç boyutlu sanal ortam ve somut materyal kullanımının uzamsal görselleştirme ve zihinsel döndürme becerilerine etkileri.* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, B., Tüzün, H. (2011). Üç boyutlu sanal ortam ve somut materyal kullanımının uzamsal yeteneğe etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 498-508.
- Yolcu, B. (2008). *Altıncı sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerini somut modeller ve bilgisayar uygulamaları ile geliştirme çalışmaları.* Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

## SUMMARY

It is known that many people say that they have trouble with mathematics. When discrete and symbolic character of mathematics are combined with deficiencies of teaching conditions, this negativity appears more sharply (Yıldırım 2004).

One of the main principles of successful mathematics teaching is that teacher find tools making children participate in classroom activities as possible as the sensory organs and the mental ability enable them to do (Gözen 2001). At the present time, the impact of technology is increasing day by day in education. Can computer technology be used as a tool for achieving this important and difficult job?

Computer should be used as a tool enabling children to make assumptions, generalizations and experiments. The purpose of the use of the computer as a tool in education is that students have an idea about mathematical results, take steps taken in reaching the mathematical results as a mathematician and allow them to develop their own and unique way of thinking. It is meant that the appropriate use of the computer in mathematics education is to help students to develop their higher-level cognitive skills.

Battista explained that “spatial ability” is one of the important factor affecting geometry achievement and geometrical problem solving. Gardner stated one of the varieties of man's intelligence is spatial intelligence. There is a consensus among mathematics educators and researchers on this ability helping the person to understand the different areas of mathematics and the environment.

Tatre (1990) believes that there are two distinct categories of 3-D spatial skills-spatial visualization and spatial orientation. The spatial visualization component involves mentally moving an object while the spatial orientation component involves being able to mentally move your viewpoint while the object remains fixed in space. The spatial visualization component is further subdivided into two categories of Mental Rotation and Mental Transformation. The difference between these two categories is that with Mental Rotation, the entire object is transformed by turning in space, whereas with Mental Transformation, only part of the object is transformed in some way (Sorby 1999). Are spatial skills developed? How are spatial skills developed?

Researches believes that spatial ability can be developed. Although each study has produced slightly different results, it seems that activities require eye-to-hand coordination are those that help to develop these skills. Sorby (1999) says: “Activities that have been found to develop spatial skills include:

1. playing with construction toys as a young child,
2. playing 3-dimensional computer games,
3. participating in some types of sports
4. having well-developed mathematical skills.”

So, can be used as a tool to improve spatial ability of the dynamic geometry software?

The purpose of this paper is to determine how utilizing the three dimensional dynamic geometry software in teaching geometry and assessment learning domains of Prisms unit of the 6th grades' mathematics lesson effects their spatial ability. With this objective, we present the following problem:

1. Is there a significant difference in experimental and control group students' performance of spatial ability before and after the teaching process?

The study took place in 2011-2012 academic (educational) years on thirty-four 6th grade students studying at a public elementary school located in Akyurt, Ankara. In the study, pretest – posttest control group experimental research model was used. While one of the 6th grades was determined as the experimental group, the other one was identified as the control group.

The lessons were carried out with computer assisted teaching approach by using dynamic geometry software Cabri 3D on experimental group and with activity-based teaching method on control group as involved in the curriculum. The teaching process took fourteen hours in both groups.

In the study, “Spatial Ability Test” were used as data collection device. “Spatial Ability Test” was already available. The data was analysed through a statistic program.

As a result of the data obtained through the research, before the teaching process, there isn't any statistically significant difference between the experimental and control group students' level of spatial ability. This indicates that the two groups are equal in terms of the level of spatial ability before implementation. At the end of the teaching process in which Cabri 3D is used, it has been seen that there isn't any statistically significant difference between the experimental and control group students' performance of spatial ability. The study results were interpreted in the light of the relevant literature. It is considered that the results gathered from the research shall contribute in the studies to be carried out on the use of Cabri 3D in spatial ability and geometry teaching. If further research is wanted to be carried out on this area, it could be done on different grade level and groups for generalize of research findings.