



# The Effect of Learning Cycle Model on Preservice Chemistry Teachers' Understanding of Oxidation Reduction Topic and Thinking Skills

Senar TEMEL<sup>\*</sup>, Sinem DİNÇOL ÖZGÜR and Ayhan YILMAZ

Hacettepe University, Ankara, TURKEY

Received: 22.09.2011

Accepted: 23.05.2012

---

*Abstract* –In the study, it was aimed to examine preservice chemistry teachers' understanding level of oxidation and reduction topic before and after the learning cycle model application and to determine the effect of this model on their understanding level of this topic and lower and higher order thinking skills. Thirty preservice chemistry teachers from Hacettepe University, Faculty of Education, Department of Chemistry Education participated in the study. Data were obtained by Oxidation Reduction Achievement Test which is consisted of twelve open ended questions prepared according to Bloom Taxonomy. At the end of the study, it was determined that preservice chemistry teachers' understanding level of oxidation reduction topic is low before the learning cycle model application but a significant increase in their understanding level of this topic was determined after the application. It was concluded that the learning cycle model provides a significant increase in their higher and lower order thinking skills via paired sample t-tests.

*Key words:* The learning cycle model, oxidation reduction, understanding level, higher order thinking skill, lower order thinking skill.

## Summary

### Introduction

Education is the process of formation of permanent behavioral changes in individuals' behaviors (Ertürk, 1972). The important objectives of the education are knowing and remembering knowledge, developing concepts, generations and theories (Köğçe, 2005). Bloom (1956) divided the objectives of education in areas. In the control process of these objectives, cognitive proficiencies are vital (Köğçe, 2005). The important criterion in the classification of cognitive proficiencies is Taxonomy which was developed by Bloom and called Bloom Taxonomy (Bloom, 1956). Bloom divided objectives of cognitive domain into

---

<sup>\*</sup> Corresponding author: Dr. Senar TEMEL, Hacettepe University, Faculty of Education, Department of Chemistry Education, Beytepe, Ankara, Turkey,  
E- mail: senar@hacettepe.edu.tr

six stages: knowledge, comprehension and application, analysis, synthesis and evaluation (Bloom, 1956).

Bloom Taxonomy provides teachers with an opportunity for developing questions which can be used to assess students' thinking skills (Turgut, 1992). In the studies realized by Lewis and Smith (1993); Newman (1990), it was explained that lower and higher order thinking skills are different from each other. In the studies of Zoller (1993, 1995, 1997, 2000) for defining of lower and higher thinking skills, Bloom Taxonomy was considered. In this Taxonomy, lower order thinking skills were expressed by knowledge, comprehension and application stages and higher order thinking skills were expressed by analysis, synthesis and evaluation.

Constructivist theory is consisted of higher order thinking skills (Brooks, 1990) and activities of constructivist theory should be realized so as to develop students' higher order thinking skills (Taşkın, 2008). The learning cycle model is one of the models based on constructivist theory (Bybee, 1997). This model provides students with an opportunity for participating in the process of higher order thinking (Boddy, Watson, & Aubusson, 2003).

#### *The aim of the study*

In the study, it was aimed to examine pre-service chemistry teachers' understanding level of oxidation reduction topic before and after the learning cycle model application and to determine the effect of this model on their understanding level of this topic and lower and higher order thinking skills. It was tried to find answers in the following sub-problems:

1. What is the understanding level of oxidation reduction topic of pre-service chemistry teachers before and after the learning cycle model application?
2. Is there a significant difference between pre- and posttest achievement scores of Oxidation Reduction Achievement Test (ORAT) of pre-service chemistry teachers?
3. Is there a significant difference between pre- and posttest scores of pre-service chemistry teachers in questions that assess their lower order thinking skills?
4. Is there a significant difference between pre- and posttest scores of pre-service chemistry teachers in questions that assess their higher order thinking skills?

#### **Methodology**

Thirty pre-service chemistry teachers from Hacettepe University, Faculty of Education, Department of Chemistry Education participated in the study. ORAT was used as a data collection tool. This test was developed by researchers. It was used to determine pre-service chemistry teachers' lower and higher order thinking skills. It was consisted of twelve

open ended questions related to oxidation reduction topic and prepared according to Bloom Taxonomy. The study was realized in five weeks. Oxidation reduction topic which was difficult for students' understanding was chosen for the study. In the first week of the study, the aims were explained to pre-service chemistry teachers and ORAT was administered to them as a pretest. In the second week of the study oxidation reduction topic was taught with the learning cycle model. This model was realized in five stages: Engagement, exploration, explanation, elaboration and evaluation. In the last week of the study ORAT was administered as a posttest.

### **Results and Discussion**

The obtained findings were examined according to sub-problems. Percentage was computed for the analysis of first sub-problem and paired sample t-tests were used for the analysis of second, third and fourth sub-problems. Related to the first sub-problem, pre- and posttest results of ORAT analyzed by the assessment technique of Abraham, Grzybowski, Renner and Marek (1992). At the end of the study, it was determined that pre-service chemistry teachers' understanding level of oxidation reduction topic is low before the learning cycle model application but a significant increase in their understanding level of the topic was determined after the application. Also it was concluded that the learning cycle model provides a significant increase in their lower and higher order thinking skills via paired sample t-tests.

# Öğrenme Halkası Modelinin Öğretmen Adaylarının Yükseltgenme İndirgenme Konusunda Anlama Düzeylerine ve Düşünme Becerilerine Etkisi

Senar TEMEL \*, Sinem DİNÇOL ÖZGÜR ve Ayhan YILMAZ

Hacettepe Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

Makale Gönderme Tarihi: 22.09.2011

Makale Kabul Tarihi: 23.05.2012

*Özet* - Çalışmada öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce ve sonra yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerini incelemek ve öğrenme halkası modelinin onların yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerine, alt ve üst düzey düşünme becerilerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmaya 2010–2011 eğitim öğretim yılı güz döneminde Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Anabilim Dalında okuyan 30 öğretmen adayı katılmıştır. Çalışmada veriler, öğretmen adaylarının alt ve üst düzey düşünme becerilerini değerlendirmeye yönelik Bloom Taksonomisine göre hazırlanmış 12 açık uçlu sorudan oluşan Yükseltgenme İndirgenme Başarı Testi ile elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerinin genel olarak düşük olduğu, modelin uygulanmasından sonra ise anlama düzeylerinde anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan bağımlı örneklem t-testleri ile öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının alt ve üst düzey düşünme becerilerinde anlamlı bir artışa neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

*Anahtar kelimeler:* Öğrenme halkası modeli, yükseltgenme indirgenme, anlama düzeyi, düşünme becerisi.

## Giriş

Eğitim en genel anlamıyla, bireyin davranışlarında kalıcı izli davranış değişikliği meydana getirme sürecidir (Ertürk, 1972). Eğitimin en önemli hedefleri, bilgiyi tanıma ve hatırlama, bilgi üzerinde işlemler yapma, kavramlar, genellemeler ve kuramlar geliştirmedir (Köğçe, 2005). Bloom (1956), eğitimdeki bu hedefleri alanlara ve her alana yönelik alt basamaklara ayırmıştır. Bu hedefleri denetleme sürecinde ise bilişsel yeterlilikler önemlidir (Köğçe, 2005). Öğrencilerin bilişsel yeterliliklerini sınıflandırmada kullanılan en önemli ölçüt, Bloom tarafından geliştirilen taksonomidir ve Bloom Taksonomisi olarak adlandırılmaktadır (Bloom, 1956). Bloom bu taksonomide bilişsel alanla ilgili amaç ve

\* İletişim: Senar Temel, Dr., Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Beytepe, Ankara, Türkiye.

E- mail: senar@hacettepe.edu.tr

kazanımları kendi içinde bilgi, kavrama, uygulama, analiz, sentez ve değerlendirme olmak üzere altı alt basamağa ayırmıştır (Bloom, 1956). Bu alt basamaklardan her biri öğrencilerin bilgi ve uzmanlık edinmesine dayanmaktadır. Böylelikle öğrenciler daha kompleks anlamaya yönlendirilmektedir (Christopher, Thomas, & Tallent Runnels, 2004).

Eğitim sisteminin hedeflerinden biri mevcut bilgiyi öğrenciye doğrudan aktarmak değil, bilgiye onların ulaşmalarını sağlamaktır. Bu da üst düzey düşünme becerilerini öğrencilere kazandırmakla olmaktadır (Kaptan, 1999). Son yıllarda eğitimin özü, tüm öğretim kademelerinde öğrencilerin düşünme yeteneklerini geliştirmeyi amaçlayacak şekilde yeniden düzenlenmektedir (Koray & Yaman, 2002). Bunun sebebi modern ve teknolojik toplumların bilgiyi saklamaktan ziyade, bu bilgiyi işleyerek kullanabilen bireylere ihtiyaç duymasındır (Duyar, 2005). Bloom Taksonomisi öğretmenlerin, öğrencilerin düşünme becerilerini ölçmede kullanılabilecek sorular geliştirmesine olanak sağlamaktadır (Turgut, 1992). Lewis ve Smith (1993); Newman (1990) tarafından yapılan çalışmalarda, alt ve üst düzey düşünmenin birbirinden ayırt edilebileceği açıklanmıştır. Newman (1990), alt düzey düşünmeyi daha önce öğrenilen ve akılda tutulan bilgileri ve formülleri tekrarlama, üst düzey düşünmeyi ise, öğrencileri yorum yapmaya, analiz etmeye ve bilgiyi harekete geçirmeye zorlama olarak tanımlamıştır. Üst düzey düşünme becerileri, bilgiyi hatırlama, bilginin ya da ezberlenmiş algoritmaların bilindik durumlara uygulanması ve sırasıyla alıştırma çözme gibi alt düzey düşünme becerilerinden ayrılmalıdır (Zoller, Lubezky, Nakhleh, Tessier, & Dori, 1995). Zoller (1993, 1995, 1997, 2000) tarafından yapılan alt ve üst düzey düşünme becerilerinin tanımlanmasına ilişkin çalışmalarda Bloom Taksonomisi esas alınmıştır. Bloom ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu taksonomide alt düzey düşünme becerileri bilgi, kavrama ve uygulama basamakları ile üst düzey düşünme becerileri ise analiz, sentez ve değerlendirme basamakları ile ifade edilmiştir (Wilen, 1991).

Eğitimin bir diğer hedefi ise, bilgiyi nasıl ve nerede kullanacağını bilen, kendi öğrenme yöntemlerini tanıyıp etkili bir biçimde kullanan ve yeni bilgiler üretmede önceki bilgilerinden yararlanan (Abbott, 1999; aktaran, Nuhoğlu & Yalçın, 2006), yeni öğrendiği bilgi üzerinde düşünen, sorgulayan, yaşam boyu öğrenen, kendini sürekli geliştiren bireyler yetiştirmektir. Bunları gerçekleştirmede yapılandırıcı yaklaşım önemli bir role sahiptir. Yapılandırıcı yaklaşımda temel hedef anlamlı ve kalıcı öğrenmedir (Taşkın, 2008). Yapılandırıcı yaklaşım keşfetmeyi, sorgulamayı teşvik ederek üst düzey düşünme becerilerini kapsamaktadır (Brooks, 1990). Bu nedenle yapılandırıcı yaklaşım etkinlikleri öğrencilerin aktif öğrenmelerini ve üst düzey düşünme becerileri geliştirmelerini sağlayacak şekilde

yapılandırılmalıdır (Taşkın, 2008). Yapılandırıcı eğitime ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde; yapılandırıcı yaklaşım sayesinde öğrencilerin yorum yapma, öğrendiklerini başka alanlara uygulama gibi yeteneklerinin geliştiği, öğrenmeye aktif olarak katıldıkları, öğrenme sürecinde daha fazla sorumluluk aldıkları ve kalıcı öğrenmeler gerçekleştirdikleri ortaya konulmuştur (Bodner, 1990; Hand & Treagust, 1991; Laverty & McGarwey, 1991).

Öğrenme halkası modeli de yapılandırıcı yaklaşım üzerine kurulmuş öğretim modellerinden biridir. Model, Piaget'in Zihinsel Gelişim Teorisine dayanarak geliştirilmiştir (Bybee, 1997). Etkinliklerle konuyu öğrenciye kavratmaya çalışan, öğrencinin konuyu kendisinin anlamasını ve yorumlamasını sağlayan bir modeldir (Dikici, Türker & Özdemir, 2010). Bu model deneyimlere dayalı öğrenmeyi teşvik ederek, öğrencilerin üst düzey düşünme sürecine katılmalarını sağlamaktadır (Boddy, Watson, & Aubusson, 2003). Öğrencilerin kavramlar ve kavram sistemleri oluşturmalarında etkili bir model olup (Lawson, 2001) araştırma, kavramları tanımlama ve kavramları uygulama olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Nuhoğlu & Yalçın, 2006). Daha sonra üç aşamadan oluşan bu model Bybee (1997) tarafından beş aşamayı içeren bir öğrenme halkası olarak genişletilmiştir. Genişletilmiş bu model, giriş, keşfetme, açıklama, bilgiyi derinleştirme ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır (Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, Westbrook, & Landes, 2006).

### *Çalışmanın Önemi*

Öğretim faaliyetleri sırasında seçilen öğretim yöntemleri öğrencilerin öğrenmeleri üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğundan, anlamlı olmayan öğrenmelerin nedenlerinden birisinin de öğretim yöntemleri olduğu söylenebilmektedir (Nakipoğlu, 2001). Fakat kimya eğitimi alan öğrencilerin kimya konularında anlamlı öğrenmeyi nasıl sağlayacaklarına ilişkin farklı öğretim yöntemlerinin denenmesi ve bunların öğrenci başarısına etkisi çok fazla araştırılmamıştır (Ginns & Watters, 1995; Nakipoğlu, 1999; Nakipoğlu, 2001). Ayrıca yapılan çalışmaların çoğunda (Dindar & Demir, 2006; Koray & Yaman, 2002; Özcan & Akcan, 2010) öğretmenlerin sınavlarda kullandıkları soruların Bloom Taksonomisine göre analizi yapılırken, bu taksonominin öğrencilerin çeşitli kimya konularında anlama düzeylerinin, düşünme becerilerinin ve bu düzeylerin gelişiminin incelenmesinde kullanımını içeren çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Eğitim standartlarının geliştirilmesinde öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerine sahip olmaları önemli ve öğrencilerin bu becerileri kazanmaları öğretmenlerinin de aynı şekilde düşünme becerilerine sahip olmalarına bağlı olduğu için (Khorsand, 2009), üst düzey düşünmeyi öğretim

programının ve fen eğitiminin bir parçası haline getirecek çalışmalara çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Barak & Shakhman, 2008).

### *Çalışmanın Amacı*

Bu çalışmanın amacı, öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce ve sonra yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerini incelemek ve öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerine, alt ve üst düzey düşünme becerilerine etkisini belirlemektir. Bu amaçla aşağıdaki alt problemlere yanıtlar aranmıştır:

Öğretmen adaylarının;

1. Öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce ve sonra yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeyleri nasıldır?
2. Yükseltgenme İndirgenme Başarı Testi (YİBT) öntest-sontest başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Alt düzey düşünme becerilerini ölçen sorularda öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
4. Üst düzey düşünme becerilerini ölçen sorularda öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

### **Yöntem**

Çalışmada tek grup öntest-sontest araştırma deseni kullanılmıştır.

### *Örnekleme*

Çalışmaya 2010–2011 eğitim öğretim yılı güz döneminde Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Anabilim Dalında okuyan 30 öğretmen adayı katılmıştır. Öğretmen adayları, Genel Kimya ve Analitik Kimya ders başarı notları göz önüne alınarak yansız atama yoluyla belirlenmiştir.

### *Veri Toplama Araçları*

#### *Yükseltgenme İndirgenme Başarı Testi (YİBT):*

Test hazırlama aşamasında konuya ilişkin bilgiler, hedef davranışlar belirlenmiş ve öğretmen adaylarının seviyesine uygun olarak “aktiflik, yükseltgenme indirgenme, elementlerin aktiflik sırası, yükseltgenme indirgenme tepkimelerinin denkleştirilmesi, yükseltgenen indirgenen türler, korozyon ve katodik koruma” alt konularını içeren 12 açık



uçlu sorudan oluşan bir test araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Test, kapsam geçerliliğinin sağlanması için uzman öğretim elemanları tarafından incelenmiştir. Testte yer alan sorular öğretmen adaylarının alt ve üst düzey düşünme becerilerini değerlendirmeye yönelik olarak Bloom Taksonomisine göre hazırlanmıştır. Testte 6 alt düzey, 6 üst düzey düşünme becerilerini ölçen sorular yer almaktadır.

*Alt düzey düşünme becerisine ait örnek soru*

3. soru: Kavrama düzeyi

I. Zn metali; HgCl<sub>2</sub>, SnCl<sub>2</sub>, HCl çözeltilerinde çözünüyor.

II. Sn elementi; HCl’te çözünüyor.

III. Hg elementi; HCl’te çözünmüyor.

Yukarıda verilen açıklamalara göre Zn, Sn, Hg, H<sub>2</sub> elementleri elektron verme isteklerine göre büyükten küçüğe nasıl sıralanır? (Varol & Gürocak, 2002).

*Üst düzey düşünme becerisine ait örnek soru*

10. soru: Sentez düzeyi

Gemiler, depolama tankları gibi suyla ya da nemli toprakla doğrudan temas eden demir ve çelik cisimleri korumak için kullanılacak koruma yöntemleri öneriniz.

*Çalışmanın Uygulama Basamakları*

Çalışma 2010–2011 eğitim öğretim yılı güz döneminde, Kimya Eğitimi Anabilim Dalında okuyan 30 öğretmen adayı ile Anorganik Kimya dersinde 5 haftalık bir süreçte gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öğretmen adaylarının anlamakta zorlandıkları kompleks bir konu olan yükseltgenme indirgenme konusu (Valanides, Nicolaidou, & Eilks, 2003) seçilmiştir.

1. Çalışmanın ilk haftasında öğretmen adaylarına çalışmanın amaçları açıklanmıştır.

2. YİBT öntest olarak uygulanmıştır.

3. Çalışmanın ikinci haftasında yükseltgenme indirgenme konusunun öğrenme halkası modeli ile anlatımına başlanmıştır. Öğrenme halkası modeli 5 aşamada gerçekleştirilmiştir;

*İlgi Uyandırmak*

Bu aşamada ilk olarak öğretmen adaylarının konuya ilgilerini çekebilmek için onlara çeşitli sorular yöneltilmiştir.

Bu sorulardan bazıları:



1. Demirden yapılan eşyalar çoğu zaman boyanır, plastik veya başka metallerle kaplanır. Bunun nedeni nedir?,
2. Bakır ya da alüminyumdan yapılmış yemek kaplarının tuz ruhu (derişik hidroklorik asit) ile temizlenip temizlenemeyeceğinin nedenleri nelerdir?,
3. Açıkta bırakılan demir eşyalar paslanır, gümüş eşyalar kararır. Bunun nedeni nedir? (Varol & Gürocak, 2002)

Öğretmen adaylarının bu sorulara verdikleri yanıtlar dinlenmiştir. Yöneltilen bu sorular ile onların hangi bilgilere gereksinimleri olduğunu anlamaları sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca konu ile ilgili resimler sunulmuş ve öğretmen adayları düşünmeye yönlendirilmiştir. Daha sonra öğretmen adaylarından ulaşabildikleri kaynaklardan bu soruların yanıtlarını bulmaya çalışmaları istenmiştir.

### *Keşfetmek*

Bu aşamada öğretmen adaylarına aktiflik, yükseltgenme indirgenme reaksiyonları konuları ile ilgili videolar izlettirilmiştir. Bu videolardan bazıları kaynakçada belirtilen web adreslerinde mevcuttur (URL-1; URL-2; URL-3).

Öğretmen adaylarından videolarda gösterilen olayların denklemlerini yazmaları istenmiştir. Daha sonra konu ile ilgili gösteri deneyi yapılmış ve onların gerçekleşen olayları gözlemlemeleri istenmiştir.

Yapılan gösteri deneyi:

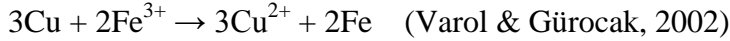
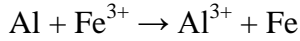
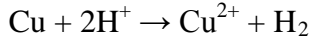
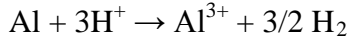
1.  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$  ve  $\text{AgNO}_3$  çözeltilerinin her birini ayrı bir behere koyunuz.
2.  $\text{CuSO}_4$  çözeltisinin bulunduğu behere Zn metalini daldırınız ve değişiklikleri gözlemleyip not ediniz.
3.  $\text{NaNO}_3$  çözeltisinin bulunduğu behere Mg şerit daldırınız ve değişiklikleri gözlemleyip not ediniz.
4.  $\text{AgNO}_3$  çözeltisinin bulunduğu behere Cu şerit daldırınız ve değişiklikleri gözlemleyip not ediniz.

Değişikliğin olduğu ve olmadığı durumlarda bunların nedenleri sorulmuş ve kendi aralarında tartışmaları istenmiştir. Değişikliğin olduğu durumlardaki olaylara ilişkin tepkimeleri yazmaları söylenmiştir. Yazılan tepkimelerin hangi türden olduğu ve bu tepkimelerin neye dayalı olarak gerçekleştiği sorulmuştur. Yapılan bu etkinliklerle öğretmen adayları keşfetmeleri gereken konuya yönlendirilmiştir. Öğretmen adaylarının tartışmaları kaydedilmiş ve bu kayıtlardan onların bilgilerinin hangi aşamada olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

### *Açıklamak*

Bu aşamada öğretmen adayları keşif aşamasında edindikleri deneyimlerden yararlanarak kendileri için gerekli olan bilgileri ortaya koymaya başlamışlardır. Konu ile ilgili düşüncelerini arkadaşlarına açıklamışlar ve kendilerine sunulan çalışma yapraklarını cevaplamışlardır. Araştırmacılar öğrencilerin fikirlerini dinledikten sonra konu ile ilgili bilgi verme sürecine geçmişlerdir. Bilgi verme sürecinde; yükseltgenme indirgenme, yükseltgen, indirgen madde, aktiflik kavramları açıklanmış ve yükseltgenme indirgenme tepkimelerinin elektron alışverişine dayalı olarak gerçekleştiği, elementlerin aktiflikleri (bileşik oluşturma istekleri yani elektron alma ya da verme yatkınlıkları) bilindiğinde tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin belirlenebileceği ifade edilmiştir. Öğretmen adaylarına verilen bilgileri pekiştirmeleri için çeşitli sorular yöneltilmiştir. Çeşitli tepkimeler gösterilerek, bu tepkimeler üzerinden yükseltgen, indirgen maddeleri tanımları, aktiflik sırasına göre hangi tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşeceğini belirlemeleri istenmiştir. Öğretmen adaylarına sunulan tepkimelerden bazıları:

Cu, Fe, Al, H<sub>2</sub> elementlerinin elektron verme istekleri büyükten küçüğe Al, Fe, H<sub>2</sub>, Cu şeklindedir. Buna göre aşağıdaki tepkimelerden hangileri kendiliğinden gerçekleşir?



Bu aşamanın sonunda öğretmen adaylarından konunun günlük yaşamla ilişkisini araştırmaları istenmiştir.

### *Bilgiyi Genişletmek*

Bu aşamada öğretmen adayları artık bilgilerini genişletmeye başlamıştır. Pas, korozyon, termit reaksiyonu ile ilgili resimlerin ve videoların sunumuyla öğrendikleri kavramların gerçek yaşamla ilişkisini kurmaya yönlendirilmişlerdir.

Sunulan videolardan bazıları kaynakçada belirtilen web adreslerinde mevcuttur (URL–4; URL–5; URL–6; URL–7).

Öğretmen adaylarından bu olayların nasıl gerçekleştiğini açıklamaları ve örnekler vermeleri istenmiştir. Bu aşamanın sonunda konunun günlük yaşamla ilişkisi özetlenmiştir.

### *Değerlendirmek*

Çalışmanın son haftasında YİBT sontest olarak uygulanmıştır.

## Verilerin Analizi

YİBT öntest ve sontest sonuçları, Abraham, Grzybowski, Renner ve Marek (1992) tarafından kullanılan değerlendirme tekniği ile analiz edilmiştir. Değerlendirmede kullanılan semboller, içerikler ve puanlama şu şekildedir;

A: Anlaşılmamış (Boş yanıt, yanıt doğru-açıklama yok, yanıt doğru-açıklama anlaşılır düzeyde değil) : 0 puan; Y: Yanlış kavram (Bilimsel olarak kabul edilmeyecek yanıt veya açıklama): 1 puan; K/Y: Kısmen anlama ile birlikte yanlış kavram (Yanıt doğru iken açıklamanın yanlış kavram içermesi veya yanıt yanlış iken açıklamanın doğru olması): 2 puan; K: Kısmen anlama (Yanıt doğru, açıklama tam değil): 3 puan; T: Tam anlama (Yanıt doğru, açıklama tam): 4 puan

Öğretmen adaylarının YİBT'den elde edebileceği en düşük puan 0, en yüksek puan ise 48'dir. Verilerin analizinde 1. alt problem için betimsel istatistik (yüzde), 2. 3. 4. alt problemler için ise bağımlı örneklem t-testleri yapılmıştır.

## Bulgular

Çalışmadan elde edilen bulgular çalışmanın alt problemleri doğrultusunda incelenmiştir. Çalışmanın 1. alt problemi ile ilişkili olarak; öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce ve sonra yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeyleri Tablo 1'de (YİBT Öntest ve Sontest Sonuçları) verilmektedir.

**Tablo 1** Öğretmen Adaylarının Yükseltgenme İndirgenme Konusunda Anlama Düzeyleri

Soru düzeyi	Soru no	A(%)		Y(%)		K/Y(%)		K(%)		T(%)	
		Öntest	Sontest	Öntest	Sontest	Öntest	Sontest	Öntest	Sontest	Öntest	Sontest
Bilgi	1	3,3	0	26,7	10	0	0	63,3	66,7	6,7	23,4
	2	6,7	6,7	20	3,3	0	26,7	20	10	53,3	53,3
Kavrama	3	56,7	13,3	0	0	0	0	0	0	43,3	86,7
	4	56,7	33,4	0	0	0	0	0	0	43,3	66,6
Uygulama	5	33,3	6,7	0	0	0	30	20	0	46,7	63,3
	6	90	70	0	0	0	0	3,3	0	6,7	30
Analiz	7	76,7	23,3	0	0	0	0	23,4	70	0	6,7
	8	93,3	20	0	0	0	0	6,7	66,7	0	13,3
Sentez	9	70	23,3	0	0	0	0	30	73,4	0	3,3
	10	80	33,3	16,7	0	0	6,7	3,3	50	0	10
Değerlendirme	11	100	86,7	0	0	0	3,3	0	6,7	0	3,3
	12	100	40	0	0	0	0	0	16,7	0	43,3

Tablo 1 incelendiğinde, öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce YİBT’de yer alan sorulara verdikleri cevapların yüzdeleri “tam anlama” düzeyi için %0-%53,3, “kısmen anlama” düzeyi için %0-%63,3, “kısmen anlama/yanlış kavram” düzeyi için %0, “yanlış kavram” düzeyi için %0-%26,7, “anlaşılmamış” düzeyi için %3,3-%100 arasında bulunmuştur. Öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından sonra YİBT’de yer alan sorulara verdikleri cevapların yüzdeleri “tam anlama” düzeyi için %3,3-%86,7, “kısmen anlama” düzeyi için %0-%73,4, “kısmen anlama/yanlış kavram” düzeyi için %0-%30, “yanlış kavram” düzeyi için %0-%10, “anlaşılmamış” düzeyi için %0-%86,7 arasında bulunmuştur.

Çalışmanın ikinci alt problemi ile ilişkili olarak; YİBT öntest ve sontest sonuçları için bağımlı örneklem t-testi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2** YİBT öntest ve sontest başarı puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	$\bar{X}$	S	t	p
<b>Ön test</b>	30	13,73	5,53	- 10,54	0,000
<b>Son test</b>	30	28,40	6,45		

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmen adaylarının öntest başarı puanları ortalaması  $\bar{X}$  : 13,73, sontest başarı puanları ortalaması ise  $\bar{X}$  :28,40 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerinde anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermiştir ( $t_{(29)}=-10,54$ ,  $p<.05$ ).

Çalışmanın üçüncü alt problemi ile ilişkili olarak; YİBT’de yer alan alt düzey düşünme becerilerini ölçen soruların öntest ve sontest sonuçları için bağımlı örneklem t-testi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3’te verilmektedir.

**Tablo 3** YİBT’de yer alan alt düzey düşünme becerisi öntest ve sontest puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	$\bar{X}$	S	t	p
<b>Ön test</b>	30	11,66	5,20	- 5,63	0,000
<b>Son test</b>	30	16,50	3,84		

Tablo 3 incelendiğinde, öğretmen adaylarının alt düzey düşünme becerisi öntest ortalama puanları  $\bar{X}$  : 11,66, sontest ortalama puanları ise  $\bar{X}$  :16,50 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının alt düzey düşünme becerilerinde anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermiştir ( $t_{(29)}=-5,63$ ,  $p<.05$ ).

Çalışmanın dördüncü alt problemi ile ilişkili olarak; YİBT’de yer alan üst düzey düşünme becerilerini ölçen soruların öntest ve sontest sonuçları için bağımlı örneklem t-testi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4’te verilmektedir.

**Tablo 4** YİBT’de yer alan üst düzey düşünme becerisi öntest ve sontest puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	$\bar{X}$	S	t	p
Ön test	30	2,43	3,14	- 10,49	0,000
Son test	30	11,90	4,10		

Tablo 4 incelendiğinde, öğretmen adaylarının üst düzey düşünme becerisi öntest ortalama puanları  $\bar{X}$  : 2,43, sontest ortalama puanları ise  $\bar{X}$  :11,90 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının üst düzey düşünme becerilerinde anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermiştir ( $t_{(29)}=-10,49$ ,  $p<.05$ ).

## Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın birinci alt problemi ile ilişkili olarak; YİBT’nin öntest sonuçları analiz edildiğinde; öğretmen adaylarının anlama düzeylerinin genel olarak düşük olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar öğretmen adaylarının konu ile ilgili anlamadıkları yerler bulunduğunu göstermektedir. Öğretmen adaylarının özellikle üst düzey düşünme becerisi gerektiren analiz, sentez ve değerlendirme basamaklarında yer alan sorulardaki anlama düzeylerinin düşük, alt düzey düşünme becerisi gerektiren bilgi, kavrama ve uygulama basamaklarında yer alan sorulardaki anlama düzeylerinin ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar; öğretmen adaylarının alt düzey düşünme becerilerine sahip olduklarını, üst düzey düşünme becerilerinin ise çok düşük olduğunu göstermektedir. Çalışmanın ikinci alt problemi ile ilişkili olarak yapılan bağımlı örneklem t-testi sonucu incelendiğinde, öğrenme halkası modelinin uygulanmasından sonra öğretmen adaylarının yükseltgenme indirgenme konusunda anlama düzeylerinde anlamlı bir artış olduğu

belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç YİBT'nin son test sonuçları ile desteklenmektedir. Sontest sonuçları incelendiğinde, öğretmen adaylarının bilgi, kavrama ve uygulama basamaklarında yer alan sorulara genellikle “tam anlama” düzeyinde, analiz, sentez ve değerlendirme basamaklarında yer alan sorulara ise “kısmen anlama” düzeyinde yanıtlar verdikleri görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, öğretmen adaylarının hem bilgi, kavrama ve uygulama hem de analiz, sentez ve değerlendirme basamaklarında anlama düzeylerinde artış olduğunu göstermektedir. Çalışmanın üçüncü ve dördüncü alt problemleri ile ilişkili olarak yapılan bağımlı örneklem t-testleri sonuçları incelendiğinde ise, öğrenme halkası modelinin öğretmen adaylarının hem alt düzey hem de üst düzey düşünme becerilerinde anlamlı bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Literatürde öğrenme halkası modelinin başarıya (Atılboz, 2007; Akar, 2005; Ekici, 2007; Özsevgeç, 2007; Saka, 2006) ve düşünme becerilerine etkisini (Bakırcı & Erdemir, 2010; Boddy, Watson, & Aubusson, 2003; Lawson, 2002) inceleyen ve çalışmamızın sonuçlarını destekleyen araştırmalar bulunmaktadır. Çalışmamızın sonuçları öğretmen adaylarının öğrenme halkası modelinin uygulanmasından önce, öntestte özellikle alt düzey düşünme becerilerini ölçen soruları doğru yanıtlayabildiklerini, üst düzey düşünme becerilerini ölçen soruları ise tam olarak yanıtlayamadıklarını ortaya çıkarmıştır. Elde edilen bu sonuç, öğretmen adaylarının eğitim sisteminde daha çok alt düzey düşünme becerisi gerektiren sorulara alışkın olmalarına ve genellikle öğretmenlerin de öğretim sürecinde bu düzeye ait sorular sormalarına bağlanabilir. Demircioğlu, Ayas, Demircioğlu ve Çavrar, (2002) tarafından yapılan çalışmada öğretmenlerin Bloom Taksonomisinden haberdar olmadıkları, daha ziyade kendi taksonomilerini oluşturdukları tespit edilmiştir. Wilen (1991) çalışmasında öğretmenlerin cevapları, bilginin aynen tekrarını gerektiren sorular sorma konusunda oldukça ısrarcı olduklarını belirtmiştir. Corey (1940) ve Floyd (1960) tarafından yapılan çalışmalarda öğretmenlerin öğrencilere yönelttiği soruların büyük bir çoğunluğunun ezbere dayalı olduğu, öğrencileri üst düzey düşünmeye sevk etmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın da üst düzey düşünmeyi öğretim programının ve fen eğitiminin bir parçası haline getirecek ve Bloom Taksonomisinin düşünme becerilerinin ve bu düzeylerin gelişiminin incelenmesinde kullanımını içeren çalışmalara olan ihtiyacı karşılayabilecek nitelikte olması bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **Öneriler**

Öğretmen adaylarının eğitim süreçleri boyunca üst düzey düşünme becerileri kazanmaları önemli olduğu için eğitimcilerin ölçme değerlendirme sürecinde sordukları

soruların bilişsel alan seviyelerine dikkat etmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda Bloom Taksonomisi öğretmenlere yol gösterici olabilir.

Çalışmamızda öğretmen adaylarının uygulama öncesinde yükseltgenme indirgenme konusu ile ilgili düşük anlama düzeyine sahip oldukları belirlenmiştir. Yükseltgenme indirgenme konusunun günlük yaşamda oldukça çok uygulama alanı olmasına rağmen, konunun oldukça soyut olmasının, öğretmen adaylarının bu konuyu öğrenirken ezberciliğe yönelmelerinin ve günlük yaşamla gerekli bağlantıları kuramamalarının onları yetersiz anlamaya yönelttiği ve düşük anlama seviyelerine sahip olmalarına neden olduğu söylenebilir. Bu nedenle özellikle geleceğin öğretmenleri olacak öğretmen adaylarının sahip oldukları yetersiz anlamaların giderilmesi, konunun günlük yaşamla bağlantısının kurularak üst düzey düşünme becerileri geliştirebilmeleri sağlanmalıdır. Öğrenme halkası modeli de bu gelişim sürecinde uygulanabilecek öğretim yöntemlerinden biri olarak önerilebilir.

### Kaynakça

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W. & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Atılboz, G. (2007). *Öğrenme halkası modelinin biyoloji öğretmen adaylarının difüzyon ve osmoz konularını öğrenmeleri, biyoloji öğretimine yönelik özyeterlik inançları ve tutumları üzerine etkileri*. Yayınlanmamış doktora tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Akar, E. (2005). *Effectiveness of 5E learning cycle model on students' understanding of acid-base concepts*. Master thesis. Middle East Technical University, Ankara.
- Bakırcı, H. & Erdemir, N. (2010). Fizik öğretmen adaylarının mekanik konularını Bloom Taksonomisine göre öğrenebilme düzeyleri. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(38), 81-91.
- Barak, M. & Shakhman, L. (2008). Fostering higher-order thinking in science class: teachers' reflections. *Teachers and Teaching*, 14(3), 191-208.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive and affective domains*. New York: David McKay.
- Boddy, N., Watson, K. & Aubusson, P. (2003). A trial of the five es: A referent model for constructivist teaching and learning. *Research in Science Education*, 33, 27-42.
- Bodner, G. M. (1990). Why good teaching fails and hard-working students do not always succeed? *Spectrum*, 28(1), 27-32.



- Brooks, J. G. (1990). Teachers and students: Constructivist forging new connections. *Educational Leadership*, 47(5), 68–7.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, NK: Heinemann.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, Co: BSCS.
- Christopher, M. M., Thomas, J. A. & Tallent-Runnels, M. K. (2004). Raising the bar: Encouraging high level thinking in online discussion forums. *Roeper Review*, 26(3), 166-171.
- Corey, S. M. (1940). The teachers out-talk the pupils. *The School Review*, 48, 745-752.
- Demircioğlu, G., Ayas, A., Demircioğlu, H. & Çavrar, S. (2002). *Öğrencilerin kimya başarılarını belirlemede kullanılan araçların ve soruların nitelikleri*. 2000'li Yıllarda I. Öğrenme ve Öğretme Sempozyum'unda sunulmuş bildiri, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 29-31 Mayıs.
- Dindar H. & Demir, M. (2006). Beşinci sınıf öğretmenlerinin fen bilgisi dersi sınav sorularının Bloom Taksonomisine göre değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(3), 87-96.
- Dikici, A., Türker, H. H. & Özdemir, G. (2010). 5E öğrenme döngüsünün anlamlı öğrenmeye etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(39), 100-128.
- Duyar, D. (2005). *Bloom'un amaçlar taksonomisinin ilköğretim II. kademe resim-iş derslerine adaptasyonu*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Ankara.
- Ekici, F. (2007). *Yapılandırmacı yaklaşıma uygun 5E öğrenme döngüsüne göre hazırlanan ders materyalinin lise 3. sınıf öğrencilerinin yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri ve elektrokimya konuları anlamalarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ertürk, S. (1972). *Eğitimde program geliştirme*. Ankara: Yelkentepe Yayınları.
- Floyd, W. D. (1960). *An analysis of the oral questioning activity in selected Colorado primary classrooms*. Doctoral dissertation, Greeley: Colorado State College.
- Ginns, I. S. & Watters, J. J. (1995). An analysis of scientific understandings of preservice elementary teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 205-222.
- Hand, B. & Treagust, D. F. (1991). Student achievement and science curriculum development using a constructivist framework. *School Science and Mathematics*, 91(4), 172–176.

- Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- Khorsand, N., (2009). *Cognitive Levels of Questions Used by Iranian EFL Teachers in Advanced Reading Comprehension Tests*. Çevrimiçi: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED507869.pdf> adresinden 10 Ağustos 2010 tarihinde erişilmiştir.
- Koray, Ö. & Yaman, S. (2002). Fen bilgisi öğretmenlerinin soru sorma becerilerinin Bloom Taksonomisine göre değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10(2), 317-324.
- Köğçe, D. (2005). *OSS sınavı matematik soruları ile liselerde sorulan yazılı sınav sorularının Bloom Taksonomisine göre karşılaştırılması*. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Laverty, D. T. & McGarvey, J. E. B. (1991). A constructivist approach to learning. *Education in Chemistry*, 28, 99–102.
- Lawson, A. E. (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biological Education*, 35(4), 165-169.
- Lawson, A.E. (2002). *Science teaching and development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth/Thompson Learning.
- Lewis A. & Smith D. (1993). Defining higher order thinking .*Theory into Practice*, 32(3), 131-137.
- Nakiboğlu, C. (1999). Kimya öğretmeni eğitiminde bütünleştirici öğrenme modelinin öğrenci başarısına etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi Özel Sayı, 11*, 271-180.
- Nakiboğlu, C. (2001). Maddenin yapısı ünitesinin işbirlikli öğrenme yöntemi kullanılarak kimya öğretmen adaylarına öğretilmesinin öğrenci başarısına etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 131-143.
- Newman, P.M. (1990). Higher order thinking in teaching social studies: A rationale for the assessment of classroom thoughtfulness. *Journal of Curriculum Studies*, 22, 41-56.
- Nuhoğlu, H. & Yalçın, N. (2006). Laboratuvarı çalışmalarında “öğrenme halkası modelinin” öğrenci başarısına etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 3(2), 49-65.
- Özcan, S. & Akcan, K. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının hazırladığı soruların içerik ve Bloom Taksonomisi’ne uygunluk yönünden incelenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(1), 323-330.

- Özsevgeç, T. (2007). *İlköğretim 5. sınıf kuvvet ve hareket ünitesine yönelik 5e modeline göre geliştirilen rehber materyallerin etkililiklerinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saka, A. (2006). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının genetik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesinde 5E modelinin etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Taşkın, (2008). *Fen ve teknoloji öğretiminde yeni yaklaşımlar*. Ankara: Pegem Akademi.
- Turgut, M. F. (1992). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme metotları*. Ankara: Saydam Matbaacılık.
- URL-1. [www.youtube.com/watch?v=TQdNPSwHU4&feature=related-Redox](http://www.youtube.com/watch?v=TQdNPSwHU4&feature=related-Redox) Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-2. [www.youtube.com/watch?v=mi3SUIznwa4&feature=related-Displace](http://www.youtube.com/watch?v=mi3SUIznwa4&feature=related-Displace) Zn + Cu<sup>2+</sup> Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-3: [www.youtube.com/watch?v=YZG4OzP65UU-Silver](http://www.youtube.com/watch?v=YZG4OzP65UU-Silver) Tree Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-4: [www.youtube.com/watch?v=XhhJZ55JPxo-Combustion](http://www.youtube.com/watch?v=XhhJZ55JPxo-Combustion) of iron in pure oxygen Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-5: [www.youtube.com/watch?v=tx9EvkikqcM-Thermite](http://www.youtube.com/watch?v=tx9EvkikqcM-Thermite) reaction - red iron oxide (HQ) Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-6: [www.youtube.com/watch?v=a8XSmSdvEK4-Thermite](http://www.youtube.com/watch?v=a8XSmSdvEK4-Thermite) reaction Erişim tarihi: 08.10.2010.
- URL-7: [www.youtube.com/watch?v=jimPIImGKPy8-How](http://www.youtube.com/watch?v=jimPIImGKPy8-How) to galvanize metal (for rust protection) Erişim tarihi: 08.10.2010.
- Valanides, N., Nicolaidou, A., & Eilks, I. (2003). Twelfth grade students' understanding of oxidation and combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. *Research in Science & Technological Education*, 21(2), 59-175.
- Varol, Ş. & Gürocak, M. (2002). *Lise kimya ders kitabı*. Ankara: Bilim ve Kültür Yayınları Limitet Şirketi.
- Wilens, W. (1991). *Questioning skills for teachers. What research says to the teacher?* 3rd Ed. Washington, DC: National Education Association. (ERIC Document Reproduction Service No: ED 332983).
- Zoller, U. (1993). Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 195-197.

- Zoller, U. (1995). Teaching, learning, evaluation and self-evaluation of HOCS in the process of learning chemistry. *Proceedings of the 3European Conference on Research in Chemical Education (3ECRICE), Poland, 60–67.*
- Zoller, U., Lubezky, A., Nakhleh, M. B., Tessier, B. & Dori, J. (1995). Success on algorithmic and LOCS vs. conceptual chemistry exam questions. *Journal of Chemical Education, 72(11), 987–989.*
- Zoller, U. (1997). *The traditional-to-innovative switch in college science teaching: An illustrative, longitudinal case study on the reform trail.* In *From Traditional Approaches toward Innovation* (Caprio, M.W., ed.), pp. 3–10. The SCST Monograph Series.
- Zoller, U. (2000). Interdisciplinary systemic HOCS development – the key for meaningful STES- oriented chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe (CERAPIE), 1, 189–200.*