

## P-1/V, P-t, V-n İÇİN ÇİZİLEN GRAFİKLERİN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ TARAFINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Handan Ürek  
Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi  
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü  
[handanurek@balikesir.edu.tr](mailto:handanurek@balikesir.edu.tr)

Yrd. Doç. Dr. Gamze Dolu  
Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi  
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü  
[agamze@balikesir.edu.tr](mailto:agamze@balikesir.edu.tr)

### Özet

Öğrencilerin matematiksel becerileri, interdisipliner ilişkiler gösteren kimya eğitiminde ön plana çıkmaktadır. Bu durumun bir yansıması, gazlar konusunun öğretiminde görülmektedir. Teorik bilgilerle günlük yaşam uygulamalarının yanında grafik çizme-yorumlama becerileri, bu konunun öğretiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmanın amacı, üniversite birinci sınıf seviyesindeki Fen Bilgisi Öğretmenliği öğrencilerinin, P-1/V, P-t, V-n için çizilen gaz yasaları ile ilgili grafikleri nasıl değerlendirdiklerinin ortaya çıkarılması ve öğrencilerin bu becerilerinin, konunun öğretimi sonucunda nasıl bir değişim gösterdiğinin belirlenmesidir. Bu kapsamda, 30 öğrenci ile zayıf deneysel desende bir araştırma yürütülmüştür. Veriler, araştırmacılar tarafından geliştirilen ve 3 farklı grafik içeren bir test yardımıyla toplanmış olup nicel yöntemlerle analiz edilmiştir. Araştırma bulguları, literatür ışığında tartışılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Kimya, üniversite öğrencileri, gaz yasaları.

## THE EVALUATION OF GRAPHS DRAWN FOR P - 1/V, P-t, V-n BY UNIVERSITY STUDENTS

### Abstract

Mathematical abilities of students gain significance in terms of chemistry education which possesses interdisciplinary relationships. A reflection of this situation is seen in the instruction of the subject of gases. Drawing graphs and commenting on them constitutes a considerable part of teaching of this subject as well as theoretical knowledge and daily life applications. The aim of the conducted study is to reveal the ability of university first year Science Teaching Program students evaluate the graphs related to gas laws about P - 1/V, P-t, V-n and how their abilities change after the instruction of the subject. At this respect, a weak experimental study was conducted with 30 students. Data was collected with the help of a test which involved three different graphs prepared by the researchers and analyzed by means of quantitative methods. The findings of the study have been discussed in the light of the related literature.

**Keywords:** Chemistry education, university students, gas laws.

## GİRİŞ

Nitelikli bir kimya eğitimi, sadece teorik bilgilerin aktarımı ile değil; deney yapılması, günlük yaşam uygulamalarına değinilmesi, problem çözülmesi, grafik okunması gibi farklı bilgi ve becerilerin geliştirilmesi sonucu gerçekleştirilebilir. İnterdisipliner ilişkiler gösteren kimya eğitiminde ön plana çıkan bir özellik de öğrencilerin matematiksel becerileridir. Nitekim matematik öğretiminde yaşanan zorlukların, başlıca fen bilimleri alanında yapılan öğretimi etkileyeceği açıktır (Bütüner ve Uzun, 2011).

Kimya eğitimi, fen bilimlerinde; problem çözümlerinin, grafik çizme ve yorumlama becerilerinin, bulunulan sınıf seviyesine göre işlem, logaritma, limit, türev, integral gibi matematiksel bilgilerin gerekli olduğu bir disiplini oluşturmaktadır.

Kimya eğitiminin interdisipliner ilişkisinin bir yansıması, gazlar konusunun öğretiminde görülmektedir. Gazlar konusu, hem fen bilimleri alanında öğrenim gören lise öğrencilerinin hem de Genel Kimya dersi alan üniversite öğrencilerinin karşılaştığı bir konudur. Teorik bilgiler ile günlük yaşam uygulamalarının yanında grafik çizme-yorumlama becerileri, bu konunun öğretiminde önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Grafikler, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymada kullanılmaktadır (Bayazıt, 2011). Ayrıca, grafikler; verilerin düzenlenmesinde, yorumlanmasında ve sunulmasında kolaylık ve anlaşılabilirlik sağlamaktadır (Taşar, İnceç ve Güneş, 2004). Fen eğitiminde grafik çizme üzerine yapılan araştırmaların başlıca üç duruma odaklandığı belirtilmekte olup bunlar şöyle sıralanmaktadır (Roth ve McGinn, 1997):

- Öğrencilerin grafiklerde belirtilen kavramları yorumlamaları
- Öğrencilerin grafikleri olayların resimleri olarak yorumlamaları
- Öğrencilerin, grafikteki eksenlerin ölçeklendirilmesi ile ilgili yaşadığı sıkıntılar.

Yukarıda bahsedilen durumlar, fen eğitiminde grafik kullanımı ile ilgili alanda yapılan çalışmalar hakkında araştırmacılara fikir vermektedir.

Gazlar, Kimyasal Kinetik, Buhar Basıncı, Faz Diyagramları gibi konular, kimya öğretiminde grafiklerin ön plana çıktığı bazı konuları oluşturmaktadır. Grafiğin içerdiği ilişkilere bilgiye göre grafiklerin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için yeterli bir matematik bilgisi gereklidir.

Alanyazında lise seviyesinde (Testa, Montoy ve Sassi 2002; Coştu, 2007) ve üniversite seviyesindeki (Bayazıt, 2011; Çelik ve Pektaş, 2017) öğrencilerin grafik okuma becerileriyle ilgili yapılmış çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda konu edilen grafikler genellikle fizik derslerinde karşılaşılan kinematik grafiklerdir (Testa ve diğ., 2002; Çelik ve Pektaş, 2017). Yapılan çalışmalar sonucunda, öğrencilerin çeşitli grafikleri yorumlamada yetersiz oldukları tespit edilmiştir (Coştu, 2007; Bayazıt, 2011).

Öğrencilerin grafik yorumlamada yaşadığı sıkıntılarının üstesinden gelmeye yönelik olarak, bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi kapsamında, grafik yorumlama ve çizme becerilerini de geliştirmeye yönelik bazı araştırmalar bulunmaktadır (Şimşekli ve Çalış, 2008; Laçın Şimşek, 2010). Bu araştırmalarda gerçekleştirilen işlemler ile öğrencilerin bilimsel süreç becerileri ile birlikte grafik yorumlama becerilerine de katkılarda bulunulduğu ortaya konulmuştur.

### Çalışmanın Amacı

Yapılan çalışmada, olan üniversite birinci sınıf seviyesindeki Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı öğrencilerinin;  $P - 1/V$ ,  $P - t$ ,  $V - n$  için çizilen gaz yasaları ile ilgili grafikleri nasıl değerlendirdiklerinin ortaya çıkarılması ve öğrencilerin bu becerilerinin, konunun öğretimi sonucunda nasıl bir değişim gösterdiğinin belirlenmesidir.

**Çalışmanın Önemi**

Bu çalışma, gerçekleştirilen öğretimin üniversite seviyesindeki öğrencilerin grafik yorumlama becerilerine bir katkısı olup olmadığını belirleme açısından önem taşımaktadır. Çalışmadan elde edilen olumlu sonuçların, diğer kimya eğitimcilerine bu konunun öğretimi sırasında izlenmesi gereken yöntem açısından fikir verebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma, öğrencilerin matematik ile kimya arasında ilişki kurabilme durumunu da ortaya koymaktadır. Bu nedenlerle, yapılan çalışmanın önem taşıdığı düşünülmektedir.

**YÖNTEM****Araştırma Deseni**

Bu araştırma, tek grup ön test-son test deseninde zayıf deneysel bir araştırmadır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2010, 198). Araştırmanın katılımcılarını oluşturan tek grup üzerinde veri toplama aracının ön test uygulaması, öğretim işlemi ve veri toplama aracının son test uygulaması gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracının uygulanması, araştırmacıların gözetiminde birer ders saati içerisinde gerçekleştirilmiştir. Öğretim işlemi de araştırmacılar tarafından yapılmış olup bir araştırmacı oniki ders saati boyunca gazlar konusunu teorik olarak işlerken diğer araştırmacı ise konu sonunda örnek soru çözümleri yapmıştır. Derslerde, gaz yasaları, gaz yasaları ile ilgili grafik çizme ve yorumlama, gaz yasaları ile ilgili problem çözümleri gibi farklı bilgi ve beceri türlerine yer verilmiştir. Bunların yanında, konunun günlük yaşam uygulamaları da ele alınmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerin analizi gerçekleştirilerek yapılan öğretimin öğrencilerin grafikleri yorumlama becerilerine olan etkisi incelenmiştir.

**Çalışma Grubu**

Yapılan araştırmanın katılımcıları, Türkiye'nin batısında yer alan bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi'nin Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı'nda öğrenim görmektedir. Katılımcıların tümü birinci sınıf seviyesinde olup yaş ortalaması 19'dur. Bu araştırmaya, derslere katılan ve hem ön test hem de son test uygulamalarında bulunan toplam 30 üniversite öğrencisi dahil edilmiştir. Çalışma grubunun belirlenmesinde, "kolay ulaşılabilir örnekleme" yaklaşımından yararlanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2008, 113). Katılımcıların tümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği programının birinci yılında verilmekte olan Genel Kimya I dersini almaktadır.

**Veri Toplama Aracı**

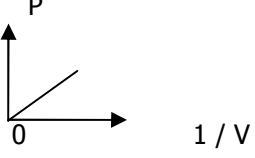
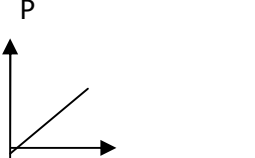
Araştırmada kullanılan veri toplama aracı, araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. Veri toplama aracında, gaz yasaları ile ilgili üç farklı grafik yer almaktadır. Veri toplama aracında yer alan sorular, Şekil 1'de gösterilmektedir. Katılımcılardan, onlara verilen bu grafikleri doğru ya da yanlış olarak belirleyip bu durumun sebebini açıklamaları istenmiştir.

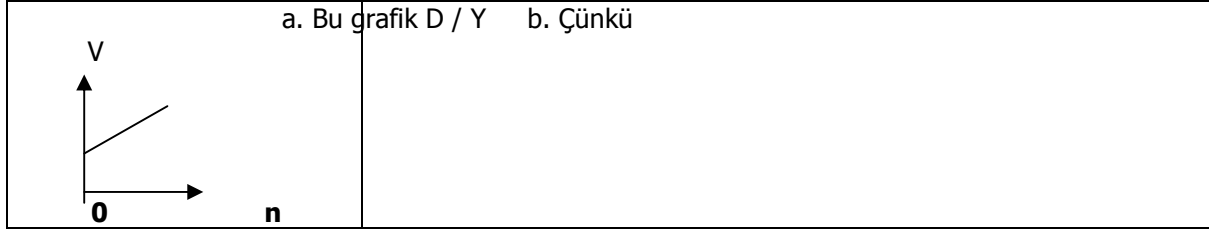
**Aşağıdaki grafikler için**

a. seçeneğinde grafiğin doğru/yanlış olup olmadığını belirleyiniz.

b. seçeneğinde ise neden doğru/yanlış olduğunu açıklayınız.

Burada P: Basınç, V: Hacim, T: Sıcaklık (K), t: Sıcaklık ( $^{\circ}$ C) ve n: Mol sayısını göstermektedir.

	<p>a. Bu grafik D / Y      b. Çünkü</p>
	<p>a. Bu grafik D / Y      b. Çünkü</p>



Şekil 1: Veri Toplama Aracında Yer Alan Sorular

Şekil 1’de görüleceği üzere verilen grafikler;  $P - 1/V$ ,  $P - t$ ,  $V - n$  arasındaki ilişkiye yöneliktir. Ancak öğrencilere verilen grafiklerin tamamı yanlış çizilmiştir. Tablo 1’de, bu grafikler ile ilgili ayrıntılı teorik bilgilere yer verilmektedir:

Tablo 1: Araştırmada Kullanılan Grafiklere Yönelik Açıklamalar

Grafiğin Adı	Açıklaması	Doğru Çizimi
<b>P - 1/V Grafiği</b>	P’ye karşılık 1/V grafiği çizildiğinde, basınç 0 olduğunda 1/V değeri 0 olmaz. $P=0$ olduğunda, 1/V tanımsız olur. Bu nedenle, P - 1/V grafiğindeki doğru 0 noktasından geçmez.	
<b>P - t Grafiği</b>	P’ye karşılık t grafiğinde; t, °C olarak verilen sıcaklıktır. Sıcaklık 0°C iken gazın basıncı 0 olmaz; 0’dan farklı bir değer alır. Verilen grafiğin 0 noktasından başlaması için sıcaklığın mutlak 0 olması yani K cinsinden verilmesi gerekir.	
<b>V - n Grafiği</b>	Verilen $V - n$ grafiğinde, gazın mol sayısının 0 olmasına rağmen hacim değerinin 0’dan farklı bir değer aldığı yani bir hacim kapladığı görülmektedir. Bu nedenle verilen grafik yanlıştır. Eğer bir gazın mol sayısı (n) 0 ise orada gaz yok demektir. Olmayan bir madde de yer kaplayamayacağı için hacmi (V) 0 olur. Bu durumda grafik hem V hem de n eksenini için 0 noktasından yani orijinden başlamalıdır.	

### Veri Analizi

Araştırmadan elde edilen verilerin analizine, öncelikle elde edilen veri toplama araçlarının, ön testte ve son testte aynı öğrenciye aynı numara verilecek şekilde kodlanması ile başlamıştır. Ardından, her bir katılımcıdan elde edilen veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda katılımcılar tarafından yapılan değerlendirmeleri altında toplayacak kriterleri içeren bir rubrik oluşturulmuştur. Bu rubrikte yer alan kriterler ve bunlara karşılık gelen puanlar şöyledir:

- **Herhangi bir açıklama yok:** 0 puan
- **Yanlış açıklama:** 1 puan
- **Eksik açıklama:** 2 puan
- **Doğru açıklama:** 3 puan
- **Doğru açıklama ve doğru grafik çizimi:** 4 puan

Yukarıda görüleceği üzere, öğrencilerin grafiklere yönelik yaptığı yorumlar uygun kriterler altında değerlendirilerek puanlanmıştır. Puanlama işlemi yine her iki araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde ortaya çıkan araştırmacılar arası görüş ayrılıkları yapılan tartışmalar ile giderilmiş ve her bir katılımcının ön test ve son test uygulamasından elde ettiği puanlar belirlenmiştir.

Verilerin analizinde nicel yöntemlerden yararlanılmıştır. Her bir katılımcının her bir grafik için ön test ve son testten elde ettiği puanlar ilk olarak bir Excel dosyasına aktarılmıştır. Ardından, bu puanlar SPSS 16.0'a transfer edilmiştir. Veriler, SPSS 16.0 aracılığı ile normal dağılım gösterme açısından incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, her bir uygulamadaki veri setinin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle, veri analizinde parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. Katılımcıların, ön test – son test puanlarının karşılaştırılması amaçlandığından Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi yardımıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Bu karşılaştırmalarda, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında katılımcılardan elde edilen puanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilmiş ve yapılan öğretimin, katılımcıların grafik yorumlama becerilerine olan ortaya konulmuştur.

## BULGULAR

Bu bölümde, veri toplama aracında bulunan her bir grafiğin ön test ve son test uygulamasında yorumlanmasından elde edilen verilerin, karşılaştırılması sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bulgular, her bir grafik için ayrı alt başlıklar halinde verilmektedir.

### P - 1/V Grafiğinin Yorumlanmasından Elde Edilen Bulgular

P - 1/V Grafiğinin, gazlar konusunun öğretiminden önce ve sonra öğrenciler tarafından değerlendirilmesi sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmasından elde edilen bulgular, Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: P - 1/V Grafiğinin Yorumunun Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile Analizi

İlgili Grafik	Son Test	Test-Ön	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
P - 1/V	Negatif Sıra		4	3.50	14.00	.000*	.9999
	Pozitif Sıra		3	4.67	14.00		
	Eşit		23				

\*Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo 2'ye göre, öğrencilerin P - 1/V grafiğini yorumlayabilme becerisi, gazlar konusunun öğretimi sonrasında, öncesine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir değişiklik göstermemiştir. Bu durum, Tablo 2'deki eşit sıra sayısından da anlaşılmaktadır. Bu grafiğe ait değerlendirmeler incelendiğinde, öğrencilerin ideal gaz yasasına göre bir gazın basıncının hacmi ile ters orantılı olduğunun farkında olduğu ancak öğrencilerin gazın basıncının, hacminin tersi ile ne tür bir ilişki gösterdiği konusunda yeterli ve doğru bir değerlendirmede bulunamadığı dikkati çekmektedir. Bu nedenle, bu grafiğin, öğrenciler tarafından konu öğretimi sonrasında ve öncesindeki yorumlanması arasında bir fark tespit edilememiştir ( $p = .9999 > .05$ ).

### P - t Grafiğinin Yorumlanmasından Elde Edilen Bulgular

P - t Grafiğinin, gazlar konusunun öğretiminden önce ve sonra öğrenciler tarafından değerlendirilmesi sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmasından elde edilen bulgular, Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: P - t Grafiğinin Yorumunun Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile Analizi

İlgili Grafik	Son Test	Test-Ön	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
P - t	Negatif Sıra		-	-	-	3.126*	.002
	Pozitif Sıra		12	6.50	78.00		
	Eşit		18				

\*Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo 3 incelendiğinde, öğrencilerin P - t grafiğini yorumlama becerisinin gazlar konusunun öğretiminden sonra öğretim öncesine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde gelişim gösterdiği bulunmuştur. Bir başka deyişle, yapılan öğretim öğrencilerin bu grafiği yorumlama becerisine anlamlı bir katkı sağlamıştır. Öğretim sonrasında, bu grafiği yorumlama becerisi düzeyi düşme gösteren herhangi bir öğrenci bulunmamaktadır. Bu durum, Tablo 3'te yer alan istatistiksel değerlerden anlaşılmaktadır ( $p=.002 < .05$ ).

### V - n Grafiğinin Yorumlanmasından Elde Edilen Bulgular

V - n Grafiğinin, gazlar konusunun öğretiminden önce ve sonra öğrenciler tarafından değerlendirilmesi sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmasından elde edilen bulgular, Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: V - n Grafiğinin Yorumunun Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi ile Analizi

İlgili Grafik	Son Test	Test-Ön n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
V - n	Negatif Sıra	-	-	-	3.449*	.001
	Pozitif Sıra	15	8.00	120.00		
	Eşit	15				

\*Negatif sıralar temeline dayalı

Gerçekleştirilen öğretim sonrasında, katılımcıların V - n grafiği ile ilgili yorumlama becerileri öğretim öncesine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde artış göstermiştir ( $p=.001 < .05$ ). P - t grafiğinin yorumlanmasında olduğu gibi öğretim sonrasında, V - n grafiğinde de yorumlama becerisi düzeyi düşme gösteren herhangi bir öğrenci bulunmamaktadır. Bu anlamda, yapılan öğretimin öğrencilere katkıda bulunduğu aşktır.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmadan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; üniversite öğrencilerinin araştırmaya konu olan iki grafiğin yorumlanmasına yönelik becerilerinin yapılan öğretim sonucunda gelişme gösterdiği belirlenirken diğer grafiğin yorumlanmasına yönelik becerilerinin ise yapılan öğretime rağmen herhangi bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir. Bu grafiklerin üçünde de araştırılan başlıca durum, grafikteki doğrunun orijinden başlayıp başlamayacağıdır.

Öğrencilerin yorumlama becerilerinin yapılan öğretim sonucunda artış gösterdiği belirlenen iki grafik; P - t grafiği ile V - n grafiğidir. İlk olarak P - t grafiği ile başlanacak olursa, öğrencilere verilen soruda t'nin Celsius; T'nin ise Kelvin cinsinden olduğu belirtilmiştir. Verilen grafikte, t, Celsius olmasına rağmen 0 noktasında P için 0 değerini almaktadır. Konunun öğretiminden sonra, öğrencilerin bir gazın basıncının 0°C'te 0 olmayacağını farkına vardığı anlaşılmaktadır. Öğrencilerin mutlak 0 ile ilgili kavramalarının geliştiği dikkati çekmektedir. Bu durum da öğrencilerin bu grafiği yorumlama becerilerine yansımıştır. Ayrıca, son testte, bu grafiğin doğru şeklini çizen öğrenciler de bulunmaktadır.

Öğrencilerin yorumlama becerilerinin artış gösterdiği bir diğer grafik olan V - n grafiği ele alındığında ise yapılan öğretim sonucunda öğrencilerin mol sayısı 0 olan yani olmayan bir gazın hacminin de olmayacağını farkına vardığı görülmektedir. Bu durumda, öğrencilerin kendilerine verilen grafikteki doğrunun başlangıç noktasının yanlış yerde olduğuna dikkat ettikleri görülmektedir.

Yapılan öğretime rağmen öğrencilerin yorumlama becerilerinin anlamlı bir değişiklik göstermediği tek grafik, P - 1/V grafiğidir. Bu grafik, diğer grafiklerden farklı bir özellik göstermektedir. Diğer grafiklerde öğrencilerin, mutlak 0 dışındaki sıcaklıklarda, bir gazın basınç yapacağını farkında olması ve olmayan bir gazın ( $n=0$ ) hacminin de olmayacağını farkında olması, grafiklerde yer alan doğruların başlangıç noktasını doğru bir şekilde belirlemesini kolaylaştırabilir. Ancak P - 1/V grafiğinin yorumlanmasında, öğrencilerin bahsedilen grafiklerden farklı bir matematiksel bilgiye daha ihtiyaçları vardır. Bu grafikte ilgili elde edilen yorumlarda, öğrencilerin ideal gaz yasasına göre bir gazın basıncı ile hacmi arasında ters orantılı bir ilişki bulunduğunun farkında olduğu görülmektedir. Ancak bu durum, gazın basıncı ile

hacmin tersi açısından ele alındığında, öğrencilerin bu durumu yorumlamada yetersiz kaldıkları dikkati çekmektedir.  $V = 0$  olarak düşünüldüğünde,  $1/V$  değeri tanımsızdır. Bu durumda, grafiğin orijinden geçmemesi gerekmektedir. Öğrencilerin bu ilişkiyi doğru bir şekilde ele alabilmeleri için matematiksel becerilerin gelişiminin önemi ortaya çıkmaktadır.

Üniversite öğrencilerinin kimya ile ilgili kavramsal anlamalarında matematiksel becerilerinin önemi daha önce yapılan araştırmalarda olduğu gibi (Dolu, Pekdağ ve Ürek, 2016; Ürek, Dolu ve Pekdağ, 2016), bu araştırmada da ortaya çıkmıştır. Bu anlamda, kimyanın matematik ile olan disiplinlerarası ilişkisi yadsınamazdır.

**Not:** Bu çalışma 18-20 Mayıs 2017 tarihlerinde Antalya’da düzenlenen 8’inci Uluslararası Eğitimde Yeni Yönelimler Kongresinde bildiri olarak da değerlendirilmiştir.

## KAYNAKÇA

Bayazıt, İ. (2011). Öğretmen adaylarının grafikler konusundaki bilgi düzeyleri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (4), 1325 -1346.

Bütüner, S. Ö., & Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Kuramsal Eğitimbilim*, 4 (2), 262-272.

Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2010). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: PegemA.

Çelik, H., & Pektaş, H. M. (2017). Graphic comprehension and interpretation skills of preservice teachers with different learning approaches in a technology-aided learning environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1–17.

Coştu, B. (2007). Comparison of students’ performance on algorithmic, conceptual and graphical chemistry gas problems. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 379–386.

Dolu, G., Pekdağ, B. & Ürek, H. (2016). Gaz yasaları-mol kavramı ilişkisi içeren geleneksel problemlerin çözülebilmesi üzerine bir araştırma. *Yaşam Boyu Eğitim Dünya Kongresi Tam Metin Kitabı*, Ankara: Çözüm Eğitim Yayıncılık, ISBN: 978-975-01577-1-4.

Laçın Şimşek, C. (2010). Sınıf öğretmeni adaylarının fen ve teknoloji ders kitaplarındaki deneyleri bilimsel süreç becerileri açısından analiz edebilme yeterlilikleri. *İlköğretim Online*, 9 (2), 433 - 445.

Şimşekli, Y., & Çalış, S. (2008). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinde bilimsel süreç becerilerinin gelişimine fen bilgisi laboratuvarı dersinin etkisi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, XXI (1), 183 - 192.

Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1997). Graphing: cognitive ability or practice?. *Science Education*, 81, 91-106.

Taşar, M. F., İngeç, Ş. K., & Güneş, P. Ü. (2004). Grafik çizme ve anlama becerisinin saptanması. *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi Bildiri Kitabı*.

Testa, I., Montoy, G., & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: The case of real-time graphs, *International Journal of Science Education*, 24 (3), 235-256.

Ürek, H., Dolu, G. & Pekdağ, B. (2016). Gaz yasaları - mol kavramı ilişkisi içeren bağlam temelli problemlerin çözülebilmesi üzerine bir araştırma. *Yaşam Boyu Eğitim Dünya Kongresi Tam Metin Kitabı*, Ankara: Çözüm Eğitim Yayıncılık, ISBN: 978-975-01577-1-4.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemler* (6. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.