



JOURNAL OF RESEARCH  
IN EDUCATION AND SOCIETY  
EĞİTİM VE TOPLUM  
ARAŞTIRMALARI DERGİSİ  
e-ISSN:2458-9624



Cilt: 8 Sayı: 1 Sayfa Aralığı: 179-204 e-ISSN: 2458-9624 DOI: 10.51725/etad.875931

RESEARCH

Open Access

ARAŞTIRMA

Açık Erişim

## Lise Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusunda Grafik Yorumlama Becerilerinin İncelenmesi\*

Investigating High School Students' Graphic Interpretation Skills on the  
Subject of Chemical Equilibrium

Nilgün Seçken, Çağlar Çelik

### ÖZ

Çalışmada 11. ve 12. sınıf öğrencilerinin kimya dersinde "dengeye etki eden faktörler" konusunda grafikleri anlamada kullandıkları grafik yorumlama becerilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma Ankara ve Eskişehir İllerinde MEB'e bağlı toplam 5 lisede öğrenim gören ve kimya dersini almakta olan gönüllü 150 öğrenci ile yürütülmüştür. Çalışmada açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı kullanılmıştır. Veri toplama aracındaki sorular kimyasal dengeye etki eden faktörleri içeren grafik yorumlama becerilerini incelemeyi hedefleyen sorulardır. Grafik yorumlama becerilerini belirlemek amacıyla hazırlanan sorular ise "Çizili bir grafiğin yorumu" (doğrusal ve doğrusal olmayan grafikler) göstergesini incelemeyi esas alan sorulardır. Yapılan uygulamalar sonucunda öğrencilerin çizili olarak verilmiş olan grafiklerde dengeye etki eden faktörleri belirlemede ve yorumlamada özellikle hacim/basınç ve sıcaklık etkisinin olduğu grafikleri yorumlamada sorun yaşadıklarını göstermiştir. Grafikte dengeye etki eden birden fazla faktör varsa bu grafiklerin daha zor yorumlandığı tespit edilmiştir. Grafikte tek bir değişime odaklandıkları, ikinci ve üçüncü bir etki varsa grafiği yorumlarken hata yaptıkları, bilgi eksikliklerinin yorumlamalarını etkilediği dengede yer alan maddelerin katı ya da sıvı olmasını göz ardı ettikleri belirlenmiştir.

### ABSTRACT

In the study, it is aimed to analyse 11th and 12th grade students' skills related to graphic interpretation used in graphics understanding in the "factors which affect equilibriums" unit of chemistry lesson and associating graphics with other presentations. The study was carried out with 150 volunteering students who take chemistry classes in five high schools affiliated with the Ministry of Education in the cities of Ankara and Eskişehir. A measurement tool consisting of open-ended questions was used in the study. The questions used in the data collection tools aim to analyse the skills of interpreting graphs that consist of the factors which affect chemical equilibriums. The questions prepared to determine the skills of graphic interpretation aim to analyse the indicator of "interpretation of a drawn graphic" (graphics that are linear and non-linear). As a result of the implemented applications, it was determined that the students had difficulty in both identifying and interpreting the effects of the factors that affect the equilibrium in the drawn graphics given. They especially had difficulty in interpreting the graphs in which there is an impact of pressure/volume and temperature. It was determined that they focused on only one variance and made mistakes in interpreting the graphs when there is the second or the third effect, that their lack of knowledge influenced their skills in interpretation, and that they ignored whether the substances related to equilibriums were solid or liquid in the graphics.

### Yazar Bilgileri

Nilgün Seçken

Prof. Dr., Hacettepe  
Üniversitesi, Matematik ve  
Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,  
Ankara, Türkiye  
[nsecken@gmail.com](mailto:nsecken@gmail.com)

Çağlar Çelik

MEB, Gürün İlçe Milli Eğitim  
Müdürlüğü, Sivas, Türkiye  
[celikcaglar08@gmail.com](mailto:celikcaglar08@gmail.com)

### Makale Bilgileri

#### Anahtar Kelimeler

Grafik anlama  
Grafik yorumlama  
Kimyasal denge  
Dengeyi etkileyen faktörler

#### Keywords

Graphic understanding  
Graphic interpretation  
Chemical equilibrium  
Factors affecting equilibrium

#### Makale Geçmişi

Geliş: 07/02/2021

Düzeltilme: 04/06/2021

Kabul: 08/06/2021

**Atıf için:** Seçken, N. ve Çelik, Ç. (2021). Lise öğrencilerinin kimyasal denge konusunda grafik yorumlama becerilerinin incelenmesi. *JRES*, 8(1), 179-204. <https://doi.org/10.51725/etad.875931>

**Etik Bildirim:** Bu araştırma, Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulu'nun 01.02.2019 tarih ve 35853172-300 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

\* Bu çalışma, Çağlar Çelik'in "Lise Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusunda Grafik Kullanma Becerilerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## Giriş

Fen bilimleri deney ve gözlem yaparak veriler elde etmeye, bu verilerden çıkarım ve genellemeler yapmaya dayalı bir bilim dalıdır. Fen bilimlerinde öğrenme sürecini kolaylaştırmak, öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırmak ve iletişim kurabilmek amacıyla yapılan laboratuvar çalışmalarında kavram haritaları, grafikler, diyagramlar şemalar, şekiller gibi farklı görsel somut materyallerden faydalanılır (Taşdemir, Demirbaş ve Bozdoğan, 2005). Sayısal verilere ilişkin gösterimler olan grafikler, verilerin organize edilerek yorumlanmasını kolaylaştıran ve veriler arasındaki ilişkileri görmemize yardımcı olan materyallerdir (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997; Demirci ve Uyanık, 2009; Temiz ve Tan, 2009a). Ateş (2001), grafiklerin değişkenler arasındaki karmaşık ilişkileri ve eğilimleri anlama ve verilere dayalı tahminlerde bulunma açısından diğer gösterimlere göre daha fazla kolaylık sağladığını ifade etmiştir. Altun'a (2010) göre grafikler, bilgiyi görünür hale getirip somutlaştırma ve özetleme imkânı vererek bilginin anlamlandırılma sürecini hızlandıran, bireylerin sayısal iletişim kurabilme becerilerini geliştirmelerini sağlayan araçlar olarak tanımlanmaktadır (aktaran Ertem ve Alkan, 2002). Temiz ve Tan (2009b) grafikleri sözel mesajları somutlaştıran etkili ve dikkat çekici şekilde sunulmasını sağlayan araçlar olduğunu ifade etmektedir.

Hattikudur vd. (2012) bir *grafiği anlamanın okuma- yorumlama, dönüştürme ve inşa etme (çizme/oluşturma) becerilerini* kapsadığını ifade etmişlerdir. *Grafik okuma ve yorumlama süreci* okuyucunun grafikleri sözel olarak ifade etmesini dolayısıyla grafikten anlam çıkarma, yorum yapma ya da grafikten veri okuma gibi etkinlikleri içerirken *grafik dönüştürme süreci* okuyucunun grafiklerle diğer gösterimler (tablolar, sözel ifadeler gibi) arasında ilişki kurmasını yani grafiği diğer gösterimlere dönüştürme veya farklı gösterimleri grafiğe dönüştürme etkinliklerini, *grafik çizme süreci* ise yeni bir grafiksel yapının oluşturulması süreçlerini içermektedir.

Grafiği anlamada kullanılan becerilerden biri olan grafik okuma ve yorumlama becerisi de farklı bilim insanları tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Padilla, McKenzie ve Shaw (1986) grafik okuma ve yorumlama becerilerini değişkenler arasında ilişkileri tanımlama ve iki ya da daha fazla grafiğin sonuçları arasında ilişki kurma olarak ifade ederlerken; Gültekin, (2009) grafikte çizilen bir eğri ya da doğrunun görünümüne bakarak değişkenler arası ilişkileri ortaya koyma olduğunu belirtmiştir. Glazer (2011) grafik okuma ve yorumlama becerilerini başkaları veya kendisi tarafından oluşturulan grafiklerden anlam elde etmedeki yetenek olarak ifade ederken, pek çok değişkenden etkilenen grafik çizme, çevirme, okuma ve yorumlamanın farklı öğretim kademelerinde birçok öğrenciye zor geldiğini ve öğrencilerin grafik okurken, yorumlarken ya da çizerken ciddi sorunlar yaşadığını da ifade etmiştir. Bu güçlüklerin, grafik çizme, grafik yorumlama ve grafikleri diğer gösterimlerle ilişkilendirme süreçlerinde ortaya çıktığı da yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Bayazıt, 2011; Kerslake, 1981).

Grafik okuma, yorumlama, yazma becerilerini edinmenin önemi ve bu becerilerin kazanılmasında yaşanan sorunları tespiti için yapılmış pek çok araştırma bulunmaktadır (Kwon, 2002; Parmar ve Singer, 2005). Dori ve Sason (2008), bilgisayar destekli bir öğrenme ortamının öğrencilerin kimya bilgilerini grafik ve metinlerle iki yönlü olarak ifade etme becerilerine etkisini araştırmış ve öğrencilerin grafiksel ve metin olarak iki yönlü ifade etme becerilerini geliştirmeye katkı sağladığı belirlemiştir. Bowen ve Roth (2005), öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada öğretmen adaylarının verileri grafiğe geçirme ve grafik yorumlama açısından istenilen başarıyı gösteremediklerini tespit etmiştir. Berg ve Philips (1994) grafik çizme ve yorumlama yeteneği ile mantıksal düşünme arasında bir ilişki olduğunu mantıksal düşünme stratejileri gelişmemiş öğrencilerin grafik çizme ve yorumlamada başarılı olamadıklarını tespit etmiştir. Beichner (1994) grafiklerin kavramlar arası ilişkileri gösteren sunumlar olmaktan çok durumun resim olarak algılanması, konum-zaman grafiği verilen bir cismin

belli bir andaki hızı sorulduğunda, eğim hesaplanması yerine grafiğin o andaki yüksekliğinin dikkate alınması gibi güçlülükler yaşadıklarını belirlemiştir.

Tairab ve Khalaf-AlNaqbi (2004) öğrencilerin grafik çizme, okuma ve yorumlama becerilerini ortaya çıkarmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında öğrencilerin grafik yorumlama ile ilgili yeterli bilgi ve beceriye sahip olmadıklarını ve grafik çizme becerilerinin grafik yorumlama becerilerine oranla daha kötü olduğu belirlemiştir. Akgün (2010) grafik okuma ve yorumlamaya yönelik hazırlanan sorulardan elde edilen sonuçlarının okullarda yapılandırmacı öğretim anlayışının hala tam yerleşmediğini ifade ederken Çimenci-Ateş (2016) çalışmasında grafik türünün öğrenci başarısını etkilediğini ve çizgi grafiği okuma ve yorumlama başarı düzeyinin, histogram okuma ve yorumlama başarı düzeyine göre daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Demirci ve Uyanık (2009) grafik çizme ve anlama becerisi ile grafik yorumlama becerisi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ve grafik çizme ve anlama becerisi ile kinematik (hareketi, sebep ve etkisini göz önüne almadan inceleyen mekanığın bir bölümü) grafiklerini yorumlama becerisinde cinsiyete bağlı farklılıklar olmadığı belirtmiştir. Hotmanoğlu (2014) yaptığı çalışmada öğrencilerinin grafik okuma ve yorumlama becerileri dikkate alındığında, öğrencilerin grafiğin genel özelliklerinden daha çok başlangıç noktası, uzunluğu ve yüksekliği gibi yerel özelliklerine odaklanma eğiliminde olduklarını grafiklerle diğer gösterimler arasında ilişki kurmanın da en zayıf kaldığı beceri olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin özellikle grafiksel gösterimden cebirsel gösterime geçiş ve sözel gösterimden grafiksel gösterime geçiş yapmalarını gerektiren durumlarda başarısız oldukları tespit edilmiştir. Sülün ve Kozcu (2005) öğrencilerin genel olarak grafiği anlamada, yorumlamada ve kavramlarla ilişkilendirmede yanlış olduklarını, grafiklerin yatay ve dikey sütunlarının birbiriyle karıştırılıp neyin nerede arttığının belirlenememesi ve konuya olan hakimiyetsizliğin algılama ve yorumlamada yanlışlara sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Tarakçı (2016), öğretmen adaylarının grafik çizmede, grafiğin başlangıç noktasını belirleme, eksenleri ölçeklendirme, değerleri birleştirme, grafikleri anlama ve yorumlama konularında zorlandıklarını ifade etmiştir. Uyanık (2007) çalışmasında öğrencilerin konum zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini birbirinden ayırt edemedikleri, grafikleri hareketin resmi gibi düşündükleri, orijinden başlamayan grafiklerin eğimini hesaplamada zorlandıkları ve alan/eğim/yükseklik karmaşasına sahip olduklarını belirtmiştir. Shah ve Hoeffner (2002) yaptıkları çalışmada grafiğin görsel özellikleri, okuyucunun grafik okuma konusundaki bilgi düzeyi ve grafikte yer alan verinin içeriği hakkındaki bilgi düzeyinin grafiğin okunması ve yorumlanmasında etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Friel, Curcio ve Bright (2001) grafiğin kullanım amacı, alanın özellikleri, okuyucu özellikleri ve grafikte üstlenilecek göreve ilişkin özelliklerin grafik anlamayı etkilediğini ifade etmişlerdir. Özgün-Koca (2008) matematik alanında yaptığı çalışmasında matematiksel bilgi düzeyinin de grafik okumaya etkide bulunduğunu belirtmiştir.

Bu araştırmalar incelendiğinde çalışmaların çok farklı bilim alanlarında yapılmış oldukları görülmekle birlikte kimya alanında yapılmış çalışmalar da dikkat çekmektedir. Coştu (2007) gazlar ve gaz kanunları konularında kavramsal, işlemsel ve grafiksel aynı içerik ve zorluktaki çoktan seçmeli testler ile öğrencilerin performansları arasında önemli farklılıkların bulunup bulunmadığını araştırmış ve öğrenci performanslarının en iyi olduğu soru türünün kavramsal sorular iken en düşük olduğu soru türünün ise grafiksel sorular olduğunu saptamıştır. Yıldırım, Kurt ve Ayas (2011) kimyasal denge konusunda öğrenci başarılarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, grafik çizme ve yorumlama becerilerini ölçen sorularla madde miktarı, sıcaklık ve hacim değişimlerine yönelik olarak meydana gelen değişimleri öğrencilerin yorumlarken ve çizerken sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. Karataş, Coştu ve Özmen (2003) gaz konusu ile ilgili lise 2. sınıf öğrencilerinin anlama seviyeleri ve yanlış

anlamalarını belirleyerek öğrencilerin konu ile ilgili yüzeysel anlamalara sahip oldukları ve verilen grafikleri yorumlayamadıklarını tespit etmişlerdir. Erkoç (2011) "Kimyasal Tepkimeler ve Enerji", "Kimyasal Kinetik", "Kimyasal Denge", "Çözünürlük Dengesi" ve "Asit Baz Dengesi" konularında kimya öğretmen adaylarının "işlemsel", "kavramsal" ve "grafiksel" sorulardaki başarılarını karşılaştırdığı çalışmada çoktan seçmeli sorular kullanarak veriler elde etmiş ve kimya öğretmen adayının grafik kullanma becerilerinin yetersiz olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmalar öğrencilerin grafikleri çizme, okuma, anlama ve yorumlama becerilerinde neredeyse her alanda, her cinsiyette ve her yaş seviyesinde problemler yaşadığını göstermiştir. MEB-EARGED (2002) raporunda soru bazında öğrenci başarı düzeyleri incelenmiş ve grafik yorumlama, uzaysal muhakeme gibi zihinsel süreçlerde öğrencilerin başarı yüzdelerinin oldukça düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Gültekin (2009) çözümler ve özellikleri konusu ile ilgili çoktan seçmeli ve açık uçlu sorular yardımıyla öğrencilerin grafik çizme, grafik okuma ve yorumlama becerilerini belirlemiş ve grafik okuma ve yorumlamada başarılı oldukları fakat grafik çizmede yeterince başarılı olamadıkları sonucuna ulaşmıştır. Gültekin (2014) hal değişimi, çözümler ve çözünürlük konuları ile ilgili ortaöğretim ve üniversite öğrencilerinin grafik çizme, okuma ve yorumlama becerilerini karşılaştırdığı çalışmasında, üniversite öğrencilerinin grafik çizmede ortaöğretim öğrencilerinden daha başarılı oldukları, grafik okuma ve yorumlamada ise eşdeğer düzeylerde oldukları belirlemiştir. Aynı çalışmada eksen seçimi, etiketleme, ölçeklendirme, veri girişi, nokta oluşturma ve noktaları birleştirmede öğrencilerin sorunlar yaşadıkları sonucuna ulaşmıştır. Gültepe (2016) farklı kimya konularından hazırladığı 5 soru ile yaptığı araştırmada kavramsal olarak iyi kimya bilgisine sahip olan öğrencilerin grafik çizme ve anlamada daha başarılı olduklarını ifade ederken kavram yanlışlarının öğrencilerin bu becerilerini etkilediğini ifade etmiştir. Nakiboğlu, Gültekin ve Erol (2008) öğrencilerin grafik çizme ve yorumlama becerilerini incelemiş ve grafik çizme ve yorumlama becerileri açısından sınıf düzeyleri, cinsiyete ve lise türleri arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmişlerdir. Gültekin ve Nakiboğlu (2016) Orta öğretim Kimya Dersi Öğretim programlarının grafikler açısından karşılaştırılmasını yapmış ve öğretim programlarında grafik çizme, okuma ve yazmaya yönelik çok fazla kazanım olmadığı ve kitaplarının da programlarla uyumlu olarak grafik ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaya yer verdiği belirlenmiştir. Marietjie, Ansie ve Engelbrecht (2008) Nerst eşitliği ile ilgili yaptıkları çalışmada grafiksel yapılandırma ve yorumlama becerilerinin yetersiz olduğunu bunun altında yatan sorunun da matematiğin uygulamaya aktarılmasından kaynaklanmadığını ifade etmişlerdir.

İlgili literatür incelendiğinde kimyasal denge konusunun sulu çözelti dengesi, tepkimelerde hız, asit bazlar dengeleri gibi birçok konu ile ilgili olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar öğrencilerin, kimyasal denge konusunda pek çok kavram yanlışlığı olduğunu ve denge ve dengeye etki eden faktörler konuların öğretiminde kullanılan grafikleri yorumlama ya da çizmede yeterli becerilere sahip olmadıklarını göstermiştir. Bu sebeple yapılan bu çalışma ile özellikle grafik yorumlama becerilerinin belirlenmesi ve grafik yorumlarken karşılaşılan güçlüklerin ortaya konması kimya eğitimi önemlidir. Araştırmada kimyasal denge konusunun seçilmesindeki temel neden, bu konuda kavram ve olaylar arasında ilişkilerin anlaşılır olabilmesi için grafiklere sıklıkla ihtiyaç duyulmasıdır (Gültekin, 2009). Bu bağlamda çalışmada kimyasal dengede bulunan bir sistemde ortam şartlarının değiştirilmesi durumunda; ilgili grafiklerde ne tür değişimlerin olabileceğini, öğrencilerin bu değişimleri nasıl algılayıp yorumladıkları belirlenmiştir. Dengeye etki eden faktörlerin çokluğu göz önüne alındığında bunlar arasındaki ilişkileri grafikler kullanılarak anlamada güçlükler yaşayabileceği düşüncesiyle dengeye etki eden faktörler konusu seçilmiştir. 11. sınıflarda kullanılan kimya ders kitaplarında konunun ele alınmasında, kimyasal dengeye etki eden faktörlerden sıcaklık, derişim, basınç, hacim ve katalizörle ilgili değişim etkilerini gösteren grafikler olmasına rağmen, ölçme ve değerlendirmede,

yorumlamaya dayalı sadece iki grafiğe rastlanıyor olması ve bunların da çoktan seçmeli sorularla ölçülmesi de dengeye etki eden faktörlerin seçilmesinde etkili olmuştur. Hotmanoğlu'nun (2014) ifade ettiği gibi kimyada, gaz yasaları, kimyasal denge, tepkime hızları, hal değişimi, çözeltiler, yarılanma süresi gibi konularda kavram veya olaylar arasındaki ilişkiyi ortaya koymada çizgi grafiklerine sıkça yer verildiği halde kimyanın pek çok konusunda, öğrencilerin grafik çizme ile grafik okuma ve yorumlama durumlarının bilinmemesi çalışmanın önemini artırmaktadır.

## Yöntem

### Araştırma Deseni

Çalışma kapsamında, 11 ve 12. sınıf öğrencilerinin kimya dersinde "Tepkimelerde Hız ve Denge" Ünitesinde yer alan "dengeye etki eden faktörler" konusunda grafik anlamada kullandıkları becerilerden, "grafik yorumlama" becerilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 11. sınıf kimya dersi öğretim programında yer alan "dengeye etki eden faktörler" konusuna ait kazanımları içeren açık uçlu sorular kullanarak; sıcaklık, basınç/hacim, madde miktarı, katalizör etkisi gibi tepkime şartlarının değişime bağlı olarak öğrencilerin grafik anlamada kullandıkları grafik yorumlama becerilerinin incelenmesini yapılmıştır. Çalışma 2018'de yenilenen Orta öğretim Kimya Dersi Öğretim programlarından önce yapıldığı için, sorular hazırlanırken 2013 Orta Öğretim Kimya Dersi Öğretim Programındaki kazanımlar esas alınmıştır. Çalışmada betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Betimsel tarama modeli var olan bir durumu var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır (Karasar, 2009).

### Katılımcılar

Çalışmanın örneklemini Ankara ve Eskişehir İllerinde MEB'e bağlı 2 özel ve 3 devlet lisesinde 11. ve 12. sınıfta öğrenim gören ve kimya dersini almakta olan, gönüllü 150 lise öğrencisi oluşturmaktadır. Araştırmada "dengeye etki eden faktörler" konusunun öğretiminin önceden gerçekleşmiş olmasının önemli olması nedeniyle 11. ve 12. sınıflarda bu konuyu görmüş öğrenciler çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışmaya özel okullardan 64, devlet okullarından 86 öğrenci katılmıştır. Katılımcıları 89'u erkek 61'i kız öğrencidir. Çalışma için Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyonundan alınan izin gereği katılımcılara katılımcı onam formu imzalatılmıştır.

### Etik Bildirim

Bu araştırma, Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulu'nun 01.02.2019 tarih ve 35853172-300 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

### Kullanılan Veri Toplama Aracı

Araştırmalar incelendiğinde grafik anlama becerilerinin incelenmesi amacıyla anlama testleri, çoktan seçmeli testler, açık uçlu sorulardan oluşan ölçme araçları ve mülakatlar gibi çok çeşitli ölçme araçlarının kullanılabilirdiği görülmektedir (Taşar, İnceç ve Güneş, 2002). Çalışmada açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı kullanılmıştır. Veri toplama aracında yer alan sorular kimyasal dengeye etki eden faktörleri içeren ve yorumlama becerilerini incelemeyi amaçlayan sorulardır. Sorular Carpenter ve Shah'ın (1998) yapmış olduğu sınıflamadaki "grafikte açık olan ilişkileri analiz etmeyi gerektiren" üst düzey ve verilerde ifade edilen ilişkilerin analizini gerektiren ileri anlama düzeyi sorulardır. Konunun kazanımlarına uygun olarak yorumlama becerilerinden çizili grafiğin yorumu göstergesini incelemek amacıyla 20 soru hazırlanmıştır.

Temel düzey ve ileri düzey kimya dersi öğretim programıyla (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013) kazanılması öngörülen becerilere bakıldığında da; Kimya Dersi Öğretim Programını tamamlayan öğrencilerin genelde bilimsel okuryazarlık, özelde kimya okuryazarlığı bağlamında kazanımlar edinmesi öngörüldüğü tespit edilmiştir. Kimya dersi öğretim programında (MEB, 2013), bilimsel okuryazarlık teması içerisinde yer alan “bilimsel süreç becerileri” içerisinde “deney sonuçlarını çizelge, grafik gibi gösterimlerle ifade eder” ve “çizelge ve grafikleri yorumlar.” olmak üzere 2 adet kazanıma yer verildiği görülmektedir. Ayrıca tepkimelerde hız ve denge ünitesinde “dengeyi etkileyen faktörleri irdeler” kazanımında yer alan

\* Le Chatelier ilkesi için çeşitli uygulamalar verilir ve

\* Katalizör-denge ilişkisi tartışılır” açıklamaları esas alınarak, söz edilen uygulama ve tartışmalar grafikler vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Grafiklerde yer alan soruların tamamı “dengeye etki eden faktörler” içerik kazanımına uygun olarak hazırlanmış grafiklerdir.

Sorular, iki alan uzmanı ve iki öğretmenle yürütülen ortak çalışma sonucunda ve belirlenen kazanımları ölçecek biçimde seçilmiştir. Sorular hazırlanırken kazanımlara uygun olarak hazırlanan bir belirtke tablosu kullanılmıştır. Uzmanlar bu soruları içerik ve kazanımlarla uyum açısından incelemişler ve önerileri doğrultusunda testte 12 sorunun bulunmasının uygun olduğuna karar verilmiştir (Ek: 1). Ölçme aracının dil açısından kontrolü Türkçe Eğitimi Alanında uzman bir öğretim elemanı tarafından yapılmıştır. Ölçme aracının son halinin incelenmesi sonucunda ölçme aracının ilgili konuları/kazanımları kapsadığı ve kullanılan dil, yazı büyüklüğü gibi noktalarda olumsuzluklar içermediği ifade edilmiştir.

Grafik yorumlama becerilerini incelemek amacıyla hazırlanan birinci gruptaki sorular Kwon (2002) ve Hotmanoğlu'nun (2014) da çalışmalarında belirlemiş olduğu göstergelerden “Çizili bir grafiğin yorumu” (doğrusal ve doğrusal olmayan grafikler) göstergesini esas alan sorulardır. Sorular öğrencilere çizili grafikler halinde verilmiştir. Dengedeki sistemin çeşitli zamanlarda ( $t_1$ ,  $t_2$  veya  $t_3$ ) değiştirilen dengesi ve bu değişimin grafiklere yansımaları gösterilmiş ve öğrencilerden sisteme nasıl bir etki yapılması sonucunda grafiklerde bu değişimlerin meydana geldiğini açıklamaları ve yorumlamaları istenmiştir.

Ölçme araçlarındaki sorular; konuyla ilgili ders kitapları, ulusal çapta yapılan sınavlara yönelik hazırlanmış soru bankaları, öğretim programında yer alan kazanımlar, yardımcı ders kitapları ve ulusal ve uluslararası düzeyde alan yazın incelenerek hazırlanmıştır (Güntut, Güneş ve Çetin, 2019; Kayar ve Ertuğrul, 2018; Söylemez, 2015; Şendur, 2009; Yıldırım vd., 2011).

### **Veri Toplama Aracının Uygulanışı**

Araştırmadaki “dengeye etki eden faktörler” ile ilgili hazırlanan ölçme aracı öğrencilere bir yönerge eşliğinde verilerek uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmanın pilot uygulanmasında elde edilen veriler doğrultusunda ölçme aracı için de 40 dakikalık sürenin yeterli olduğuna karar verilmiştir. Hazırlanan ölçme aracının pilot çalışması, 51 lise 11 ve 12. sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Soruların cevaplarının objektif bir biçimde değerlendirilebilmesi için bir rubrik hazırlanarak, her soruya ait çözüm adımları ve bunların doğru yapılma oranına göre öğrencilerin alabilecekleri puanlar belirlenmiştir. Rubrikler, aynı performansı değerlendiren farklı puanlayıcıların verdiği puanlar arasındaki tutarlılığı artırırken; bir puanlayıcının aynı performansa farklı zamanlarda değişik puanlar vermesinin de önüne geçmektedir (Çetin ve İlhan, 2017; Tuncel, 2011). Dolayısıyla, rubrik kullanımı puanlama ve puanlayıcı güvenilirliğini desteklemektedir. Güvenirlikle ilgili olarak elde

edilen tüm veriler iki farklı uzman tarafından ayrı ayrı analiz edilmiş ve Miles ve Huberman (1994) tarafından geliştirilen güvenilirlik formülü (Güvenirlik = görüş birliği / görüş birliği + görüş ayrılığı) kullanılarak 0,91 olarak bulunmuştur.

### Verilerin Analizi

Açık uçlu soruları cevaplarken öğrenciler bir dizi zihinsel işlem yürütmektedirler. Her şeyden önce mevcut bilgilerini aktive etmektedirler (Friborg ve Rosenvinge, 2011). Dolayısıyla ne düşünerek grafikleri yorumladıklarının bilinmesi önemlidir. Bu sebeple öğrencilerden her bir sorunun yanına açıklama yapmaları istenmiştir.

Ölçme aracıda 12 grafik ve buna eşlik eden 12 tepkime yer almaktadır. Grafiklerde tepkimelerin denge durumu çeşitli zamanlarda ( $t_1$ ,  $t_2$  ya da  $t_3$ ) yapılan etkilerle değiştirilmiş ve bu etkiler grafikler üzerinde çizilerek öğrencilere verilmiştir.

Hepsi doğru cevap veren öğrencilerden beklenen beceriler;

1. Etkiyi belirleme becerisi:  $t_1$ ,  $t_2$  ya da  $t_3$  anlarında dengeye yapılan etkinin ne olduğunu ifade etmesi
2. Etkinin sonuçlarını yorumlama becerisi:
  - \* Neden artma, azalma olduğunu ya da değişmediğini ifade etmesi
  - \* Dengenin hangi yöne kaydığını (sağa mı? sola mı?) ifade edebilmesi,
  - \* Maddelerin katı sıvı ya da gaz fazında olma durumlarını dikkate almalarıdır.

Kısmen doğru cevap veren öğrencilerden beklenen beceriler; etkiyi belirledikten sonra etkinin sonuçlarını doğru yorumlama becerilerinden birini gerçekleştirmez.

Sorulardan elde edilen veriler iki araştırmacı tarafından da değerlendirilmiş ve puanlayıcılar arası uyuma bakılmıştır (Güler, 2019).

### Bulgular ve Yorumlar

Grafik yorumlama becerilerini incelemek amacıyla hazırlanan sorular "çizili bir grafiğin yorumu" (doğrusal ve doğrusal olmayan grafikler) göstergelerini kapsayan sorulardır (Ek: 1).

1. soruda sabit hacimli kapalı bir kapta gerçekleşen  $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  dengesinde  $t_1$  anında CO eklenmiştir. Öğrencilerin cevaplarının frekans ve yüzdeleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Öğrencilerin Birinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
CO ekleme	107	71.33	0	0	43	28.67

Bu grafikte öğrencilerin %71.33'ü, CO gazının eklendiğini belirleyerek hem grafikteki artmanın nedenini hem de dengenin ne yöne kaydığını doğru yorumlamışlardır. Yanlış cevap veren öğrenciler  $\text{COCl}_2$ 'nin hacmi ya da derişimi artmıştır şeklinde yorum yaptıklarından ve dengenin hangi yöne kaydığını doğru yorumlayamamışlardır. Verilen cevaplara ait bir örnek Şekil 1'de verilmiştir.

Derişim etkisi
COCl <sub>2</sub> derişimi arttığı için azalma olmuştur.
Sağa kayar.

Şekil 1. Birinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

Soruda derişim etkisi dışında başka bir etkinin varlığı yönünde yorum yapan öğrencilerin konuya dair akademik bilgi eksikliğini göstermektedir. Çünkü hacim artmış olsa birim hacimdeki tanecik sayısı ve gaz basıncı azalacaktır. O nedenle de t<sub>1</sub> anında hepsinin derişiminin düştüğü bir grafik görülmesi sonra da ürünler yönünde bir artışın olması gerekirdi. Burada ciddi bir bilgi eksikliği olduğu görülmektedir. Diğer yanlış yorum yapan öğrencilerin cevapları incelendiğinde soruya bütünsellik yerine tepkimede yer alan herhangi bir madde üzerinden yorum yaptıkları, yapılan ikinci ve/veya üçüncü etkileri gözden kaçırdıkları görülmektedir. Yani tepkimenin bir denge tepkimesi olması ve dengenin etkilenmesi durumunda tepkimede yer alan maddelerin tümünün bundan etkilenecek olması gerçekliği bütünsel olarak ele alınamamış ve bu durumun sonucu olarak da yanlış yorumlanmıştır.

2. soruda sabit hacimli kapalı bir kaptaki gerçekleşen  $KClO_3(k) + ısı \rightleftharpoons KCl(k) + O_2(g)$  dengesinde t<sub>1</sub> anındaki O<sub>2</sub> uzaklaştırılmış ve etki sonunda meydana gelen durumu belirten grafiğin yorumlanması istenmiştir. Öğrencilerin cevaplarının frekans ve yüzdeleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Öğrencilerin İkinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
O <sub>2</sub> çıkarılması	102	68	0	0	48	32

Bu soruda belirtilen tepkimedeki  $KClO_3$  ve  $KCl$  bileşikleridir. Öğrencilerin % 68’i O<sub>2</sub> çıkarıldığını o nedenle tekrar dengeye gelinceye kadar O<sub>2</sub> derişimin artacağını ama diğer türlerin katı olması sebebiyle denge derişimlerinin etkilenmeyeceğini ifade etmişlerdir. Ancak hiçbir etki yapılmadığını ifade eden ve ısı azaltılmıştır cevabını verip buna dayalı yorum yapan öğrenciler olmuştur. Örnek bir öğrenci cevabı Şekil 2’de verilmiştir.

Isı azaltılmış.
Denge girenler yanına kaydığı için O <sub>2</sub> (g) azalmış. Katılar etkilemediği için diğerleri sabit kalmış.
Sağa kayar. Aslında ısı azalmış.

Şekil 2. İkinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

Isı azaltılmıştır ifadesini yazan öğrencilerde ısı ve sıcaklık kavramları konusunda bilgi eksikliklerinin olduğunu, aslında dengeye etki eden faktör sıcaklık olmasına rağmen bu dengenin ısı sebebiyle bozulmuş olduğunu ifade etmeleri de bu kavramlarla ilgili yanlışlığa sahip olduklarını göstermektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık artması ya da azalması grafikteki gibi dik artış ya da azalışlara neden olmaz. Bu da bilgi eksikliği olduğunu göstermektedir. Yanlış yorumlamaların büyük kısmı akademik bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

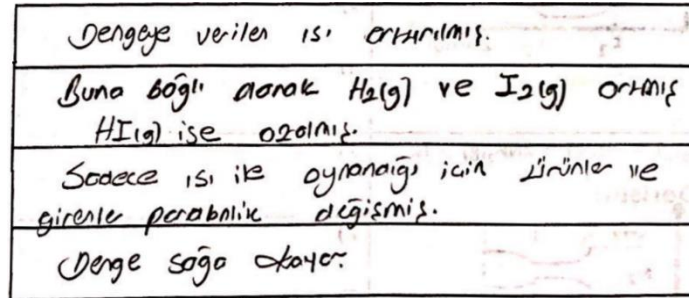
3. soruda  $2 HI(g) + ısı \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$  dengesindeki değişime sebep olan etki sıcaklık artışıdır. Öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 3’te verilmiştir.



**Tablo 3.** Öğrencilerin Üçüncü Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Sıcaklık artışı	59	39.33	35	23.33	56	37.34

Yanlış cevaplayan öğrenciler bu tepkimenin endotermik olduğunu dikkate almadıkları için burada etki eden faktörün sıcaklık olduğunu ifade edememişlerdir. Endotermik bir tepkimede sıcaklık artırıldığında tepkime bu etkiyi azaltacak şekilde ürünler yönüne kayar. Bu soruda öğrenciler de ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak görüp sistemin ısısı artmıştır o nedenle  $I_2$  ve  $Br_2$  derişimleri artmıştır ifadelerini kullanmışlardır (%39.33). Bazı öğrenci cevapları Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 3.** Üçüncü grafiğe verilen örnek cevaplar.

Kısmen doğru cevap veren öğrenciler tepkimenin endotermik olduğunu ve yapılan etkinin sıcaklık artışı olduğunu ifade etmelerine rağmen bir kısmı etkinin sebebini yorumlayamamış ( $f=11$ ), bazı öğrenciler de ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak görüp, sistemin ısısı arttığı için  $I_2$  ve  $Br_2$  derişimleri artmıştır ve denge sağa kaymıştır şeklinde yorum yapmışlardır ( $f= 24$ ). Öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını ayırt etmede sorun yaşadıkları bu tarz grafiklerde kendisini açıkça göstermektedir.

4. soruda  $CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + ısı$  dengesinde  $t_1$  anında sıcaklık azaltılmış,  $t_2$  anında ise kapalı bir kaptaki  $CO_2$  gazı uzaklaştırılmıştır. Öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Öğrencilerin Dördüncü Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Sıcaklık azalması	53	35.33	23	15.33	74	49.34
$CO_2$ çıkarılması	80	53.33	0	0	70	46.67

Buna göre  $t_1$  anındaki sıcaklık değişimini yanlış cevaplayan öğrenciler bu tepkimenin ekzotermik olduğunu ve etki eden faktörün sıcaklık olduğunu ifade edememişler ve etkinin dengeyi ne yöne kaydıracağı ya da artma ve azalmaların nedenini açıklayamamışlardır. Tepkime denklemindeki ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak yorumlayan öğrenciler, "sistemin ısısı azaltılmıştır" ifadesini kullanmışlardır. Yine burada da ısıyı bir madde olarak düşündükleri görülmektedir. Örnek öğrenci cevapları Şekil 4'te verilmiştir.

$t_1$  anında ısı azaltılmış  $t_2$  anında ise ortamdan  $CO_2$  çekilmiş  
ısı azalınca denge sağa kayar ürünler artar  
girenler azalır ( $t_1$ )  $CO_2$  çekilince tekrar sağa kayar ( $t_2$ )  
 $t_1$  anında parabolik çünkü ısıya müdahale var  
 $t_2$  anında  $CO_2$ 'nin lineer çünkü  $CO_2$  çekilmiş  
diğerleri parabolik çünkü dışardan etki yok  
denge sağa kayar çünkü sağ tarafın potansiyel enerjisi azalıyor

$t_1 =$  sistemin sıcaklığı düşürülmüş  
 $t_2 = CO_2$  eklenmiş  
 $t_1 =$  derişime etki olmadıği için parabolik  
 $t_2 =$  derişime etki ile lineer sonra parabolik ( $CO_2$ )  
 $t_1$  ısı düşer sistem sağa kayar  
 $CO_2 \uparrow$   $CO \downarrow$   $O_2 \downarrow$   
 $t_2 = CO_2$  ekler sistem dengelemek için sağa kayar  $CO_2$  derişimi bir miktar azalsada gene ortam ısı dur  $CO$  artar  $O_2$  artar

Şekil 4. Dördüncü grafiğe verilen örnek cevaplar.

Denklemdaki ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak yorumlayan öğrencilerden bir kısmı,  $CO_2$  derişimindeki artışa bakarak madde miktarı artırılmıştır ifadeleri kullanmışlardır. Kısmen doğru cevaplayan öğrenciler sıcaklık etkisi olduğunu eğrinin eğilimine dayalı olarak ifade etmişler ( $f=23$ ). Ancak bir kısım öğrenci grafikten  $CO$  ve  $O_2$  derişimlerindeki azalmanın nedeninin ısı azalması olduğunu o nedenle dengenin sağa kaydığını ( $f=17$ ), bir grup öğrenci de sıcaklık artışı olduğunu ifade etmiş dengenin sağa kaydığını da belirtmiş ancak nedenini açıklamamıştır ( $f=5$ ). Daha önceki sıcaklıkla ilişkili grafiklerde de olduğu gibi benzer hatalar görülmektedir. Hatalar, ısı ve sıcaklıkla ilgili kavram yanlışlığı ya da eksik bilgilerin, etki eden faktörü belirleyip dengenin hangi yönde bozulacağını belirlelenememesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca  $t_2$  anında  $CO_2$  azaltılmasını tam olarak doğru yorumlayan öğrenci sayısı 80 iken yanlış yorumlayan öğrenci sayısı 70'dir. Burada dikkat çeken nokta aslında madde eklenmesi ve çıkarılmalarını daha kolay yorumlayabildikleri halde madde eklenmesi burada ikinci etkide yer aldığı için ve birinci etki ekzotermik bir tepkimede sıcaklık azalması olduğu için ardı sıra gelen madde çıkarılmasını yorumlarken daha çok hata yapmaları olmuştur. Yanlış cevap veren öğrencilerin hataları;  $t_2$  anından sonra tepkimede ısı ifadesi bulunduğu için sıcaklık azalması ifadesi kullananlar olmuştur, ısı açığa çıktığını ifade eden öğrenciler olmuştur,  $t_2$  anından sonra grafikte görünüyorsa olmasına rağmen  $CO_2$ 'nin başlangıç derişimine ulaştığını ifade eden öğrenciler olmuştur. Tepkime denkleminde ısının yazılı olması öğrenciyi bazı durumlarda yorumlama yaparken etkinin buradan kaynaklandığı yönüne çekmektedir. Öğrencilerin büyük bir kısmının yorumlamalarında ısı artışı veya azalması, sıcaklık artışı veya azalması ifadesinin görülmesi bu durumun sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yukarıdaki öğrenci kâğıdında olduğu gibi sistemin potansiyel enerjisi artacağı için denge sağa kayar ifadesini kullanan öğrenciler de olmuştur.

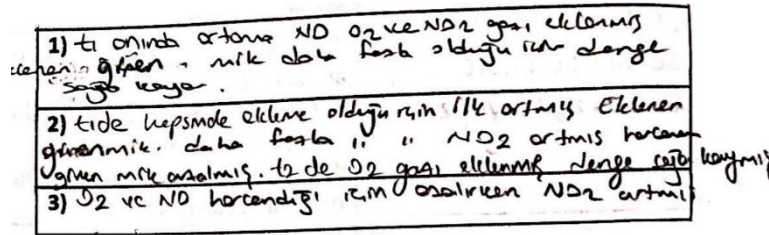
5. soruda  $NO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$  dengesinde iki farklı zamanda dengeye etki yapılmıştır.  $t_1$  anında hacim azaltılmış,  $t_2$  anında ise kapalı bir kaptaki  $O_2$  gazı eklenmiştir. Öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Öğrencilerin Beşinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Hacim Azalması	53	35.33	0	0	97	64.67
$O_2$ Ekleme	87	58	0	0	63	42

$t_1$  anındaki etkiyi yanlış yorumlayan öğrencilerin büyük bir kısmı üç madde eklendiğini ifade etmişlerdir ( $f=36$ ). Etkiyi belirleme yanlış olunca tekrar dengeye ulaşırken artma ve azalmaları açıklayamamışlardır. Hacim ile derişim arasındaki bağlantının kurulamaması grafiğe yapılan etkinin

ne olduğunun belirlenmesini ve yorumlanmasını zorlaştırmıştır. Bu soruya ait bazı öğrenci cevapları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Beşinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

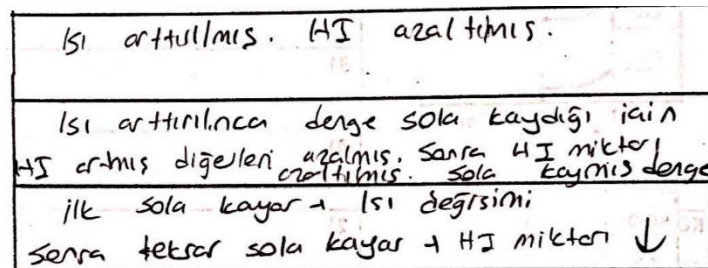
Bu durum öğrencilerin hacim ve derişim arasındaki ilişkiyi kurmada akademik bilgi eksikliğinin olduğunu göstermektedir.  $t_2$  anında madde eklemesini yapılmıştır. Aslında öğrenciler madde ekleme grafiklerini daha kolay tespit ediyor olmalarına rağmen birinci önerme hacim etkisi olunca ikincide daha çok hata yapmışlardır.

6. soruda sabit hacimli kapalı bir kaptaki gerçekleşen  $2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{I}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$  dengesinde iki farklı zamanda etki yapılmıştır.  $t_1$  anında  $\text{I}_2$  eklenmiş ve  $t_2$  anında HI çıkarılmıştır. Öğrencilerin cevaplarının frekans ve yüzdeleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Öğrencilerin Altıncı Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
$\text{I}_2$ ekleme	99	66	28	18.67	23	15.33
HI çıkarma	90	60	0	0	60	40

$t_1$  anındaki etkiyi kısmen doğru cevap veren öğrenciler etki eden faktörün ne olduğunu belirlemişler ancak (grafikte görünüyorsa)  $\text{I}_2$  derişiminin  $t_1$  anındaki denge derişimine gelemeyeceğini doğru yorumlayamamışlardır ( $f=28$ ). Yanlış cevap veren öğrenciler  $\text{I}_2$  eklenmesi ifadesini, ısı artışı ya da hacim azalması şeklinde yorumlayan öğrencilerdir.  $t_2$  anındaki madde çekilmesini yanlış cevap veren öğrencilerin bir kısmı sıcaklık azalması olduğunu ifade etmişlerdir. Kısmen doğru cevap veren öğrenciler  $t_1$  anında  $\text{I}_2$  eklendiğini belirterek yapılan etkiyi doğru belirtmişler ancak etkinin sonuçlarını yorumlayamamışlardır ( $f=28$ ). Bunun nedeninin madde eklenmesi olduğunu açıklayamamışlardır. Aynı etkiler yapılmış olsa da  $t_2$  anında daha fazla yanlış yapılması bazı öğrencilerin  $t_1$  anına odaklanarak  $t_2$  anını gözden kaçırdıklarını göstermektedir. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlardan bazıları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Altıncı grafiğe verilen örnek cevaplar.

7. soruda  $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2 HBr(g) + ısı$  dengesinde  $t_1$  anında sıcaklık azaltılmış,  $t_2$  anında da kapalı bir kaptaki HBr eklenmiştir. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Öğrencilerin Yedinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Sıcaklık azalması	53	35.33	25	16.67	72	48
HBr ekleme	95	63.33	0	0	55	36.67

$t_1$  anında sıcaklık düşmesinden kaynaklanan değişimi yanlış cevaplayan öğrenciler bu tepkimenin ekzotermik olduğunu dikkate almadıkları ve grafiklerdeki eğilimleri yorumlayamadıkları için burada etki eden faktörün sıcaklık azalması olduğunu ifade edememişlerdir. Kısmen doğru cevaplayanlar dengenin neden sağa kayması gerektiğini yorumlayamamışlar ( $f=13$ ), bir kısmı da denklemdaki ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak düşünüp sıcaklık azaldığı için sistemin ısı azalmış ve denge sağa kaymıştır şeklinde ( $f=13$ ) yorumun yapmışlardır. Burada öğrencilerin ekzotermik bir denge tepkimesinde sıcaklık azalmasının nasıl etki yaratacağını yorumlamakta sorun yaşadıkları görülmektedir. Öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını ayırt edemedikleri, etkinin sıcaklıktan kaynaklandığını belirleyip tepkimenin hangi yönde devam edeceğinin bilinmemesi kısmen ve yanlış yorumlamalara sebep olduğu göstermektedir. Ayrıca  $t_2$  anında meydana gelen değişimi madde eklenmesi olarak doğru yorumlayan öğrencilerde görülen önemli sorun öğrencilerin eklenen madde ürünlerde olduğunda ve özellikle de etki  $t_2$  anında bir etki yapıldığında bu etkiyi ayırt edememeleridir. Üstelik birinci etki sıcaklık azalması gibi zor yorumlanan bir durum olunca daha çok birinci duruma odaklandıklarından ikinci etkinin ne olduğunu doğru ifade etmemişlerdir. Bu soruyu yanlış yapan öğrencilerin büyük bir kısmı sıcaklık artışı ifadesi kullanmışlardır. Eşitlikte ısı olması ikinci basamakta da ilişkilendirmelerine neden olmuştur. Bu grafiğin yorumlanmasına ait bazı öğrenci cevapları Şekil 7'de verilmiştir.

$t_1$ anında ısı azalmış $t_2$ anında HBr eklenmiş
$t_1$ anında ısı azalınca HBr artmış $H_2$ ve $Br_2$ azalmış (dengeden dolayı) ←
$t_1$ 'de parabolik (ısıya müdahale) $t_2$ 'de HBr Lineer $H_2$ ve $Br_2$ parabolik
$t_1$ 'de sağa kayar $t_2$ 'de sola kayar

Şekil 7. Yedinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

8. soruda  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$  dengesinde  $t_1$  anında sıcaklık artırılmış ve  $t_2$  anında kapalı bir kaptaki  $H_2$  eklenmiştir. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8.** Öğrencilerin Sekizinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Sıcaklık artması	46	30.67	30	20	74	49.33
H <sub>2</sub> ekleme	90	60	7	4.67	53	35.33

t<sub>1</sub> anında sıcaklık artışından kaynaklanan değişimi yanlış cevaplayan öğrenciler bu tepkimenin t<sub>1</sub> anındaki etkisine sıcaklık azalması yorumunu yapmışlardır (f=32). Bir kısmı da ekzotermik olduğunu dikkate almadıkları için burada etki eden faktörün sıcaklık olduğunu ifade edememişlerdir (f=42). Kısmen doğru cevap veren öğrenciler sıcaklık artışı olduğunu belirlemiş ancak ekzotermik bir tepkimede sıcaklık artışının dengeyi nasıl etkilediğini doğru yorumlayamamışlardır (f=16). Denklemdaki ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak yorumlayan öğrenciler t<sub>1</sub> anında sıcaklık artmıştır, ısı da arttığı için denge sola kaymıştır şeklinde yorum yapmışlardır (f= 14). Ayrıca t<sub>2</sub> anında meydana gelen değişimi H<sub>2</sub> eklenmesi olduğunu yanlış cevaplayan öğrenciler t<sub>1</sub> anında ciddi sayıda hata yapan öğrenci olduğu için karışıklığın buraya da yansıdığını görmekteyiz. H<sub>2</sub> eklenmesi şeklinde yorumlayan öğrenciler tekrar dengeye gelme anında t<sub>1</sub> deki derişime eşit olacağını ifade etmekte, eğrisel değişimleri yorumlayamamışlardır, ikinci basamakta da sıcaklık arttığını ifade eden öğrenciler olmuştur. Bu grafiğin yorumuna ait bazı öğrenci cevapları Şekil 8’de verilmiştir.

t <sub>1</sub> -t <sub>2</sub> arasında ısı artmış t <sub>2</sub> -t <sub>3</sub> arasında H <sub>2</sub> miktarı artmıştır.
Isı artınca denge tersine kaymış ve tersine deki denge derişimleri artmıştır. t <sub>2</sub> -t <sub>3</sub> 'de ise H <sub>2</sub> artınca denge tersine kaymıştır. Şekildeki atarken H <sub>2</sub> azalır. H <sub>2</sub> miktarı arttığı için derişim arttı da NH <sub>3</sub> kadar artmıştır.
t <sub>1</sub> -t <sub>2</sub> arasında sola kaymıştır. t <sub>2</sub> -t <sub>3</sub> arasında sağa kaymıştır.

**Şekil 8.** Sekizinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

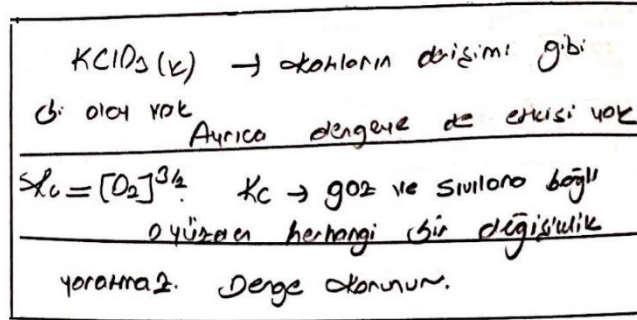
9. soruda kapalı bir kaptaki  $\text{KClO}_3(\text{k}) + \text{ısı} \rightleftharpoons \text{KCl}(\text{k}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g})$  dengesinde t<sub>1</sub> anında O<sub>2</sub> eklenmiş, t<sub>2</sub> anında O<sub>2</sub> uzaklaştırılmış ve t<sub>3</sub> anında katalizör veya katı madde etkisi yapılmıştır. Öğrencilerin cevaplarının frekans ve yüzdeleri Tablo 9’da verilmiştir.

**Tablo 9.** Öğrencilerin Dokuzuncu Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
O <sub>2</sub> ekleme	92	61.33	0	0	58	38.67
O <sub>2</sub> çıkarma	87	58	0	0	63	42
Katı madde değişimi veya katalizör	9	6	24	16	117	78

t<sub>1</sub> ve t<sub>2</sub> anlarında yukarıda benzeri olan sorularda yapılan hataları görülürken, t<sub>3</sub> anında dengedeki maddelerin derişimlerinin değişmemesine öğrencilerin yapabileceği iki yorum vardır. Ya katalizör eklenmesi ya da katı madde eklenmesidir. Kısmen doğru cevap veren öğrenciler katı madde eklenir ifadesini kullanmışlar ancak neden değişmediğini yorumlayamamışlardır (f=7). Öğrenciler (f=17) katalizör etkisi olduğunu doğru olarak ifade etmişler ancak onlar da nedenini katalizör tepkimeye girdiği gibi çıkar dengeye etki etmez şeklinde yorum yapmışlardır. Yanlış cevap veren öğrenciler ya boş bırakmışlar ya da hiçbir etki yapılamamıştır cevabını vermişlerdir. Hiçbir öğrenci katalizör etkisi olabileceği şeklinde bir yorumda bulunmamıştır. Tepkimede etki eden faktör sayısı arttıkça öğrencilerin

grafikleri yorumlamada gösterdikleri odaklanmanın zorlaştığı görülmektedir. Öğrencilerin çok büyük bir kısmının özellikle son değişimi gözden kaçırdıkları dikkat çekicidir. Bu grafiğin yorumuna ait bazı öğrenci cevapları Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Dokuzuncu grafiğe verilen örnek cevaplar.

10. soruda  $COCl_2(g) + ısı \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$  t<sub>1</sub> anında sıcaklığı artırılmış, t<sub>2</sub> anında kapalı bir kaptaki CO uzaklaştırılmış ve t<sub>3</sub> anında ise sıcaklık azaltılmıştır. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Öğrencilerin Onuncu Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Sıcaklık artışı	53	35.33	24	16	73	48.67
CO çıkarma	77	51.33	0	0	73	48.67
Sıcaklık azalması	45	30	20	13.33	85	56.67

Endotermik bir tepkimede sıcaklık artırıldığında tepkime bu etkiyi azaltmak için ürünler yönüne kayar. Sıcaklık azaltıldığında ise sıcaklığı artıracak yönde yani geri yöne kayar. t<sub>1</sub> anında sıcaklık artışından kaynaklanan değişimi yanlış cevaplayan öğrenciler bu tepkimenin endotermik olduğunu dikkate almadıkları için burada etki eden faktörü sıcaklık azalması ya da  $COCl_2$  eklemesi olarak ifade etmişlerdir. Kısmen doğru cevap verenler sıcaklık artışı olduğunu yazmışlar ancak denklemden ısı ifadesini kimyasal bir tür olarak gördüklerinden, sistemin ısıyı artırmıştır o nedenle CO ve  $Cl_2$  derişimleri artmıştır ifadeleri kullanmışlardır (f=14). Yine endotermik olduğunu ifade etmişler, ancak dengenin neden sağa kayması gerektiğini açıklayamamışlardır (f=10). t<sub>2</sub> anında meydana gelen değişim ürünlerden madde çekilmesidir. Ancak birinci önerme büyük oranda yanlış cevaplandığı için ikinci önermede de öğrenciler daha çok hata yapmışlardır. Tek bir noktada odaklanma söz konusudur. Madde çıkarmasını sıcaklık artması şeklinde yorumlayan öğrenci sayısı da oldukça yüksektir (f=32). Aslında buradaki etkileri birbirinden bağımsız irdelemeleri gerekirdi. Hata kaynakları daha önceki ürün çekilmesi ile benzerdir. Ancak buradaki bir önemli tespit ürün azaltılmasını artırmaya göre daha zor tespit ediyor olmalarıdır. Üstelik de bu etki t<sub>2</sub> anında gerçekleşiyorsa, t<sub>3</sub> anındaki sıcaklık azalması sonucu meydana gelen değişimi yanlış cevaplayan öğrenciler sıcaklık artması ya da ısı azalması olduğunu söylemişlerdir. Kısmen doğru cevaplayanlar ise sıcaklık azalması ifadesini kullanmışlar ancak yorum yapmamışlardır (f=12). Sıcaklık azaldığı için dengenin sola kayması gerektiğini düşündüklerini ifade etmişler (f=8) ancak bunu grafikteki durumla ilişkilendirememişlerdir. Etki eden faktör sayısının çok olması, t<sub>3</sub> anının öğrencilerin bir kısmı tarafından gözden kaçırılması, ısı ve sıcaklıkla ilgili kavram yanlışları ve sıcaklık sonucu meydana gelen tepkime yönünün belirlenememesi t<sub>3</sub> anındaki etkiyi doğru yorumlayan öğrenci sayısının düşük olmasına neden olmuştur. Bu grafiğin yorumuna ait bazı öğrenci cevapları Şekil 10'da verilmiştir.

$COCl_2$ eklenmiş $t_1$	$t_2$	$t_3$ (ısı azalmış)
Etkiler olduğu için ort. az olur		
Gaz da için parabolik		
$t_1$ anında sağa sonra sola kayar		

Şekil 10. Onuncu grafiğe verilen örnek cevaplar.

11. soruda kapalı bir kaptaki  $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$  dengesinde  $t_1$  anında  $Br_2$  ve  $t_2$  anında  $H_2$  gazları eklenmiştir. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Öğrencilerin On Birinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
$Br_2$ ekleme	93	62	0	0	57	38
$H_2$ ekleme	87	58	0	0	63	42

Yapılan etkiyi yanlış cevaplayan öğrencilerin büyük bir kısmı ( $f=38$ ) hacim artışı ifadesini kullanırlarken yaptıkları açıklamalar çarpıcıdır. "Denge mol sayısı çok olan tarafa kaymıştır" ifadesini kullanmışlardır. Burada  $HBr$ 'nin katsayısının iki olması girenlerden daha fazla mol sayısına sahip olduğunu düşünmelerine neden olmuştur. Ayrıca  $t_2$  anındaki  $H_2$  eklenmesi de yukarıdaki madde ekleme ve çıkarma sorularındaki tespitlerle aynıdır. Madde eklemeyi madde çıkarmaya göre daha rahat görüp yorumluyorlar. Ancak  $t_2$  anında eklenmiş olması ya da çıkarılmış olması başarıyı düşürüyor. Bu grafiğin yorumuna ait bazı öğrenci cevapları Şekil 11'de verilmiştir.

$t_1-t_2$ aralığında kabın hacmi arttırılmıştır.
$t_2-t_3$ aralığında $H_2$ derişimi arttırılmıştır
$t_1-t_2$ aralığında hacim artınca basına azalacağı için denge sağa mol sayısı çok olan yöre kaymıştır. Bu yüzden $HBr$ artmıştır.

Şekil 11. On birinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

12. soruda  $NO(g) + 1/2O_2(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$  dengesinde  $t_1$  anında tepkime kabının hacmi artırılmış,  $t_2$  anında ise ortama  $O_2$  gazı eklenmiştir. Bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları cevapların frekans ve yüzdeleri Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Öğrencilerin On İkinci Soruya Vermiş Oldukları Cevapların Frekans Ve Yüzdeleri

Etkiler	Hepsi doğru		Kısmen doğru		Hepsi yanlış	
	f	%	f	%	f	%
Hacim artışı	44	29.33	0	0	106	70.67
$O_2$ ekleme	82	54.67	0	0	68	45.33

Grafikteki veriler incelendiğinde  $t_1$  anında hacim değişimini yanlış yorumlayan öğrencilerin büyük bir kısmı ( $f=82$ ) hem  $t_1$  anında tepkime kabındaki üç maddenin de miktarının azaltıldığını ifade etmişlerdir. Tabii ki buna bağlı olarak yapılan açıklamalar yanlış olmuştur. Diğer öğrenciler ise ısı azalması olduğunu ifade etmişlerdir.  $t_2$  anındaki madde eklenmesi öğrencilerin 82'si tarafından doğru

yorumlanırken 68 öğrenci tarafından yanlış yorumlandığı görülmüştür. Madde miktarı değişimini aslında rahat görebilen ve yorumlayabilen öğrencilerin  $t_1$  de hacim değişimi olduğunda oldukça çok hata yaptıkları görülmektedir.  $t_2$  de sıcaklık artışı olduğunu söyleyen öğrenciler de olmuştur. Bu grafiğin yorumuna ait bazı öğrenci cevapları Şekil 12’de verilmiştir.

1) $t_1$ de 3 madde de çekilmiş $t_2$ 'de $O_2$ eklenmiş	denge azalmış
2) öğrencilerin molü fazla olduğu için sola kaymış girenler artmış → sağa kaymış $NO_2$ artmış $NO$ azalmış	
3) $t_1$ Lineer $t_2$ $O_2$ Lineer diğerleri parabolik	
4) $t_1$ 'de sola kayar $t_2$ 'de sağa kayar	

Şekil 12. On ikinci grafiğe verilen örnek cevaplar.

## Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Çizili olarak verilmiş olan grafikler, öğrencilerin grafikleri anlamada kullandıkları becerilerden grafik yorumlama becerilerini gösterdikleri grafiklerdir. Çalışmada grafik yorumlama becerisi “çizili bir grafiğin yorumu” göstergesine dayalı olarak incelenerek, dengeye etki eden faktörlerin değişmesinin grafiğin yorumlanmasına nasıl etki ettiği ve öğrenciler yorum yaparken ne tür problemlerin ortaya çıktığı belirlenerek elde edilen bulguların tartışılması ayrı başlıklar altında yapılmıştır.

### Madde Miktarının Dengeye Etkisi

#### Madde Miktarının Artmasının Etkisi

Çizili olarak verilmiş grafiklerden madde miktarının artırılmasının etkisi sabit sıcaklıkta kapalı bir kaptan incelenmiştir. Bu etki  $t_1$  anında bir etki,  $t_1$  ve  $t_2$  anlarında iki etki ve  $t_1$ ,  $t_2$  ve  $t_3$  anlarında üç etki yapılarak incelenmiştir. Etkinin yapıldığı zamanına göre sınıflandırma yapılarak sonuçlar değerlendirilmiş sonra da kendi aralarındaki ilişki tartışılmıştır.

$t_1$  anında sadece *bir etki* yapılarak madde miktarının artırıldığı grafik yorumlanırken, yapılan hataların niteliğine bakıldığında, öğrencilerin yorumlarken bilgi eksikliği nedeniyle hata yaptıkları görülmüştür. Çeşitli bilim alanlarında yapılan çalışmalar incelendiğinde bilgi eksikliği nedeniyle öğrencilerin grafikleri yorumlarken zorluk yaşadıkları ve bu nedenle de doğru yorumlayamadıklarına yönelik pek çok çalışma olduğu görülmektedir (Leinhardt, Zaslavsky ve Stein, 1990; Özgün-Koca, 2008; Sülün ve Kozcu, 2005; Uçar ve Akdoğan, 2009). Phage, Lemmer ve Hitge (2017) çalışmalarında, öğrencilerin grafikleri anlamalarında etkili olan bazı değişkenleri incelemişler ve öğrencilerin grafikleri anlamalarında konu ile ilgili sahip oldukları bilgilerin ve kullandıkları çıkarımsal süreçlerin grafikleri anlamada etkili oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Öğrencilerin sahip oldukları bilginin yetersiz oluşunun grafikleri anlamalarını zorlaştırdığı belirtmişlerdir ki bu sonuç denge konusunu esas alan bu çalışmada çıkan sonuç ile benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde, Plainic, Milin-Sipus, Katic, Susac ve Ivanjek (2012) çalışmalarında fizik ve matematikte öğrencilerin çizgi grafiklerini anlamalarını incelemişler ve öğrencilerin konu ile ilgili matematik bilgilerinin eksikliklerinin fizikteki grafikleri anlamada sorun olduğunu ortaya koymuşlardır.

$t_1$  ve  $t_2$  anlarında iki etki yapılarak yorumlanması istenen grafikler de iki bölümde incelenmiştir.



### **t<sub>1</sub> Anında Madde Eklenmesinin Yapıldığı Grafikler**

Öğrenciler madde eklenmesi, tek değişimin olduğu grafiklerde, iki değişimin olduğu grafiklere oranla daha yüksek başarı ile yorumlamaktadırlar. Burada da yanlış yorumlamaların bilgi eksikliğinden kaynaklandığı görülmektedir (Shah ve Hoeffner, 2002). Öğrenciler bu tür etkinin yapıldığı her iki soruda da hacim artması/azalması etkileri olduğunu söylemişlerdir. İki grafik yorumunda da stokiyometrik katsayılara dikkat etmedikleri için artma ya da azalma oranlarını yorumlarken hatalar yapmışlardır. Yani grafiklerin ölçeklendirilmesine dikkat etmemişler ve grafikleri yüzeysel olarak yorumlamışlardır. Grafikte çizilen doğru ya da eğrinin görünümüne bakarak, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu da alan yazında tanımlanan grafikleri şekil gibi yorumlama yanılığına sahip olduklarını işaret etmektedir (Özgün-Koca, 2008). Leinhardt vd.'nin (1990), grafiklerin ölçeklendirilmesi ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmayan öğrencilerin grafikleri yanlış okumalarına neden olabileceğini ve hatta bazı öğrencilerin grafikleri okurken ölçekleri tamamen göz ardı da edebildikleri yönündeki tespitleri bu çalışmanın sonuçları ile uyumludur. Grafiklerin yorumlanmasında karşılaşılan güçlüklerden biri de grafiklerin karmaşıklığıdır (Gültekin, 2014). Bu grafiklerde iki etki yapıyor olması grafiklerin karmaşıklığını artırmış ve tek etkinin yapıldığı grafik yorumlamalardaki başarıya oranla daha düşük başarı elde edilmiştir.

### **t<sub>2</sub> Anında Madde Eklenmesinin Yapıldığı Grafikler**

Bu grafiklerde; t<sub>1</sub> anında hacim azalması, *sıcaklık azalması*, *madde eklenmesi*, *hacim artışı* etkileri yapıldıktan sonra t<sub>2</sub> anında madde eklenme etkisi yapılmıştır. Öğrencilerin bu grafikleri yorumlarken oldukça zorlanmış oldukları çıkan sonuçlarda görülmektedir. Özellikle de birinci etkinin hacim ya da sıcaklık olması durumunda yorum yaparken daha zorlandıkları ve bunun da ikinci basamağı doğru yorumlamalarını güçleştirdiğini ortaya çıkarmıştır. Çünkü bu grafiklerin yorumlarken öğrenciler önce t<sub>1</sub> anında meydana gelen etkileri, ardından t<sub>2</sub> anındaki madde ekleme etkisini yorumlamışlardır. Yani daha çok bilgi ve daha çok zihinsel işlem yapmayı gerektiren bir süreci gerçekleştirmişlerdir. Bu gruptaki sorulardan t<sub>1</sub>'deki şartı hacim değişikliği olan grafikleri doğru yorumlayan öğrencilerin frekansı oldukça düşüktür. Öğrenciler hacim azalma/artışlarında yorum yaparken (t<sub>1</sub> de) ciddi hatalar yaptıkları (hacim etkisi daha sonra tartışılmıştır) ve büyük oranda da yanlış yorumladıkları için ikinci etkinin yorumunda da daha fazla hata yapmalarına neden olmuştur. Bu da öğrencilerin grafik yorumlamaya lokal değil global olarak baktıklarını (Özgün-Koca, 2008) bilimsel kavramlar ile grafikte yer alan bileşenler arasında bir ilişki kuramadıklarını göstermektedir. Benzer şekilde, Lai vd. (2016) çalışmalarında öğrencilerin bilimsel kavramlar ile grafikteki türler arasında bağlantı kurmakta zorlandıklarını, özellikle grafikleri yorumlamaları veya grafik çizmeleri istendiğinde problemler yaşadıklarını ortaya koymuşlardır. Buradaki başarısızlığın bir nedeni de ders kitapları incelendiğinde bu şekilde ikili etkilerin yapıldığı grafiklere rastlanmayışıdır. Polat (2016) çalışmasında ders kitaplarındaki eksikliğin yorumlama becerileri üzerine etkisi olduğunu vurgulamıştır ki bu sonuç çalışmanın sonuçlarını da desteklemektedir. Temiz ve Tan (2009a) çalışmalarında, öğrencilerin grafiği kullanarak ikiden fazla değişkenin yer aldığı grafiklerde artış ve azalış eğimlerinin yorumlanmasında yanlışlara düştüklerini ifade etmişlerdir.

Bu gruptaki grafiklerin nasıl yorumlandığı genel olarak değerlendirilecek olursak tek etki yapılması durumundaki grafikleri öğrencilerin daha doğru yorumlayabildikleri, iki etki yapılması halinde eğer madde ekleme t<sub>1</sub> anında gerçekleşmişse t<sub>2</sub> anında gerçekleşen şartlara göre daha başarılı yorumlayabildikleri görülmektedir. t<sub>2</sub> anındaki değişim incelendiğinde de eğer hacim ya da sıcaklık değişimi ise öğrencilerin bunu takip eden önermeyi daha zor yorumladıkları görülmekle birlikte

öğrenciler genelde madde miktarındaki artışı gösteren denge grafiklerini başarılı bir şekilde yorumlayabildikleri tespit edilmiştir. Bu sonuç Yıldırım vd. (2011) çalışmalarındaki sonuçlarla uyum göstermektedir. Grafik yorumlama birden fazla durumu dikkate alarak yapılan daha kapsamlı bir beceridir. Bunlardan ikisi kavramsal bilgi (Brasell, 1990) ve matematiksel bilgidir (Parmar ve Signer, 2005). Kavramsal bilgi ve matematiksel bilgiden yoksun bireylerin grafikleri yeterli düzeyde yorumlaması da güçtür. Bu çalışmada da yanlış cevaplayan öğrencilerin kavramsal bilgi eksikliğinden dolayı yanlış yaptıkları vermiş oldukları cevaplarda görülmüştür.

### **Madde Miktarının Azaltılmasının Etkisi**

Madde çıkarılması etkisini yapıldığı grafiklerde etki sayısının artması ve önden başka bir etkinin yapılmış olması tıpkı madde etkisinde olduğu gibi başarıyı düşürmüştür. Üç etkinin yapıldığı grafikte ise başarı daha da düşmüştür.

Yine değişken sayısı arttıkça grafiklerin yorumlanmasının daha zorlaştığı görülmektedir (Temiz ve Tan, 2009a). Öğrenciler bu grafikleri yorumlarken daha fazla zihinsel işlem yapmaya ihtiyaç duyduklarından başarı diğerlerine oranla daha düşmüştür. Bu bulgu grafik yorumlamanın önemli ölçüde bilişsel yük gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Bektaşlı ve White (2012), 12. sınıf öğrencilerinin kinematik konusunda grafik yorumlama becerileri ile öğrencilerin mantıksal düşünme becerileri arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

### **Sabit Hacimde Sıcaklığın Dengeye Etkisi**

Sıcaklığın dengeye etkisinin yorumlanmasının istendiği grafiklerin hepsinde öğrencilerin etkiyi yorumlamakta ciddi sorun yaşadıkları gözlenmiştir. Bu grafiklerde yanlış yorum yapan öğrencilerde gözlenen durum endotermik tepkimeleri madde çıkarılmış gibi ekzotermik tepkimeleri de madde eklenmiş gibi yorumlamalarıdır. Öğrenciler reaksiyonların endotermik mi? yoksa ekzotermik mi olduğunu görmezden gelmişlerdir. Benzer durum Camacho ve Good'un (1989) kimyasal denge konusunda yapmış olduğu kavram yanlışlığı belirleme çalışmasında da görülmüştür. Çok belirgin olarak göze çarpan durum ısı ifadelerini sanki bir kimyasal ekleme ya da çıkarma işlemiymiş gibi ifade etmeleri olmuştur. Bu öğrenciler için grafiklerdeki eğimlerin hiç önemi olmadığı, öğrencilerin bu grafiklere bir şekil gibi baktıkları madde eklenmesi ya da çıkarılmasındaki ani artışla sıcaklık etkisinde meydana gelen eğrisel artışları ayırt edemedikleri tespit edilmiştir. Konyalıoğlu (2003), görselleştirmenin, öğrencilere soyut bir kavram veya sistemi somut ya da yarı-somut bir ortama dönüştürebilme imkânı sağladığı gibi tersine somut ya da yarı somut ortamdaki kavram veya sistemi soyuta çevirebilme yeteneklerini de geliştirebileceğini belirtmektedir. Çizili bir grafiğin örüntüsünün keşfedilmesi (değişkenler arasındaki soyut ilişkinin yani denklemin keşfedilmesi) somuttan-soyuta giden bir etkinliktir ve öğrenciler sıcaklık etkisinde bu örüntüyü keşfedememişlerdir. Çok çarpıcı olan sonuç ister endotermik ister ekzotermik tepkime olsun grafikleri yorumlarken öğrenciler ısıyı madde olarak düşünüp yorum yapmış olmalarıdır. Ayrıca bazı grafiklerde bu düşünce sisteminin grafiklerdeki azalma ve artışlarla da örtüşmesi öğrencilerin düşüncelerini sorgulamasını da engellemiştir. Öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını ayırt edemedikleri denge tepkimelerindeki ısının ne anlama geldiğini yorumlayamadıkları ve ısıyı madde olarak düşünüp yorumladıkları görülmüştür. Alan yazın incelendiğinde öğrencilerde bu tür kavram yanlışlarının olduğuna rastlanmaktadır (Bilgin, Uzuntiryaki ve Geban, 2003). Bu grafiklerde madde miktarında görülen ani artış ya da azalışlarla sıcaklık değişmesinde meydana gelen eğrisel değişimleri aynı yorumlamaları ve sadece basit bir yükselme ya da azalma olarak ele almaları artma ya da azalma olarak görmeleri grafikteki soyut ilişkileri doğru yorumlayamadıklarının da göstermektedir. Denge anında sistemin sıcaklığının

değişmesiyle dengede ve maddelerin konsantrasyonundaki değişmelerle ilgili öğrencilerde yanlışların bulunduğu dair bilgiler öğrencilerin grafik yorumlarken neden hata yaptıklarını da açıklamaktadır (Genel, Eynullayev ve Özen, 2018).

### **Hacim Değişiminin (Basınç) Dengeye Etkisi**

Hacim değişiminin dengeye etkisini gösteren grafikleri doğru cevaplayan öğrencilerin frekanslarının tıpkı sıcaklık etkisini doğru cevaplayan öğrencilerin frekansları gibi oldukça düşüktür. Yanlış cevap veren öğrenciler büyük oranda madde miktarı artışı olduğunu ifade etmişler ancak sistem tekrar dengeye gelirken meydana gelen değişimleri doğal olarak yorumlayamamışlardır. Öğrenciler hacim azalması ya da artmasının önce madde miktarını buna bağlı olarak da derişimi nasıl etkilediğini yorumlamakta ciddi sorun yaşamışlardır.

Ayrıca öğrenciler ikili etkinin yapıldığı grafiklerde birinci etki hacim etkisi ise madde miktarı değişim grafiklerini yorumlarken de zorlanmışlardır. Çünkü bu grafiklerde birbiri ile bağlantılı pek çok ön öğrenme ve zihinsel işleme ihtiyaç duymaktadırlar. Yani hacim etkisi diğer etkinin yorumlamasını da etkilemektedir. Bu etki yorumlanırken grafikte tek bir nokta ve onu takip eden değişim olmasına rağmen, birden fazla ilişkinin bulunduğu zihinsel işleme ihtiyaç duyulmaktadır (Güven, Özmen ve Öztürk, 2012). Shah, Mayer ve Hegarty'nin (1999) grafik yorumlamanın zihinsel olarak verileri dönüştürmesi gerektiği daha karmaşık ve hata yapma eğilimi olan anlaşılabilir süreçleri içerdiğini belirttiği çalışmasındaki bu tespiti hem sıcaklık hem de hacim etkilerinin yorumlandığı grafiklerdeki karmaşık süreçlerdeki başarısızlıklarda daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

### **Katalizörün ya da Katı Maddenin Dengeye Etkisi**

Katalizör dengede olan bir sistemin denge halini bozmaz sadece bir sistemin dengeye gelme süresini kısaltır. Öğrencilerin çok az bir kısmı tarafından bu durum doğru şekilde yorumlanmıştır. Bu durumun sebebi katalizörün tepkime hızını artırması, buna bağlı olarak maddelerin harcanıp oluşması ve madde derişimlerinde değişim meydana geleceğini düşünmeleridir. Nitekim Griffiths (1994) yaptığı çalışmada katalizör ilavesi ile ürünlerin ya da tepkimeye girenlerin derişimlerinin değişeceği yönünde bir kavram yanlışlığı tespit etmiş olması öğrencilerin grafikleri yanlış yorumlamalarının nedenini açıklamaktadır.

MEB onaylı okutulan kitaplara bakıldığında verilen örneklerin tümü homojen dengelerdir. Burada kitaplarda bahsedilmeyen katı madde miktarı değişimi, hem de sadece homojen dengelerde bahsedilen katalizör etkisini yorumlamaları beklenmektedir. Heterojen bir dengenin söz konusu olması grafiğin yorumlanmasını daha da güçleştirmiştir. Doğru cevap veren öğrencilerin tamamı da etkinin katalizör olduğunu ifade etmiş katı madde eklemesi ya da çıkarılması yorumunu hiçbir öğrenci yapmamıştır. Gültekin (2014) çalışmasında ders kitaplarında sunulan grafiklerin nicelik olarak yetersiz, niteliksel açıdan geliştirilmeye muhtaç yönlerinin olduğu belirlenmiştir. Yine araştırmacı çalışmasında en fazla grafiğin kimyasal denge konusunda olduğunu ifade ederken niceliksel açıdan yeterli olsa da niteliksel açıdan geliştirilmesi gerektiği çıkan sonuçlarımız neticesinde söylenebilir. Yine çalışmada da ifade edildiği gibi ölçme ve değerlendirme kısımlarında yorumlamaya dayalı etkinliklerin de artırılması çalışmada gördüğümüz eksikliklerin giderilmesinde rol oynayacaktır. Yine bu etkinin doğru olarak yorumlanamamasının bir nedeni de kitaplarda da çok fazla değinilmemesi neticesinde oluşan bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Leinhardt vd., 1990; Özgün-Koca, 2008; Sülün ve Kozcu, 2005; Uçar ve Akdoğan, 2009).

Grafik çizme, okuma ve yorumlama pek çok bireysel faktörlerden başlayıp eğitim öğretim ortam ve süreçlerine kadar uzanan pek çok faktörden etkilenmektedir (Ainley, 2000; Berg ve Smith, 1994; Canham ve Hegarty, 2010; Carpenter ve Shah, 1998; Cook, Wiebe ve Carter, 2008; Glazer, 2011). Bu çalışmada Shah ve Hoeffner'in (2002) grafik okuma ve yorumlamada söz ettiği bilgi düzeyinin etkisinin öğrencilerin grafik okuma ve yorumlamada etkili olduğunu göstermiştir. Öğrencilerin bilgi düzeylerinin eksik olduğu grafik yorumlama sırasında ortaya çıkmış ve sorularını cevaplarken sorun oluşturmuştur. Özellikle ısı ve sıcaklık kavramları hakkındaki bilgilerinin net olmaması öğrencilerin bu konudaki ön öğrenmelerinden kaynaklanan eksik ve yanlışlıklar grafiklere yönelik verilen önermelere dayalı olarak yaptıkları yorumlamalarda ve bunları grafiklere yansıtmasında hatalara neden olmuştur. Yine çalışmada öğrencilerin basınç ve hacim ilişkilerini kuramamaları ve bunu madde miktarı ile ilişkilendirememeleri grafiklerde verilen önermeleri yorum ve çizime yansıtamadıklarını göstermiştir. Shah, Freedman ve Vekiri (2005) de çalışmalarında yorumları yapabilmek için alana özgü bilgilere sahip olmaları gerektiğine vurgu yapmakta ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarda bu vurguyu desteklemektedir. Burada bazı öğrencilerin grafikleri tamamen yanlış yorumlamaları mantıksal bir ilişki kuramadıklarını ve anlamlandırma yapamadıklarını da göstermektedir (Berg ve Philips, 1994). Yine değişken sayısı arttıkça grafiklerin yorumlanmasının daha zorlaştığı görülmektedir (Temiz ve Tan, 2009a).

Araştırma sonuçlarından elde edilen verilere göre aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

Fen okuryazarlığının kazandırılmaya başlandığı andan itibaren derslere grafiklerle ilgili etkinlikler eklenebilir veya programa "Grafik Okuryazarlığı" şeklinde bir seçmeli ders eklenebilir. Derslere başlamadan önce öğrencilerin ön bilgileri belirlendikten ve tamamlandıktan sonra dersler düzenlenmelidir. Grafikler sadece fen bilimleri alanında değil diğer birçok alanda kullanıldığı için disiplinler arası etkinlikler faydalı olabilir. Çalışma orta öğretim kurumlarında eğitim görmekte olan öğrencilerle ve denge konusundaki grafik yorumlama becerileri sınırlandırılmıştır. Dolayısıyla gerek kimya dersinin farklı ünite veya konularında gerek başka branşlarda gerekse öğretmenler ya da üniversite öğrencileri gibi farklı sonuçların oluşabileceği durumlarda grafikler ile ilgili yapılacak yeni çalışmalar sonuçların karşılaştırılması ve zenginleştirilmesi bakımında yararlı olacaktır. "Kimyasal Tepkimelerde Denge" ünitesine dayalı olarak oluşturulan sorulara verilen cevaplar incelendiğinde özellikle hacim değişkenine bağlı olarak meydana gelen değişimleri yorumlama becerilerinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu amaçla hacim-basınç, hacim-derişim arasındaki ilişkilere yönelik etkinliklerin artırılmasının faydalı olacaktır. Ders kitaplarında özellikle etkinlik, ölçme ve değerlendirmelerde grafik okuma ve yorumlamaya yönelik etkinler artırılmalıdır. Sadece homojen değil heterojen dengelere ait de örnekler verilmelidir. Ders kitaplarında birden fazla etki yapılması halinde meydana gelen değişimleri görebilecekleri ve uygulayabilecekleri daha fazla zihinsel işlem ve beceri gerektiren etkinliklere de yer verilmelidir. Bundan sonra yapılacak araştırmalar öğretmenler ve öğretmen adaylarındaki durumların belirlenmesine yönelik olarak yapıp, öğrencilerden elde edilen bilgilerle karşılaştırılabilir.

## Kaynaklar

- Ainley, J. (2000). Transparency in graphs and graphing tasks: An iterative design process. *Journal of Mathematical Behavior*, 19(3), 365–384.
- Akgün, İ.H. (2010). *İlköğretim sosyal bilgiler 7. sınıf öğrencilerinin grafik okuma ve hazırlama becerisini kazanma düzeyleri*. (Yüksek lisans tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.

- Ateş, S. (2001). The effects of computer applications on line graphing skills of tenth grade students having different cognitive developmental levels. (Doktora tezi). <https://www.proquest.com/docview/304699487> sayfasından erişilmiştir.
- Bayazıt, İ. (2011). Öğretmen adaylarının grafikler konusundaki bilgi düzeyleri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(4), 1325-1346.
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Bektaşlı, B. ve White, A.L. (2012). The relationships between logical thinking, gender, and kinematics graph interpretation skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, 48, 1-20.
- Berg, C.A. ve Philips, D.G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 323– 344.
- Berg, C.A. ve Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and freeresponse instruments. *Science Education*, 78(6), 527–554.
- Bilgin, İ., Uzuntiryaki, E. ve Geban, Ö., (2003). Öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavram yanlışları. *Eğitim ve Bilim*, 29(127), 10-17.
- Bowen, G.M. ve Roth, M.W. (2005). Data and graph interpretation practices among preservice science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1063-1088.
- Brasell, H.M. (1990). Graphs, graphing, and graphers. M.R. Rowe (Ed). *What research says to the science teacher* içinde (s. 69-85). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Camacho, M. ve Good, R. (1989). Problem solving an chemical equilibrium successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Canham, M. ve Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20, 155–166.
- Carpenter, P.A. ve Shah, P. (1998). A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(2), 75–100.
- Cook, M., Wiebe, E.N. ve Carter, G. (2008). The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. *Science Education*, 92(5), 848–867.
- Coştu, B. (2007). Comparison of students' performance on algorithmic, conceptual and graphical chemistry gas problems. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 379-386.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, M.F. (1997). *Bilimsel süreç becerileri*. Ankara: YOK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi.
- Çetin, B. ve İlhan, M. (2017). Standart ve SOLO Taksonomisine dayalı rubrikler ile puanlanan açık uçlu matematik sorularında puanlayıcı katılığı ve cömertliğinin incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 42(189), 217-247.

- Çimenci-Ateş, F. (2016). *Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin matematik dersine yönelik kaygı, tutum ve öz-yeterlilik inançlarının grafik okuma ve yorumlama başarı düzeylerine etkisinin değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). <http://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Demirci, N. ve Uyanık, F. (2009). 10. sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlamaları ile kinematik başarıları arasındaki ilişki. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 22-51.
- Dori, Y.J. ve Sason, I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based Computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 219-250.
- Erkoç, N.E. (2011). *Kimya öğretmen adaylarının işlemsel, kavramsal, ve grafiksel sorularda ki başarılarının karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ertem, S. ve Alkan, H. (2002, Eylül). *İlköğretim ilk kademesinde veri toplama ve analizi konularının işlenişi*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulmuş bildiri, İzmir.
- Friberg O. ve Rosenvinge J.H. (2011). A comparison of open-ended and closed questions in the prediction of mental health. *Qual Quant*, 47, 1397-1411. doi:10.1007/s11135-011-9597-8
- Friel, N., Curcio, R. ve Bright, G.W., (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications, *Journal of Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210.
- Genel Y., Eynullayev A. ve Özen D. (2018). Kimyasal denge konusundaki kavramların lise öğrencilerince anlaşılma düzeyleri ve karşılaşılan güçlükler. *Turkish Studies*, 13(19), 755-773.
- Griffiths, A.K. (1994). A critical analysis and synthesis of research on student's chemistry misconceptions. *The International Seminar: Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics'te sunulmuş bildiri*. University of Dortmund, Dortmund.
- Güler, Ç. (2019). *Öğrenme nesnesi tasarım ve geliştirme süreci: Bir tasarım tabanlı araştırma örneği*. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Gültekin, C. (2009). *Ortaöğretim 9. sınıf öğrencilerinin çözümler ve özellikleri ile ilgili grafik çizme okuma ve yorumlama becerilerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). <http://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Gültekin, C. (2014). *Ortaöğretim öğrencileri ile üniversite öğrencilerinin hal değişimi, çözümler ve çözünürlük konuları ile ilgili grafik çizme okuma ve yorumlama becerilerinin karşılaştırılması*. (Doktora tezi). <http://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Gültekin, C. ve Nakiboğlu, C. (2016). 9. ve 10. sınıf kimya dersi öğretim programlarının beceri ve içerik kazanımları ile ölçme-değerlendirme yaklaşımlarının grafikler açısından analizi. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 163-184.
- Gültepe, N. (2016). Reflections on high school students' graphing skills and their conceptual understanding of drawing chemistry graphs. *Educational Sciences: Theory & Practic*, 16(1), 53-81.
- Güntut, M., Güneş, P. ve Çetin, S. (2019). *Orta Öğretim 11. Sınıf Kimya Ders Kitabı* (1. Baskı). Ankara: MEB.

- Güven B., Özmen Z.M. ve Öztürk T. (2012, Haziran). *Gerçek yaşam durumları ile ilgili temsil süreçlerinin incelenmesi*. X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulmuş bildiri, Niğde Üniversitesi, Niğde.
- Hattikudur, S., Prather, R.W., Asquith, P.S., Alibali, M.W., Knuth, E.J. ve Nathan, M. (2012). Constructing graphical representations: Exploring middle schoolers' intuitions and developing knowledge about slope and intercept. *School Science and Mathematics*, 112(3), 230-240.
- Hotmanoğlu, Ç. (2014). *Sekizinci sınıf öğrencilerinin grafik çizme, yorumlama ve grafikleri diğer gösterimlerle ilişkilendirme becerilerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karasar, N. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Ankara: Nobel.
- Karataş, F.Ö., Coştu, B. ve Özmen, H. (2003). *Lise 2 öğrencilerinin gazlar konusu ve ilgili kavramları anlamalarının belirlenmesi*. XVII. Ulusal Kimya Kongresi'nde sunulmuş bildiri, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Kayar, Y. ve Ertuğrul, F. (2018). *11. sınıf kimya konu özetli soru bankası*. İstanbul: Esen.
- Kerslake, D. (1981). Graphs. K.M. Hart (Ed.), *Children's understanding of mathematics* içinde (s. 11-16). London: John Murray.
- Konyalıoğlu, A.C. (2003). *Üniversite Düzeyinde vektör uzayları konusundaki kavramların anlaşılmasında görselleştirme yaklaşımının etkinliğinin incelenmesi*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kwon, O.N. (2002). The effect of calculatorbased ranger activities on students graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102(2), 57-67.
- Lai, K., Cabrera, J., Vitale, J.M., Madhok, J., Tinker, R. ve Linn, M. (2016). Measuring graph comprehension, critique, and construction in science. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 665-681.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. ve Stein, M.S. (1990). Functions, graphs and graphing: Tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 1(60), 1-64.
- Marietjie, M., Ansie, A. ve Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197-218.
- MEB-EARGED. (2002). *Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Brifingi*. Ankara.
- Miles, M. B. ve Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*, (2. Basım). California: SAGE.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Ortaöğretim Kimya Dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: MEB.
- Nakiboğlu, C., Gültekin, C. ve Erol, H. (2008). *Ortaöğretim öğrencilerinin grafik çizme ve yorumlama becerilerinin incelenmesi*. VIII. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitim Kongresi'nde sunulmuş bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Özgün-Koca, A. (2008). Öğrencilerin grafik okuma, yorumlama ve oluşturma hakkındaki kavram yanlışları. F.Ö. Özmantar, E. Bingölbalive ve H. Akkoç (Ed.), *Matematisel kavram yanlışları ve çözüm önerileri* içinde (s. 61-89). Ankara: Pegem Akademi.

- Padilla, M.J., McKenzie, D.L. ve Shaw, E.L.J. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-26.
- Parmar, R.S. ve Signer, B.R. (2005). Sources of error in constructing and interpreting graphs a study of fourth-and fifth-grade students with LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38(3), 250-261.
- Phage, I.B., Lemmer, M. ve Hitge, M. (2017). Probing factors influencing students' graphs comprehension regarding four operations in kinematics graphs. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2), 200-210.
- Plainic, M., Milin-Sipus, Z., Katic, H., Susac, A. ve Ivanjek, L. (2012). Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1393-1414.
- Polat, F. (2016). *Ortaokul öğrencilerinin fen derslerinde kullanılan grafikleri okuma becerileri ve grafiklere yönelik görüşleri*. Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Shah, P., Freedman, E.G. ve Vekiri, I. (2005). The comprehension of quantitative information in graphical displays. P. Shah ve A. Miyake (Ed.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* içinde (s. 426-476). Cambridge University.
- Shah, P. ve Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction, *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(1), 47-69.
- Shah, P., Mayer, R.E. ve Hegarty, M. (1999). Graphs as aids to knowledge construction: Signaling techniques for guiding the process of graph comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 690-702.
- Söylemez, H. (2015). *LYS kimya konu anlatımlı*. Ankara: Palme.
- Sülün, Y. ve Kozcu, N. (2005). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin lise giriş sınavlarındaki çevre ve popülasyon konusuyla ilgili grafik sorularını algılama ve yorumlamalarındaki yanlışları. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 25-33.
- Şendur, G. (2009). *Kimyasal denge ünitesindeki kavram yanlışlarının önlenmesi için Ausubel'in anlamlı öğretim yönteminin uygulanması*. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tairab, H.H. ve Khalaf-AlNaqbi, A.K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs? *Journal of Biological Education*, 38(3), 127-132.
- Tarakçı, F. (2016). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının grafikleri okuma, yorumlama ve hazırlama becerilerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). <http://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Taşar, M.F., İnceç, Ş.K. ve Güneş, P.Ü. (2002). *Grafik çizme ve anlama becerisinin saptanması*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitim Kongresi'nde sunulmuş bildiri, Ankara.
- Taşdemir, A., Demirbaş, M. ve Bozdoğan, A.E. (2005). Fen bilgisi öğretiminde işbirlikli öğrenme yönteminin öğrencilerin grafik yorumlama becerilerini geliştirmeye yönelik etkisi. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 81-91.
- Temiz, B.K. ve Tan, M. (2009a). Grafik çizme becerilerinin kontrol listesi ile ölçülmesi. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 71-83.



- Temiz, B.K ve Tan, M. (2009b). Lise 1. sınıf öğrencilerinin grafik yorumlama becerileri. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 31-43.
- Tuncel, G. (2011), Sosyal bilgiler dersinde rubriklerin etkili kullanımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 213-233.
- Uçar, T.Z. ve Akdoğan, N.E. (2009). İlköğretim 6-8. sınıf öğrencilerinin ortalama kavramına yüklediği anlamlar. *İlköğretim Online*, 8(2), 391-400.
- Uyanık, F. (2007). *Ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlama ile kinematik başarıları arasındaki ilişki*. (Yüksek lisans tezi). <http://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Yıldırım, N., Kurt, S. ve Ayas, A. (2011). The effect of the worksheets on students' achievement in chemical equilibrium. *Journal of Turkish Science Education*, 8(3), 44-58.

### **Yazarların Katkı Oranı Beyanı**

Makaleye yazarlar eşit katkıda bulunmuşlardır.

### **Destek ve Teşekkür Beyanı**

Bu araştırmada herhangi bir kurum, kuruluş ya da kişiden destek alınmamıştır.

### **Çatışma Beyanı**

Araştırma ile ilgili diğer kişi ve kurumlarla herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması yoktur.

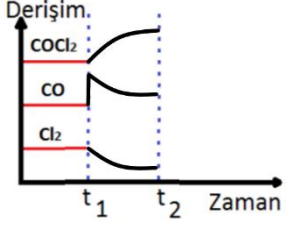
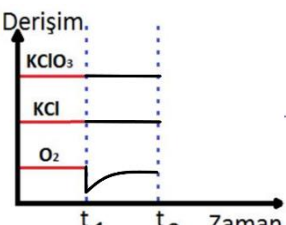
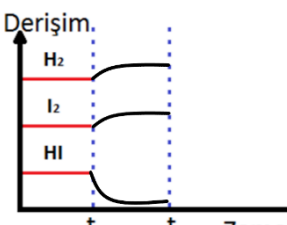
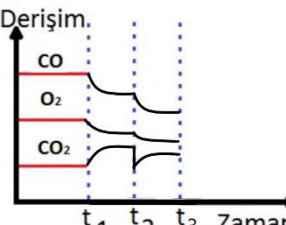
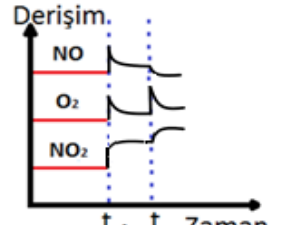
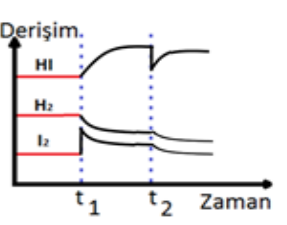
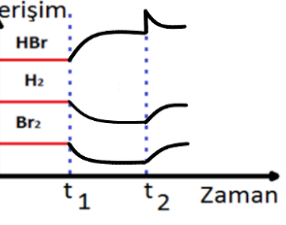
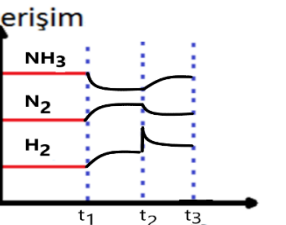
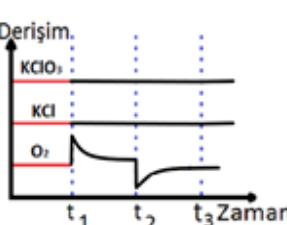
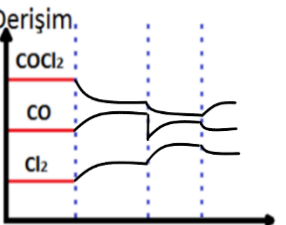
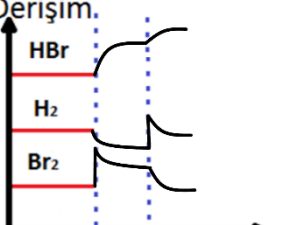
### **Etik Bildirim**

Bu araştırma, Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulu'nun 01.02.2019 tarih ve 35853172-300 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

## Ek-1. Veri Toplama Aracı

Sayın katılımcı her bir grafiği aşağıdaki hususları dikkate alarak cevaplandırınız.

$t_1$ ,  $t_2$  ya da  $t_3$  anlarında dengeye yapılan etkinin ne olduğunu, neden artma, azalma olduğunu ya da değişmediğini, yapılan etki ile dengenin hangi yöne kayacağını ve nedenini açıklayınız.

<p>1) <math>\text{COCl}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})</math></p> 	<p>2) <math>\text{KClO}_3(\text{k}) + \text{ısı} \leftrightarrow \text{KCl}(\text{k}) + \text{O}_2(\text{g})</math></p> 	<p>3) <math>2\text{HI}(\text{g}) + \text{ısı} \leftrightarrow \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})</math></p> 
<p>4) <math>\text{CO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{ısı}</math></p> 	<p>5) <math>\text{NO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{NO}_2(\text{g})</math></p> 	<p>6) <math>2\text{HI}(\text{g}) \leftrightarrow \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})</math></p> 
<p>7) <math>\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{HBr}(\text{g}) + \text{ısı}</math></p> 	<p>8) <math>\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{ısı}</math></p> 	<p>9) <math>\text{KClO}_3(\text{k}) + \text{ısı} \leftrightarrow \text{KCl} + 3/2\text{O}_2</math></p> 
<p>10) <math>\text{COCl}_2 + \text{ısı}(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})</math></p> 	<p>11) <math>\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{HBr}(\text{g})</math></p> 	<p>12) <math>\text{NO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{NO}_2(\text{g})</math></p> 