Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sayı 17, S. 423-436, Aralık 2019
© Telif hakkı EJOSAT'a aittir
Araştırma Makalesi



www.ejosat.com ISSN:2148-2683

European Journal of Science and Technology
No. 17, pp. 423-436, December 2019
Copyright © 2019 EJOSAT
Research Article

Analitik Kimya Laboratuvarında Sorgulama Temelli Sistematik Kalitatif Katyon Analizi Deneylerinin Bilimsel Süreç Becerilerine Yansıması

Nalan Akkuzu Güven[1*], Melis Arzu Uyulgan[2]

[1] Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3374-7293)
[2] Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2815-2642)

(İlk Geliş Tarihi 11 Eylül 2019 ve Kabul Tarihi 27 Ekim 2019)

(**DOI:** 10.31590/ejosat.618342)

ATIF/REFERENCE: Akkuzu Güven, N. & Uyulgan, M. A. (2019). Analitik Kimya Laboratuvarında Sorgulama Temelli Sistematik Kalitatif Katyon Analizi Deneylerinin Bilimsel Süreç Becerilerine Yansıması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 423-436.

Öz

Araştırma ve sorgulama sürecinde yürütülen laboratuvar ortamında teorik bilgi ve uygulamanın ilişkilendirilmesi derin düşünme ve yansıtma aracılığıyla gerçekleşmektedir. Sorgulama temelli deneyler ile öğrencilerin bu ilişkilendirmeyi yapabilmesi bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi ile mümkündür. Bu doğrultuda araştırmanın amacı, I diyagramı aracı kullanılarak gerçekleştirilen sorgulama temelli sistematik kalitatif katyon analizi deneylerinde öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimini incelemektir. Bu araştırma nitel araştırma yöntem ve teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırma yöntemleri kapsamında özel durum çalışması kullanılmıştır. Araştırmada incelenen durum, rehberli sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulandığı bir süreçte üniversite düzeyindeki öğrencilerin Sistematik Kalitatif Katyon Analizi deneylerindeki bilimsel süreç becerilerinin değişimini izlemektir. Bu araştırmanın katılımcılarını bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programında öğrenim gören ve Analitik Kimya Laboratuarı-I dersini alan toplam 31 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama araçları olarak I diyagramı aracı ve Laboratuvar Yeterlilikleri Testi (LYT) kullanılmıştır. Veri analizinde I diyagramı dokümanları analitik puanlama anahtarı ile puanlandırılmıştır. LYT verileri ise Analitik Kriter Ölçeği ile doğruluk seviyelerine göre analiz edilmiştir. Araştırma toplam 10 hafta boyunca yürütülmüştür. I diyagramı aracından elde edilen sonuçlar öğrencilerin daha çok mantıksal tartışma, deneysel tasarım, veri toplama, veri dönüştürme ve sonuçlar bölümlerinde geliştiklerini göstermektedir. Hipotez yazma, deney tasarlama ve tahmin yürütme gibi becerileri kapsayan mantıksal tartışma bölümündeki gelişim ile öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinden nedensel ve deneysel becerilerinin de geliştiği söylenebilir. LYT verilerinden elde edilen sonuçlar ise öğrencilerde gözlem yapma ve reaksiyon yazma becerilerinin zaman içinde geliştiğini, deneysel işlemlere dair çıkarım yapma becerilerinde oldukça yüksek bir artış olduğunu göstermiştir. Teste verilen tam doğru cevaplarda da sorgulama temelli süreç sonunda bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu durum öğrencilerin deneyler sırasında elde ettikleri bilgi ve tecrübeleri ile yapılan gözlemleri daha iyi yorumlayabildiklerini ve dolayısıyla soru ile ilgili bilimsel fikirlerin bir kısmına veya hepsine sahip olduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Analitik kimya laboratuvarı, Sistematik kalitatif katyon analizi, Sorgulama temelli yaklaşım, Bilimsel süreç becerileri.

[*] Sorumlu Yazar: Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3374-7293, nalan.akkuzu@gmail.com

Reflection of Inquiry Based Systematic Qualitative Analysis of Cation Experiments in Analytical Chemistry Laboratory on Science Process Skills

Abstract

The theoretical knowledge and practice are connected through deep thinking and reflection during the research and inquiry process in the laboratory environment. Throughout the inquiry-based experiments, students can make this connection by developing their science process skills. In this respect, the aim of this study is to examine the development of students' science process skills in the Systematic Qualitative Analysis of Cation (SQAC) experiments conducted using I diagram tool. This research was carried out using qualitative research methodology. Case study was applied within the scope of qualitative research methods. The case examined in the research is to monitor the change of the science process skills of SQAC experiments of university level students in a process where guided inquiry-based learning approach is applied. The participants of this research consisted of 31 students studying in the Faculty of Education's Chemistry Teaching program of a state university and attending the Analytical Chemistry Laboratory-I course. In the research, I diagram tool and Laboratory Proficiency Test (LPT) were used as data collection tools. In data analysis, I diagram documents were scored with an analytical scoring key. LPT data was analyzed according to the accuracy level with analytical criterion scale. The study was conducted for a total of 10 weeks. The results obtained from I diagram tools showed that the students mostly developed in logical argument, experimental design, data collection, data transformation and results sections. The results also inferred that the development of causal and experimental skills of students from science process skills was improved with the development of logical argument section which included skills such as hypothesis writing, designing experiments and prediction. The results obtained from LPT data showed that students' observation and writing reaction skills developed over time and there was a high increase in their ability to make inferences about experimental procedures. There was also an increase in the full correct answers given to the test at the end of the inquiry-based process. Eventually, the students can better interpret the observations made with theoric knowledge and experience they have gained during the experiments and therefore have some or all of the scientific truths related to the question.

Keywords: Analytical chemistry laboratory, Systematic qualitative analysis of cation, Inquiry-based approach, Science process skills.

1. Giriş

Bilgi çağı olarak adlandırılan çağımızda süre gelen çalışmaların felsefe, sosyoloji, bilim ve teknolojideki geleneksel perspektiflere dayanan ve meydan okuyan bir parçası vardır. Bu çalışmalar sayesinde bilimsel ve teknik bilgi ve bu bilgilere katkıda bulunan süreç ve kaynaklar artmaktadır. Günümüzde sürekli olarak artan bilgiye ulaşabilme, bilgiyi anlayabilme, yeni bilgi üretebilme ve yeniliklere ayak uydurabilme adına bireylerin bilim insanı gibi düşünebilmelerini sağlayan birtakım becerilere sahip olmaları gerekmektedir. Bu beceriler ancak eğitim yoluyla kazandırılabilir. Bu nedenle eğitim sisteminde yenilikçi, araştırmacı, sorgulayıcı ve problem çözümüne odaklı bir anlayış sürdürülmelidir (Crouch ve Mazur, 2001; Knight ve Wood, 2005; Smith, vd., 2009; Şen ve Erişen, 2002; Tien, Roth ve Kampmeier, 2002; Yamak, Bulut ve Dündar, 2014).

Etkisi giderek azalmakta olan, sadece bilgileri ezberlemeye dayalı sistem yerine bilgiyi kendileri üreten, işe dönük bilgileri seçebilen, analiz edebilen, öğrenme sürecini denetleyebilen bir sistemde yetişen bireyler ile günümüzün toplumsal ihtiyaçları karşılanabilir. Bu da araştırma ve sorgulamaya dayalı bir öğretimle mümkündür. Ülkemizde ve dünyada bilgi ve teknolojideki gelişmelere dayalı olarak yeniden düzenlenen Fen öğretim programlarındaki temel anlayış, bilgiyi araştırma ve sorgulamaya dayalı olarak edinebilmedir (Adey, Shayer ve Yates, 1995; Carin ve Bass, 2001; Galyam ve Grange, 2003; Gibson ve Chase, 2002; Gençtürk ve Türkmen, 2007; Kılıç, Haymana ve Bozyılmaz, 2008). Bu anlayışın temelinde yer alan "sorgulama" terimi, öğrencilerin bir bilim adamı gibi düşünerek hipotez üretme, test etme ve problem çözme sürecinden geçmesi anlamını taşımaktadır (Barrow, 2006; Gormally, Brickman, Hallar ve Armstrong, 2009).

Araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme sürecinde öğrenciler bilim insanı gibi sorgulayarak, fenomenleri araştırarak, bilimsel araştırmalara aktif bir şekilde katılarak doğal olgu ve olayları öğrenirler (NRC, 2000). Bu tür öğrenme ortamlarında öğrencilere araştırma zenginliği sunulması öğrencilerin bilişsel yeterliliklerinin gelişimini desteklemektedir. Aynı zamanda öğrencilerin daha iyi deneyimler yaşaması motivasyonu ve öğrenmeyi arttırır (Weaver, Russel ve Wink, 2008; White, 2002). Anderson (2002) araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme ortamlarında öğrencilerin ezberleme ve talimatlara uyma davranışlarından uzaklaşarak bilgiyi keşfeden, yapılandıran ve geliştiren davranışlara ulaştıklarını belirtmiştir.

Bilimsel içerik ve kavram öğreniminin yanında araştırma ve sorgulama ortamlarında öğrencilerin edinmesi gereken yeterliliklerden biri de bilimsel süreç becerileridir (Windschitl, Thompson ve Breaten, 2008). Bilgiye ulaşmada öğrencilerin derse aktif katılımı bilimsel süreç becerilerinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Bir anlamda bilimsel süreç becerileri bilginin üretilmesinde zihinsel ve fiziksel becerilerin birlikte kullanılmasını gerektirir. Bilimsel yöntemin temel alındığı, zihinsel ve teknik becerilerin geliştiği, gerçek anlamda bir araştırma ve sorgulama sürecinin yaşandığı en uygun öğrenme ortamları ise laboratuarlardır (Hofstein, 2004; Mcconnaughay, Welsford ve Stabenau, 1999; Newton, Tracey ve Prudente, 2006). Aslında oldukça zengin yaşantılar sunabilecek bu laboratuvar ortamlarında ne yazık ki süregelen anlayış, verilen talimatları sınırlı bir süre içerisinde doğrulama yöntemi ile yerine getirmedir (Colburn, 2000). Bu anlayış sebebiyle öğrenciler doğru bir bilimsel süreçten geçememektedir. Sonuç olarak öğrenciler deneyler esnasında ne yaptıklarını anlamadan, düşünmeden sadece bir tarif uygulamaktadırlar. Bu süreçten geçen öğrencilerin en büyük eksikliği kendi deneylerini planlayamamak ve tasarlayamamaktır (Domin, 1999). Araştırma ve sorgulama anlayışına dayanan laboratuarlarda öğrenciler bağımsız olarak kendi deneysel planlarını yürütür ve verilerini toplar. Böylelikle

topladıkları deneysel veriler ve değişkenler ile kimyanın temel yasaları arasında ilişkiler kurarak öğrenirler (Wenning, 2011). Bu tür öğrenme ortamlarında bilimsel süreç becerilerinin arttığına dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Mumba, Chalabingua ve Hunter, 2007). Tamir, Stavy ve Ratner (1998) çalışmalarında laboratuvar ortamında araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenim ile öğrencilerin gözlem, tahmin yapma, hipotezleri test etme ve sonuçları ortaya çıkarma yeterliliklerinde artış olduğunu, deneysel yöntemi benimsediklerini, daha iyi yorumlama yapabildiklerini tespit etmişlerdir. Berg, Bergandahl ve Lundberg (2003)'e göre araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları öğrencilerin derin düşünerek ve yansıtmalar yaparak teori ile uygulamayı ilişkilendirmelerini sağlamakta ve dolayısıyla bilimsel süreç becerilerini geliştirmektedir. Sorgulama sürecinde öğrenciler aktif öğrenenlerdir; araştırma yöntemini planlayarak, veri analizi yaparak ve sonuç çıkararak araştırma sorularını cevaplayabilirler (Bell, Smetana ve Binns, 2005). Böyle bir ortam söz konusu olmadığı durumlarda öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulamaları engellenebilir ve bilimsel süreç becerilerini geliştiremeyebilirler.

Araştırma ve sorgulamaya dayalı Fen öğretiminde öğrenciler bilimsel süreç becerilerini geliştirerek öğrenme sürecini izler. Bu öğretimin etkin kullanıldığı laboratuvar ortamında öğrenciler deney yaparken bilimsel süreç becerileri yardımıyla sistematik bir problem çözme yolu kullanırlar (Hammann, Phan, Ehmer ve Grimm, 2008). Bu becerileri kullanarak öğretimini sürdüren öğrencilerin bilgiyi daha iyi özümsemeleri ve kalıcı öğrenmeler kazanmaları beklenmektedir. Bilimsel süreç becerileri bir problem çözme sürecinde bilgiyi oluşturma, problem üzerinde fikir üretme ve olası sonuçları ortaya çıkarma şeklinde birbirini izleyen adımlarda kullanılan düşünme becerileridir. Öğrencilere bu becerilerin kazandırılması onların ileride karşılaşacakları olası problemlere karşı daha kolay bir şekilde çözüm üretebilmelerini sağlayacak ve böylelikle öğrenciler bilimsel bir çalışma sürecinin bilincinde problem çözümüne odaklı bir şekilde anlamlı öğrenmeyi gerçekleştireceklerdir (Çepni ve Çil, 2009).

Bilimsel süreç becerileri ile ilgili alanyazın incelendiğinde bu becerilerin farklı şekilde sınıflandırıldığı görülmektedir. Daha çok karşılaşılan sınıflandırmalar dikkate alındığında bilimsel süreç becerileri temel ve bütünleştirici (birleştirilmiş) olmak üzere iki (Rezba vd., 1995; Ramig, Bailer ve Ramsey, 1995; A.A.A.S. 1998 akt. Kanlı ve Yağbasan, 2008); temel, nedensel ve deneysel beceriler olmak üzere üç (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997) başlık altında toplanmaktadır. Temel beceriler, nedensel ve deneysel becerilere bir adım oluşturan gözlem, ölçme, sınıflandırma yapma, verileri kaydetme, sayı ve uzay ilişkileri kurma şeklindedir. Temel becerilerin ilköğretim düzeyinden itibaren öğrencilere kazandırılması öğrencilerin nedensel ve deneysel becerilerini geliştirmelerinde öncülük etmektedir. Nedensel beceriler önceden kestirme, değişkenleri belirleme, verileri yorumlama, sonuç çıkarma becerilerini; deneysel beceriler de hipotez kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, deney yapma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, karar verme becerilerini içermektedir. Bu becerileri öğrencilere kazandıracak öğrenme ortamlarının sayısının arttırılması öğrenmenin kalıcılığı açısından önemli ve gereklidir. Konfüçyus'un da belirttiği gibi "Duyarsam unuturum, görürsem hatırlarım, yaparsam öğrenirim" sözü ile de ifade edilecek olursa öğrenme sürecindeki etkinlikler ne kadar duyu organına hitap ederse etkili bir öğrenme kuvvetli bir şekilde sağlanmış olacaktır. Bilimsel süreç becerilerini yeterli düzeyde aktif olarak kullanabilen öğrenciler araştırma ve sorgulama sürecinde tüm duyu organları yardımıyla kendi çabalarıyla etkili, kolay ve kalıcı öğrenmeye ulaşabilirler.

Herhangi bir konunun öğretiminde kullanılan sorgulama sürecinde üç farklı yaklaşım uygulanmaktadır. Bu yaklaşımlar öğretmen ve öğrencilerin rollerindeki değişimlere göre yapılandırılmış, rehberli ve açık sorgulama olarak adlandırılmaktadır (Martin-Hansen, 2002; NRC, 2000; Sadeh ve Zion, 2012). Bunlardan en çok tercih edilen ve uygulama kolaylığı sağlayanı ise rehberli sorgulama yaklaşımıdır. Blanchard ve arkadaşları (2010), rehberli sorgulama laboratuvarı eğitimi ile doğrulama tipi laboratuvar eğitiminin, öğrencilerin içerik bilgisi, prosedür ve bilimin doğasına yönelik performansları üzerine etkisini karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarında rehberli sorgulamaya dayalı öğretim sürecinde yer alan ortaöğretim düzeyindeki öğrencilerin, kavramsal bilgi, prosedür bilgisi, bilimin doğası ve bilimsel araştırma açılarından doğrulama türü laboratuar eğitimine kıyasla daha iyi bir performans gösterdiklerini belirlemişlerdir.

Laboratuvar föyleri, kaynak kitaplar ve öğretmen rehberliğinde sadece deneysel talimatları izleme ve yerine getirme şeklinde yürütülen laboratuvar çalışmalarında öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerini birlikte kullanarak bilimsel süreç becerilerini geliştirmeleri mümkün değildir. Bu şekilde yürütülen laboratuvar uygulamaları öğrencilerin alternatif çözüm yolları aramalarını engellemekte ve öğrenilen bilgilerin unutulmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple laboratuvar ortamında bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye aracılık edecek sorgulama yaklaşımı kapsamında deneylerin gerçekleştirilmesi ve sorgulama temelli bazı öğrenme araçlarından faydalanılması gerekmektedir. Bu öğrenme araçlarından biri de I diyagramıdır. I diyagramı, bilimsel süreci adım adım ilerleten, anlamlı ve kalıcı öğrenmeye yardımcı olan, öğrencileri araştırma ve sorgulama yapmaya yönlendiren laboratuarlarda faydalanılabilecek bir aktif öğrenme aracıdır (Phillips ve German, 2002; Tatar, Korkmaz ve Şaşmaz Ören, 2007, Akkuzu ve Uyulgan, 2017).

Son yıllarda yapılan araştırma ve sorgulamaya dayalı laboratuvar çalışmalarının öğrencilerin öğrenmelerini ve bilimsel süreç becerilerini olumlu etkilediği göz önünde bulundurularak bu tür laboratuvar çalışmalarının yaygınlaştırılması önem kazanmıştır. Buradan hareketle araştırmanın amacı, I diyagramı aracı kullanılarak gerçekleştirilen sorgulama temelli sistematik kalitatif katyon analizi deneylerinde öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimini incelemektir. Bu amaçla aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

- Sistematik kalitatif katyon analizi deneylerinde öğrencilerin I diyagramı bölümlerinden aldıkları puanlar nasıl değişmektedir?
- Öğrencilerin Laboratuvar Yeterlilikleri Testi'nden aldıkları puanlara göre bilimsel süreç becerileri nasıl değişmektedir?
- Öğrencilerin Laboratuvar Yeterlilikleri Testi'ne verdikleri yanıtlar doğruluk seviyelerine göre nasıl değişmektedir?

2. Materyal ve Metot

2.1. Yöntem

Bu araştırma nitel araştırma yöntem ve teknikleri kullanılarak yapılandırılmıştır. Nitel araştırma, sosyal yaşamı ve insanla ilgili problemleri kendine özgü yöntemlerle sorgulamaya dayanan bir anlamlandırma sürecidir (Creswell, 1998). Araştırmada, nitel araştırma yöntemleri kapsamında özel durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışmalarının odak noktası, tek bir bağlam içerisinde kurulan dinamikler veya süreçlerdir (Huberman ve Miles, 2002). Bir durum çalışması, verilen bir ya da birden fazla duruma odaklanarak bir sosyal oluşum veya sürecin anlaşılmaya çalışıldığı nitel araştırma yöntemidir (Richards ve Morse, 2013:73). Durum çalışması belirli bir durumu aydınlatmak, değerlendirmeler yapmak ve gözlemlenen olaylar arasında olası ilişkileri ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarmak için kullanılan keşfedici bir araştırma türüdür (McMillan, 2000; Patton, 2002:46). Ayrıca gerçek bir yaşam bağlamı içerisinde güncel bir olguyu araştırır (Yin, 2003). Bu bağlamda araştırmada incelenen durum, rehberli sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulandığı bir süreçte kullanılan I diyagramı aracı ile üniversite düzeyindeki öğrencilerin Analitik kimya laboratuvarı deneylerindeki bilimsel süreç becerilerinin gelişimini izlemektir. Bu araştırmada tek bir analiz birimi olarak bir öğrenci grubu üzerine odaklanıldığı için bütüncül tek durum deseninden yararlanılmıştır.

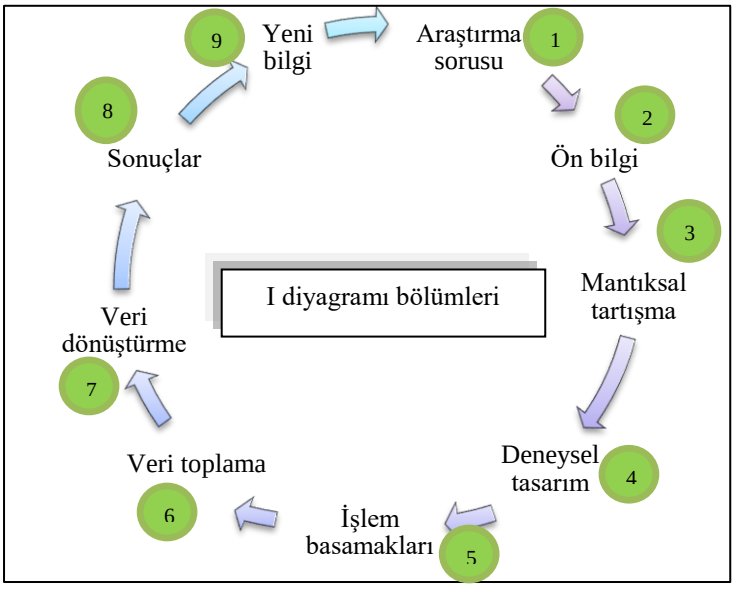
2.1.1. Katılımcılar

Nitel araştırma tasarımlarının dayandığı temel fikir, araştırmacının problem ve araştırma sorularını anlamasına en iyi yardım edecek katılımcıların amaçlı bir şekilde seçilmesidir (Creswell, 2003:185). Amaçlı örneklemenin varsayımlarından biri araştırmacının keşfetmek, kavramak, iç görü kazanmak istediği bir örneklemin seçiminin zorunlu olmasıdır (Merriam, 2013). Buradan hareketle araştırmada, örneklem seçiminde ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme yöntemine göre önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü kapsayan durumlar çalışılır (Patton, 2014: 238). Bu araştırmadaki ölçütler öğrencilerin Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programında öğrenim görmeleri, dönem içinde Analitik Kimya Laboratuarı-I dersini almaları ve araştırmada rehberli sorgulamaya dayalı yaklaşımın kullanıldığı herhangi bir uygulamayla daha önce karşılaşmamış olmalarıdır. Bu araştırmanın örneklemini bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programında öğrenim gören ve Analitik Kimya Laboratuarı-I dersini alan toplam 31 öğrenci oluşturmaktadır. Öğrencilerin 45,16'sı % (N=14) kız ve 54,84'ü % (N=17) erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırma öncesi katılımcıların çalışmaya gönüllü olup olmadıklarına dair sözlü onay alınmış ve öğrencilerin çalışmadan her an kendi rızalarıyla çıkabileceklerine dair bilgi verilmiştir.

2.1.2. Veri Toplama Araçları

2.1.2.1. I Diyagramı Aracı

Bu araştırmada öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini tespit etmek amacıyla I diyagramı aracından faydalanılmıştır (Ek 1). I diyagramı Gowin'in Vee diyagramından esinlenen ve Lawson'un eğer..... ve eğer..... sonra kalıbına dayalı olarak Phillips ve Germann (2002) tarafından ortaya atılan eğitsel araçlardan biridir. Bu araca I diyagramı denmesinin nedeni bölümlerin yer aldığı orta kısmın şeklinin "I" harfine benzerliğidir. I diyagramı aracı aşama aşama ilerleyen toplam dokuz bölümden oluşmaktadır. I diyagramı deneyle ilgili bir araştırma sorusuyla başlar; mantıksal tartışma, deneysel tasarım, deneyin işlem basamakları, veri toplama, veri dönüşümü, sonuçlar, bilgi iddiasının daha geniş çerçevede nasıl ele alınacağıyla ilgili yeni bir bilgi ve yeni bir araştırma sorusuyla son bulur. Tüm bu aşamalar dikkate alındığında I diyagramı öğrenmede sorgulamanın kaçınılmaz olduğu döngüsel bir süreci kapsamaktadır. Şekil 1, I diyagramı aşamalarını ve her bir aşamada öğrencilerin yapması gerekenlere dair açıklamaları özet şeklinde göstermektedir.



Öğrencilerin I diyagramı sürecinde deneyimledikleri 9 bölümün öğrenme döngüsü aşamalarının açıklamaları:
1. Araştırmaya uygun bir soru üretir.
2.Sorusuna cevap oluşturabilecek ilgili ön bilgileri toplar ve kavramları oluşturur.
3.Araştırma sorusuna uygun bir hipotez türetir.
4.Deneyindeki değişkenleri belirler ve deneyini tasarlar.
5.Deneysel işlem basamaklarını oluşturur ve uygular.
6. Elde edilen verileri toplar ve tablo şeklinde düzenler.
7.Verileri grafiklere dönüştürür ve reaksiyon gösterimi şeklinde sunar.
8.Verilerden anlamlı bir sonuç çıkarır. Sonucunu kanıtlarla destekler.
9. Bulduğu sonucu arkadaşları ile paylaşır ve yeni bilgi türetir.

Şekil 1: I Diyagramı Bölümlerinin Öğrenme Döngüsü Aşamaları ve Açıklamaları

Ek1 'de verilen I diyagramının ön sayfası incelendiğinde diyagram ilk olarak deneye ait bir araştırma sorusu ile başlamaktadır. Bir sonraki aşama ise deneyle ilgili ön bilginin ve kavramların yazıldığı bölümdür. Öğrenciler bu bölümü katyon gruplarının özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanıdıkları ön deneme aşaması aracılığıyla yazarlar. Katyon grubuyla ilgili ön bilgi ve kavramların

yazılmasından sonra mantıksal tartışma bölümü başlar. Bu bölümde öğrenciler araştırma sorusuna bağlı olarak hipotezlerini yazar; buna göre hazırlanan deney malzemelerini düşünerek deneyi tasarlarlar ve deney sonucuna göre tahmin yürütürler. Hipotez ve öngörüyü bu şekilde yazmak, öğrencilere bilimsel araştırmanın mantıksal düşünceye dayanan titiz bir süreç olduğunu vurgular. Ayrıca bu bölümde öğrencilerden deneysel tasarıma dayalı olarak deney değişkenlerinin neler olduğunu yazmaları istenir. Öğrencilerin değişkenleri yazabilmeleri büyük ölçüde deneyin işlem basamaklarını yazmayı kolaylaştırır. İşlem basamaklarını yazma bölümünde öğrenciler analizlerini yapar; örneğin verilen örnek numunelere reaktiflerini ekler, değişimleri izler ve ürün olarak çökelek ya da kompleks oluşumunu gözlemler. Bir sonraki bölüm işlem basamaklarında elde edilen verileri toplamadır. Burada, öğrenciler verilerini tablolar halinde yazarlar. Veri dönüşümü bölümü ise tablodaki verilerin girenler ve ürünler şeklinde yazılarak reaksiyonlara dönüştürme aşamasıdır. Bir sonraki adım olan sonuçlar bölümünde öğrencilerin o gruba ait sistematik katyon analizi ile ilgili nasıl bir sonuca vardıkları sorgulatılır. Burada öğrencilerden numunelerinde buldukları katyonların neler olduğu kanıtlarıyla ve bilgi iddialarını ortaya koyarak sunmaları istenir. Dolayısıyla öğrenciler kanıtlarını bilgi iddiası şeklinde sunarlar. I diyagramının son bölümünde katyon analizi sonuçlarından yeni bilgiye ve yeni araştırma sorusu ya da sorularına ulaşmaları sağlanır. Öğrenciler I diyagramında yer alan bu bölümleri deneyler sırasında aşama aşama takip ederken hem bilimsel süreç becerilerini kullanırlar hem de sorgulama sürecinde aktif olarak yer alırlar.

2.1.2.2. Laboratuvar Yeterlilikleri Testi (LYT)

Araştırmanın bir diğer veri toplama aracı Laboratuvar Yeterlilikleri Testidir. Testin kullanılma amacı I diyagramından elde edilen bilimsel süreç becerilerindeki gelişimi daha net ortaya koymaktır. Bu doğrultuda Analitik Kimya laboratuarı dersinde öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ne seviyede değiştiğini belirlemek için LYT kullanılmıştır. Bu test 10 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Bu testte laboratuvar yeterlilikleri olarak bilimsel süreç becerilerine odaklanılmıştır (Uyulgan, 2012). Her bir soru farklı bilimsel süreç becerilerini ölçmektedir. Testte yer alan sorular gözlem yapma, ölçme, sınıflama, veri kaydetme gibi temel bilimsel süreç becerilerini, deney tasarlama, değişkenleri belirleme, hipotez kurma, verileri kullanma, çıkarım yapma ve sonuç çıkarma gibi nedensel ve deneysel süreç becerilerini ölçmektedir. Tablo 1'de her bir sorunun ölçtüğü bilimsel süreç becerisi sırasıyla verilmiştir.

Tablo 1. Laboratuvar Yeterlilikleri Testinde Yer Alan Her Bir Sorunun Ölçtüğü Bilimsel Süreç Becerileri

Soru No	BSB	Soru No	BSB
1A	Gözlem yapma	**6**	Tahminde bulunma
1B	Reaksiyon yazma	**7**	Veri kaydetme - Hipotez kurma
2A	Laboratuvar malzemelerini isimlendirme	**8**	Değişkenleri belirleme, değiştirme ve kontrol etme
2B	Laboratuvar malzemelerini sınıflandırma	**9**	Deney tasarlama, deney araç gereçlerini tanıma
3A	Ölçme - Hacim okuma	**10A**	Çıkarım yapma – aktarma işlemi
3B	Ölçme - Hacim gösterme	**10B**	Çıkarım yapma – titrasyon işlemi
4	Veri işleme ve model oluşturma	**10C**	Çıkarım yapma – süzme işlemi
5	Yorumlama ve sonuç çıkarma		

2.1.3. Verilerin Analizi

2.1.3.1. I diyagramı dokümanları analizi

Deneylerde öğrencilere sunulan I diyagramı dokümanları analitik puanlama anahtarı göz önünde bulundurularak puanlandırılmıştır. Analitik puanlama süreç değerlendirmesinde yapılan ve çeşitli başlıklar altında bulunan performansların farklı puanlaması yapılarak gerçekleşen bir puanlama türüdür (Luft, 1999). Haladyna (1997), ölçülen bir beceri boyutu öğelere ayrıştırılabiliyorsa ve daha ayrıntılı bir şekilde puanlama yapılabiliyorsa analitik puanlamanın tercih edilmesini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda I diyagramı bilimsel süreç becerilerinin farklı bölümlerini içerdiği ve araştırma süreci pek çok farklı katyon analizlerine ait oluşturulan I diyagramlarını kapsadığı için puanlamada analitik puanlama anahtarı dikkate alınmıştır. Buna göre I diyagramında yer alan her bir bölüm nedensel ve deneysel becerileri kapsayan üst düzey düşünme becerileri de göz önünde bulundurularak araştırmacılar tarafından puanlandırılmıştır. Toplam puan 100 puan olarak belirlenmiştir. Tablo 2, I diyagramında yer alan her bir bölümden alınabilecek maksimum puanları göstermektedir.

Tablo 2. I Diyagramında Yer Alan Her Bir Bölümden Alınabilecek Maksimum Puanlar

No	Bölümler	Alınabilecek max. Puan
1	Araştırma Sorusu	5
2	Ön Bilgiler	10
3	Mantıksal Tartışma	15
4	Deneysel Tasarım (Değişkenleri Belirleme)	5
5	İşlem Basamakları	5
6	Veri Toplama	10
7	Veri Dönüştürme	10
8	Sonuçlar	30
9	Yeni Bilgi	10
Toplam		**100**

I diyagramı dokümanlarına ait puanlamada güvenirlik amacıyla iki araştırmacının puanlaması arasındaki tutarlılığa Pearson Momentler Çarpımı korelasyon katsayısı (r) hesaplanarak bakılmıştır. İstatistik hesaplamalara göre r = 0,98 olarak bulunmuştur. Buradan yola çıkarak iki araştırmacı arasındaki tutarlılığının çok yüksek olduğu söylenebilir. Öğrencilerin I diyagramında yer alan her bir bölümde aldıkları puanlar SPSS 20.00 programında ortalama puan hesaplanarak grafikler halinde sunulmuştur.

2.1.3.2. Laboratuvar Yeterlilik Testinin Analizi

Teste verilen cevapların incelenmesinde Analitik Kriter Ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçekte Ayas (1995) ve Marek (1986)'in puanlandırma kategorileri dikkate alınmış ve öğrencilerin teste verdikleri cevapların doğruluk seviyeleri bu kategorilere dayalı olarak puanlandırılmıştır. Tablo 3, LYT'de yer alan soruların analizinde kullanılan kategori, puan ve açıklamaları göstermektedir.

Tablo 3. LYT'de Yer Alan Soruların Analizinde Kullanılan Kategori, Puan ve Açıklamalar

Kategori	Kod	Puan	Açıklama
Tam doğru	**TD**	2	Soru ile ilgili bilimsel fikirlerin bir kısmını veya hepsini içeren cevaplar
Kısmen doğru	**KD**	1	Soru ile ilgili olarak kabul edilebilir düzeyde olan ancak; soruya tam olarak cevap teşkil etmeyen öğrenci ifadelerini içeren cevaplar
Yanlış	**Y**	0	İlişkisiz, mantıksız ya da yanlış bilgi içeren cevaplar
Boş (Cevapsız)	**B**	0	Soruyu tamamıyla boş bırakanlar, bilmiyorum, anlamadım ya da soruyu aynen tekrar eden cevaplar

Puanlandırma dikkate alındığında testten alınabilecek maksimum puan 30, minimum puan ise 0'dır. Öğrencilerin aldıkları puanlar 100 üzerinden değerlendirilerek bulgulara yansıtılmıştır. Testten elde edilen verilerin güvenirliği kodlayıcı güvenirliği ile belirlenmiştir. İki kodlayıcı arasındaki uyuşum yüzdesi %96 olarak bulunmuştur. Örnek bir sorunun puanlama kriteri Ek 2'de sunulmaktadır.

2.1.4. Uygulama Süreci

Araştırma Analitik Kimya Laboratuvarı-I dersinde bir dönem boyunca gerçekleştirilmiştir. Bu dersin ana amacı sistematik katyon analizleri hakkında bilgi ve beceriye sahip olmaktır. Ders kapsamında öğrenciler katyon analizi yöntemlerini, katyonların özelliklerini ve çeşitli reaksiyonlarını öğrenirler. Uygulama ders kapsamında yer alan 5 grup katyon analizi deneylerinin I diyagramı dokümanları aracılığıyla gerçekleştirilmesine dayanmaktadır. Uygulama sürecinde ilk hafta öğrencilere I diyagramı aracı ve içinde yer alan bölümleri hakkında bilgi verildi. Ardından deneylere başlamadan önce öğrencilere LYT uygulandı. İkinci hafta deneyler için gerekli olan çözeltiler ve cam malzemeler hazırlandı. Uygulama, katyonların ön deneme aşaması ve analiz aşaması olmak üzere 8 hafta boyunca ard arda iki basamakta gerçekleştirildi. Ön deneme aşamasında öğrenciler öncelikle analizini yapacağı katyon grubunun özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanımaya çalışarak ön bilgiye sahip oldular. Bir sonraki hafta ise A3 boyutu formatında hazırlanan I diyagramı dokümanları öğrencilere sunuldu ve öğrenciler sistematik katyon analizini gerçekleştirdiler. Uygulamada gerekli yerlerde araştırmacılar tarafından öğrencilere yöneltilen sorular ve rehberlik eşliğinde araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme ortamı oluşturulmuştur. Uygulama sırasında öğrencilerin birbirleri arasında fikirlerini tartışmaları ve etkileşime girmeleri sağlanmıştır. Tüm bu süreç çerçevesinde öğrenciler sistematik kalitatif katyon analizi ile ilgili problemin farkında olmuşlar, ön bilgilerini test etmişler, hipotez yazarak, tahmin yürüterek deney tasarlamışlar, analizlerindeki değişkenleri belirlemişler, verilerini toplamışlar, bu verileri reaksiyon üzerinde gösterebilmişler ve analiz sonuçlarından kararlara ulaşarak bilgi iddiası ortaya koyabilmişlerdir. Böylelikle I diyagramı aracılığıyla adım adım ilerleyerek bilimsel düşünme süreçlerinden geçmişler ve temel, nedensel ve deneysel becerileri kullanmışlardır. Tablo 4, öğrencilerin uygulamada yer alan ve analizlerini yaptıkları katyon gruplarını, aşamalarını ve uygulama sürecini göstermektedir. Toplamda 10 hafta sonunda öğrencilere laboratuvar yeterlilik testi ikinci kez verilerek uygulama süreci tamamlanmıştır.

Tablo 4. Katyon Gruplarının Aşamaları ve Uygulama Süreci

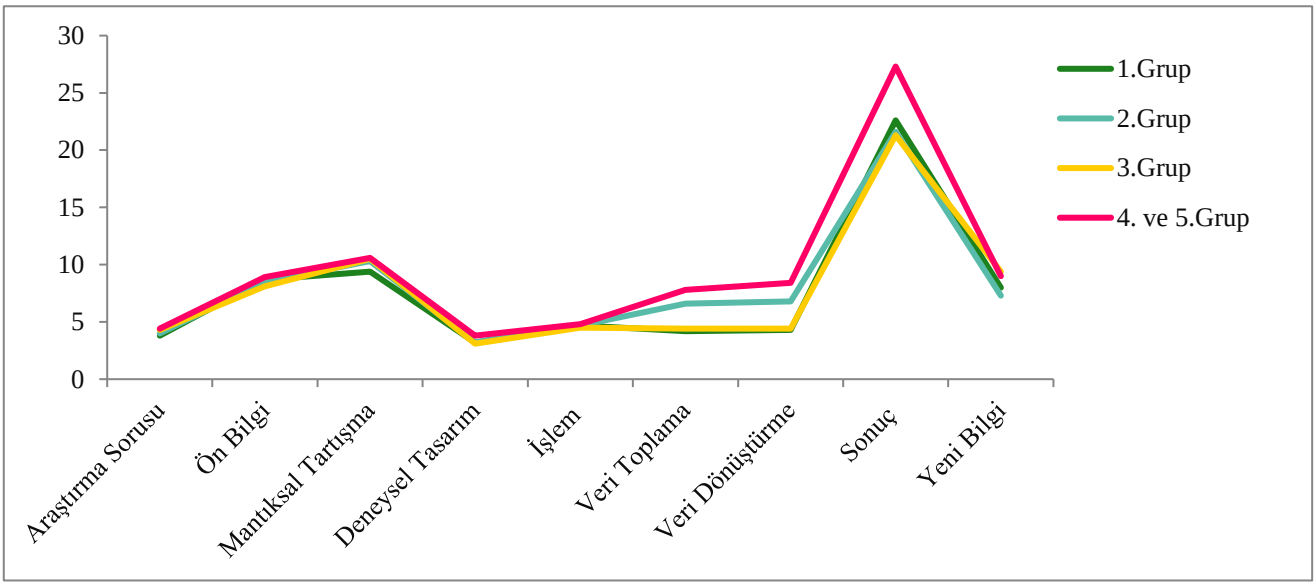
Hafta	Katyon grupları	Aşama	Uygulama süreci
1	I. grup (Ag^{+} ve Pb^{2+})	Ön deneme	I.grup katyonların özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanımak
2		Analiz	I diyagramı dokümanları eşliğinde I.grup katyonları tespit etmek
3	II. grup (Cu^{2+} ve Cd^{2+})	Ön deneme	II.grup katyonların özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanımak
4		Analiz	I diyagramı dokümanları eşliğinde II.grup katyonları tespit etmek
5	III. grup (Fe^{3+}, Al^{3+}, Mn^{2+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}, Co^{2+} ve Ni^{2+})	Ön deneme	III.grup katyonların özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanımak
6		Analiz	I diyagramı dokümanları eşliğinde III.grup katyonları tespit etmek
7	IV. ve V. grup (Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} ve NH_4^{+})	Ön deneme	IV. ve V.grup katyonların özelliklerini, reaktiflerini ve reaksiyonlarını tanımak
8		Analiz	I diyagramı dokümanları eşliğinde IV. ve V.grup katyonları tespit etmek

3. Bulgular

Bu bölümde araştırmanın alt problemlerine cevap bulmak için öncelikle sistematik katyon analizi deneylerine aktif olarak katılım gösteren öğrencilerin I diyagramı dokümanında yer alan bölümlerden aldıkları puanların ortaya koyduğu gelişim durumlarına ait toplanan veriler, elde edilen bulgular ve yorumlar aktarılmaktadır. Araştırmanın alt problemini takiben öğrencilerin araştırma öncesi ve sonrası LYT'den aldıkları puanlara ilişkin bulgular ve bulgulara ilişkin yorumlar sırasıyla sunulmaktadır.

3.1. Öğrencilerin I Diyagramı Uygulamalarından Aldıkları Puanlara ilişkin Bulgular

Araştırmada ilk olarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimini ortaya koyan sistematik katyon analizleri deneylerindeki I diyagramı bölümlerinden alınan puanlar nasıl değişmektedir, sorusuna yönelik bulgular elde edilmiştir. Şekil 2, öğrencilerin her bir katyon grubundaki I diyagramı bölümlerinden aldıkları ortalama puanları göstermektedir. Buna göre sırasıyla gerçekleştirilen katyon analizi deneylerinde süreç boyunca her bir bölümde artışın olduğu gözlenmektedir.



Şekil 2: I Diyagramı Bölümlerinden Alınan Puanların Deneylere göre Dağılım Grafiği

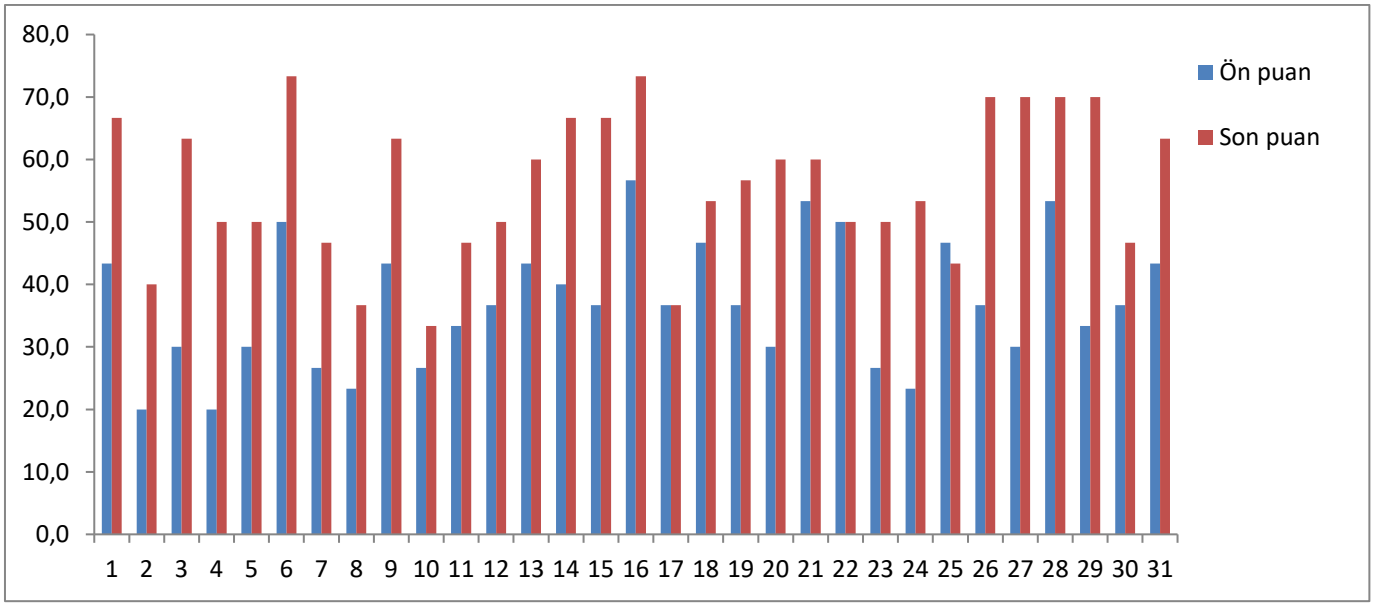
Bilimsel süreç becerilerinin gelişiminin izlendiği grafiğe ilaveten Tablo 5 öğrencilerin deneylere göre I diyagramı bölümlerinden aldıkları puanları ve puan artışlarını daha açık bir şekilde göstermektedir. Buna göre daha çok mantıksal tartışma, deneysel tasarım, veri toplama, veri dönüştürme ve sonuçlar bölümlerinde ilerlemeler olduğu tespit edilmiştir. Hipotez yazma, deney tasarlama ve tahmin yürütmenin birlikte olduğu mantıksal tartışma bölümündeki bu artışla birlikte öğrencilerde nedensel ve deneysel becerilerin geliştiği söylenebilir. Benzer bir şekilde deney değişkenlerinin belirlendiği deneysel tasarım bölümünde de dikkate değer bir ilerleme söz konusudur. Bu durum da öğrencilerin nedensel becerilerinin geliştiğine bir işarettir. Öğrencilerin veri toplama bölümünde deneyler sırasında elde ettikleri verileri kaydetmeleri ve veriler arasındaki ilişkileri kurarak tablolar haline getirmelerini kapsayan temel becerilerde de ilerleme olduğu saptanmıştır. Ayrıca sistematik katyon analizleri sırasında oluşturulan reaktif ve ürün tablolarından çökelme ve kompleksleşme reaksiyonlarının yazıldığı veri dönüştürme bölümünde zamanla yüksek puanlar aldıkları tespit edilmiştir. Bu bulgu da öğrencilerin deneysel becerilerinin geliştiğini göstermektedir. Verilerden yola çıkarak karar verme, kanıt sunma ve iddianın ortaya konulduğu sonuçlar bölümünde de bir artış söz konusudur. Dolayısıyla bu bölümün nedensel ve deneysel becerilere katkısı da yüksektir. I diyagramı bölümlerinden alınan puanlar genel olarak incelendiğinde zamanla öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinde pozitif yönde bir değişim ve gelişimin olduğu tespit edilmiştir. Bu yorumu desteklemek ve gelişimi daha açık bir şekilde görmek amacıyla öğrencilerin bilimsel süreç becerileriyle ilgili laboratuvar yeterlilikleri testinden aldıkları puanlara ve bu teste verdikleri yanıtların doğruluk seviyelerinin değişimine de göz atmakta fayda vardır.

Tablo 5. Deneylere göre I Diyagramı Bölümlerinden Alınan Puanlar

Katyon grubu	Araştırma Sorusu	Ön Bilgi	Mantıksal Tartışma	Deneysel Tasarım	İşlem	Veri Toplama	Veri Dönüştürme	Sonuç	Yeni Bilgi	**Toplam puan**
1.Grup	3,8	8,7	9,4	3,2	4,7	4,2	4,3	22,6	8	68,9
2.Grup	4,0	8,5	10,3	3,2	4,7	6,6	6,8	21,6	7,3	73
3.Grup	4,3	8,1	10,5	3,1	4,5	4,4	4,4	21,3	9,4	70
4.-5.Grup	4,4	8,9	10,6	3,8	4,8	7,8	8,4	27,3	9	85

3.2. Öğrencilerin LYT'den Aldıkları Ön ve Son Uygulama Toplam Puanlarına ilişkin Bulgular

Araştırmanın ikinci ve üçüncü alt problemleri öğrencilerin Laboratuvar Yeterlilikleri Testi'nden aldıkları puanlara ve bu teste verdikleri yanıtların doğruluk seviyelerine göre bilimsel süreç becerilerinin değişimlerinin nasıl olduğudur. Şekil 3, öğrencilerin LYT'den aldıkları puanları göstermektedir. Buna göre öğrencilerin uygulama öncesi aldıkları minimum puan 20 iken, maksimum 58'dir. Uygulama sonrası öğrencilerin aldıkları minimum puan 34, maksimum puan ise 73'tür. Bu sonuçlardan öğrencilerin araştırma sürecinde bilimsel süreç becerilerini zamanla geliştirdikleri ifade edilebilir.



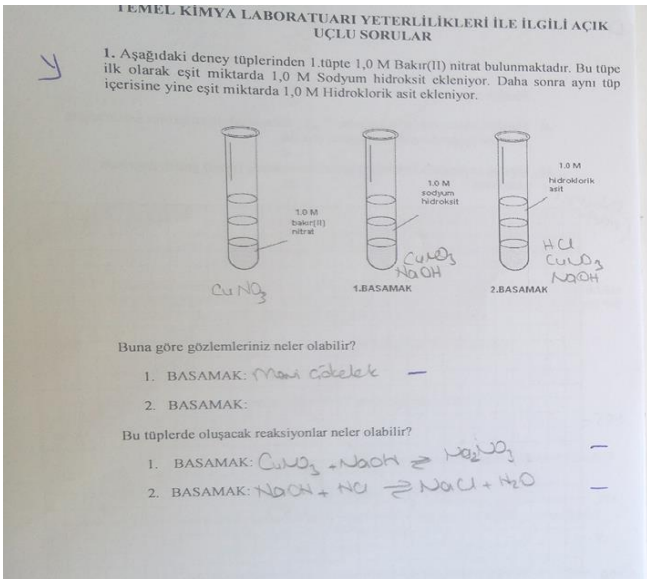
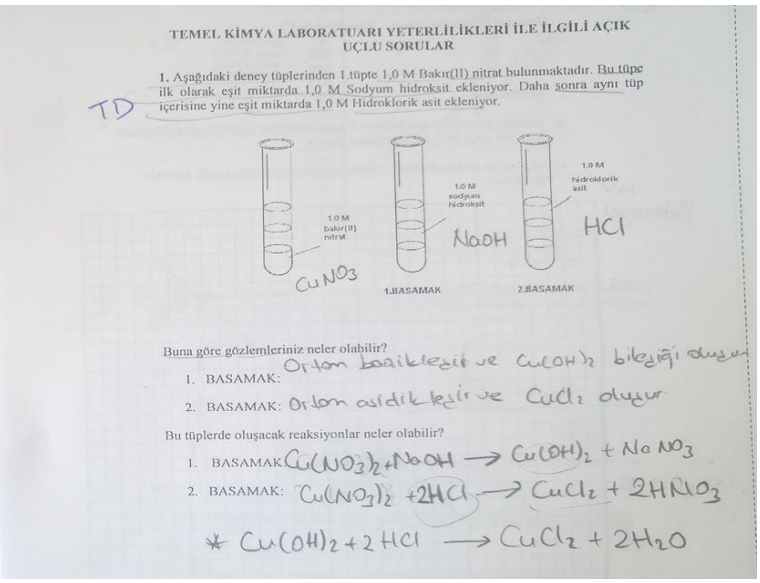
Şekil 3: Öğrencilerin LYT'den Aldıkları Puanlara ilişkin Sütun Grafiği

LYT'den alınan puanların sorulara göre dağılımı incelendiğinde en fazla artışın 1A, 1B, 10B ve 10C sorularında olduğu görülmektedir (Tablo 6). 1. soru kalitatif analizlerde çökelme ve çözünme reaksiyonlarıyla ilişkili bir sorudur. Bu sorunun A basamağı temel becerilerden gözlem yapma becerisi ile ilgilidir. B basamağı ise deneysel becerilerden verileri kullanarak gözledikleri reaksiyonu yazma becerisini yoklamaktadır. Tablo 6'daki analiz sonuçları incelendiğinde ön uygulamada öğrencilerin bu sorunun hem A hem de B basamaklarından aldıkları puan 0'dır. Elde edilen bu bulgu öğrencilerin gözlem ve reaksiyon yazma becerilerinde yetersiz olduklarını göstermektedir. Ancak sistematik katyon analizlerinin I diyagramı dokümanları aracılığıyla uygulanmasının ardından aynı testten alınan toplam puan artmıştır. Ortaya çıkan bu durum ayrıntılı incelenmek istendiğinde bu sorulardaki doğruluk seviyeleri sayıca oldukça artmış ve yanlış ya da boş bırakan kişi sayısı azalarak tam doğru ve kısmen doğru cevaplayanların oranı artmıştır (Tablo 7).

Tablo 6. Uygulamalar Sonucunda LYT'den Alınan Puanların Sorulara göre Dağılım Tablosu

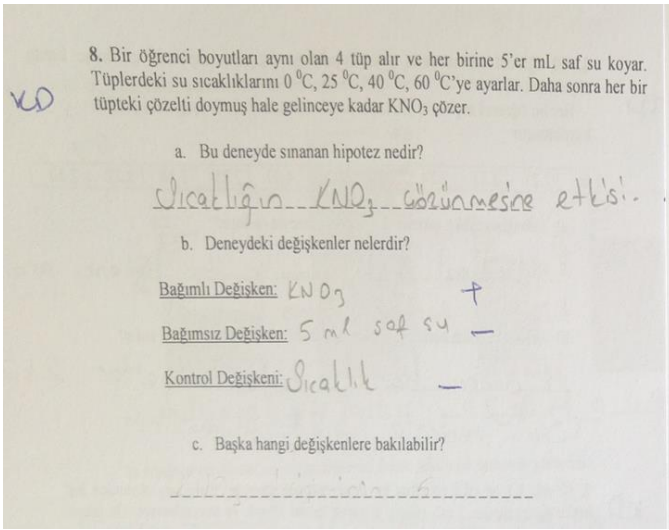
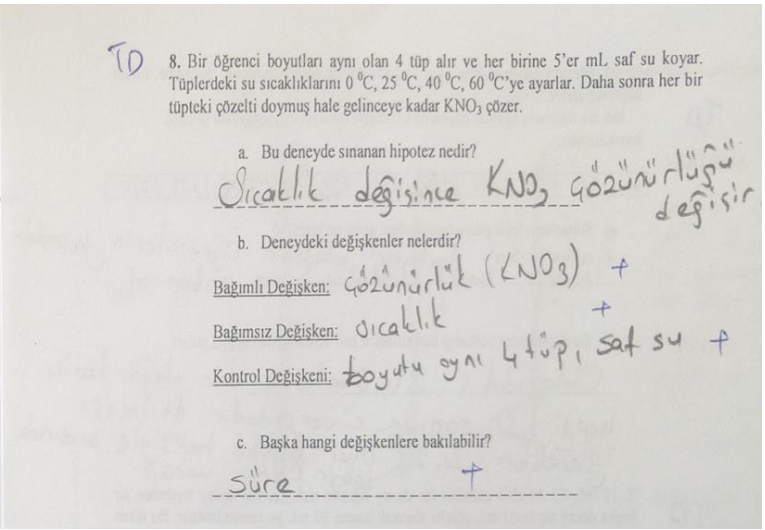
Soru no	***1A***	***1B***	***2A***	***2B***	***3A***	***3B***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10A***	***10B***	***10C***
Ön uygulama	0	0	31	23	22	40	8	38	40	31	14	13	32	17	27
Son Uygulama	28	23	33	33	25	52	17	43	52	40	25	22	45	42	47

Şekil 4 'te bir öğrencinin ilk ve son uygulamalarda 1.soruya vermiş olduğu yanıtlar yer almaktadır. Öğrenci ilk uygulamada deneye ilişkin gözlemlerini ve reaksiyonları yazamazken süreç sonunda testteki aynı soruya doğru cevap verebilmiştir. Şekil 4'teki örnekte de görüldüğü gibi öğrencilerdeki gözlem yapma ve reaksiyon yazma becerilerinin zaman içinde geliştiği söylenebilir. Benzer bir artış aktarma işlemiyle ilgili 10A, titrasyon işlemiyle ilgili 10B ve süzme işlemiyle ilgili 10C sorusunda da karşımıza çıkmaktadır. Bu soruda öğrencilerden bu işlemlerle ilgili çıkarımda bulunmaları istenmektedir. Bulgulara göre öğrencilerin çıkarım yapma becerilerinde oldukça yüksek bir artışa rastlanmaktadır. Özellikle ilk testte kısmen doğru cevaplayanların sayısı daha fazlayken I diyagramının kullanıldığı araştırma ve sorgulamaya dayalı süreç sonunda uygulanan aynı testteki bu sayı azalmış ve yerini tam doğru cevaplar almıştır. Bu durum öğrencilerin deneyler sırasında elde ettikleri bilgi ve tecrübeleri ile yapılan gözlemleri daha iyi yorumlayabildiklerini ve dolayısıyla soru ile ilgili bilimsel fikirlerin bir kısmına veya hepsine sahip olduklarını göstermektedir.

İlk uygulama yanıtı	*Son uygulama yanıtı*
	

Şekil 4: 1.soruya ilişkin ilk ve son uygulama yanıtlarının değerlendirilmesine ait bir örnek

Artış gösteren bilimsel süreç becerilerinden bir diğeri de tahminde bulunmadır. Öğrencilere aspirinin çözünme sürelerine dair veriler bir tabloda sunulmuş ve bu verilerden yola çıkarak tahmin yürüterek 6. soruyu cevaplamaları istenmiştir. Bulgular son uygulamada tam doğru cevap veren öğrencilerin sayısının arttığını göstermektedir. Buradan öğrencilerin deneyle ilgili var olması beklenen sonuçlar ile tahminlerinin daha çok örtüştüğü ve önceden kestirme becerilerinde bir gelişim olduğu söylenebilir. Bunların akabinde değişkenleri belirleme, değiştirme ve kontrol etme becerileri de artış gösteren bilimsel süreç becerilerindendir. Nedensel ve deneysel becerilerin her ikisini kapsayan 8. soruya ait bulgular incelendiğinde öğrencilerin son uygulamada deneydeki değişkenleri ve hipotezi belirlemede daha yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Örnek olarak aynı öğrencinin ilk ve son uygulamalarda 8.soruya vermiş olduğu yanıtlar Şekil 5'te yer almaktadır.

İlk uygulama yanıtı	*Son uygulama yanıtı*
	

Şekil 5: 8. soruya ilişkin ilk ve son uygulama yanıtlarının değerlendirilmesine ait bir örnek

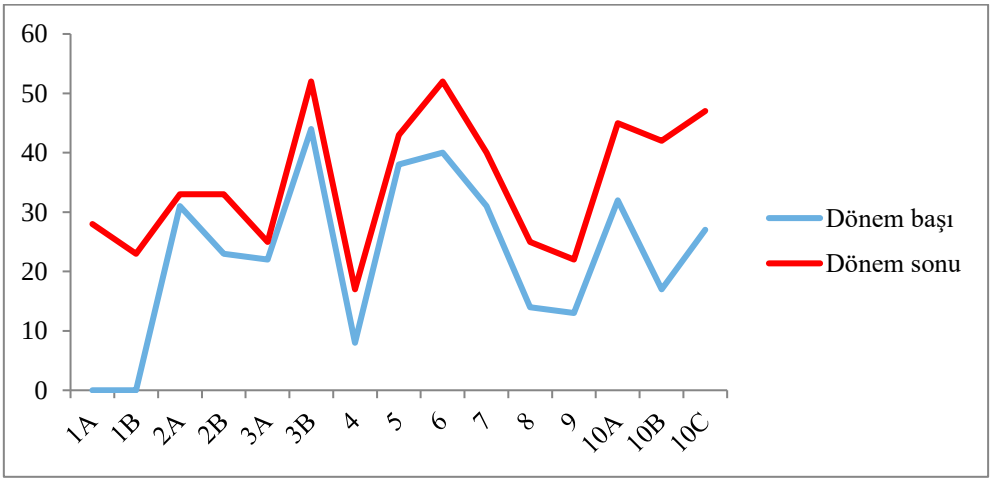
LYT'den elde edilen bulguları doğruluk seviyelerine göre ayrıntılı olarak incelediğimiz Tablo 7'de bu soruyla ilgili ilk testte tam doğru cevap sayısına rastlanmazken son testte 5 kişi hipotezi ve deneydeki tüm değişkenleri yazabilmişlerdir. Ayrıca yanlış yapan kişi sayısı da düşmüştür. Bu bulgular sonucunda öğrencilerin gelecekte karşılaşacakları bir deneye ait değişkenler hakkında fikir yürütebilecekleri ve hipotez kurabilecekleri söylenebilir. Buna ek olarak temel süreçlerden biri olan sınıflama becerisini ölçen 2B sorusunda da önemli bir puan artışı söz konusudur. Laboratuvar araç-gereçlerinin sınıflandırılmasına ilişkin bu soru araç-gereçleri benzerlik ve farklılıklarına göre ayırt etmeyi amaçlamaktadır. Öğrencilerin son uygulamadan aldıkları toplam puan benzerlik ve farklılıklarına göre malzemeleri sınıflandırabildiklerini göstermektedir. 2B sorusuyla ilgili olarak detaylı bir inceleme yaparsak öğrencilerin 8'i ilk testte yanlış sınıflandırma yaparken bu sayı son testte azalmıştır. Ayrıca tam doğru cevaplayanların sayısı da

artmıştır (Tablo 7). Buradan yola çıkarak öğrencilerin sınıflandırma becerilerinin geliştiği ve tümevarım ya da genelleme sürecinde aktif olarak yer aldıkları ifade edilebilir.

Tablo 7. Öğrencilerin Laboratuar Yeterlilikleri Testi ile ilgili Sorulara Verdikleri Yanıtların Kategorik Dağılımı

Soru no	TD		KD		Y		B		Toplam puan	
	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son
1A	0	5	0	18	10	8	21	0	0	28
1B	0	4	0	15	10	7	21	5	0	23
2A	0	4	31	25	0	2	0	0	31	33
2B	4	10	15	13	8	4	4	4	23	33
3A	3	4	16	17	9	7	3	3	22	25
3B	11	22	18	8	2	1	0	0	40	52
4	0	2	8	13	20	10	3	6	8	17
5	7	14	24	15	0	1	0	1	38	43
6	10	21	20	10	0	0	1	0	40	52
7	7	14	17	12	5	1	2	2	31	40
8	0	5	14	15	13	8	4	3	14	25
9	0	4	13	14	15	10	3	3	13	22
10A	6	15	20	15	4	1	1	0	32	45
10B	3	13	11	16	6	1	11	1	17	42
10C	5	18	17	11	7	1	2	1	27	47

Bilimsel süreç becerileri açısından diğer sorulara ait bulgular incelendiğinde öğrencilerde 4. soru ile veri işleme ve model oluşturma, 9. soru ile deney tasarlama ve 7. soru ile veri kaydetme, hipotez kurma becerilerinin arttığı tespit edilmiştir. Temel becerilerden ölçme ve hacim gösterme becerisine ait 3B sorusunda da artış görünürken aynı beceriyi ölçen 3A sorusunda ise çok az bir ilerleme olmuştur. Ayrıca bu soruyla ilgili öğrencilerin LYT'ye verdikleri yanıtlar doğruluk seviyelerine göre ayrıntılı olarak incelendiğinde yanlış yapan ve boş bırakan öğrencilerin sayısı son testte pek fazla azalma göstermemiştir. Bu durumun nedeni öğrencilerin yaptıkları deneylerde nicel olarak bir ölçme ya da hesaplama olmamasından kaynaklanabilir. Çünkü deneyler kalitatif (nitel) katyon analizlerini içermektedir ve öğrenciler bu deneyde herhangi bir ölçme işlemi yapmamaktadır. Bulgulara ek olarak Şekil 6, LYT'den alınan puanların sorulara göre dağılım grafiğini göstermektedir. Grafikten de görüldüğü gibi sistematik katyon analizlerinin dönem boyunca rehberli sorgulamaya dayalı gerçekleştirilmesi öğrencilerin temel, nedensel ve deneysel becerilerinde gelişimi desteklemiştir.



Şekil 6: LYT'den Alınan Puanların Sorulara göre Dağılım Grafiği

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırmada öğrencilerin 10 haftalık bir rehberli sorgulama yaklaşımı çerçevesinde Analitik Kimya Laboratuvarı I dersindeki bilimsel süreç becerilerinin değişimi I diyagramları aracılığıyla incelenmiştir. Elde edilen bulgulardan I diyagramlarından alınan puanların katyon analizi deneylerinde giderek bir artış gösterdiği bulunmuştur. Özellikle öğrencilerin I diyagramı bölümlerinden mantıksal tartışma, deneysel tasarım, veri toplama, veri dönüştürme ve sonuçlarda süreç içerisinde gelişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Deneyler sırasında I diyagramının bu bölümlerini dikkatlice ve sorgulama yaparak takip eden öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin de zaman içinde geliştiği söylenebilir. Çünkü öğrenciler araştırma boyunca bir probleme cevap bulmak için gözlem yapmışlar, analizi gerçekleştirmek için deney tasarlamışlar, analiz sonucu ile ilgili tahminde bulunmuşlar, analizdeki değişkenleri belirlemişler, oluşan reaksiyonları tahmin ederek veri toplamışlar ve elde ettikleri verilerden yola çıkarak karara varmaya çalışmışlardır. Öğrenciler bilinmeyen bir numune içerisinde deneylerine ilişkin katyon örneğini ararken bilimsel yöntemin aşamalarından tek tek geçerek bir bilim insanı gibi çalışma performansı göstermişlerdir. Yaşadıkları bu performanslar sürece alışma ve

deneylere adaptasyon ile birlikte bir takım beceriler açısından ilerlemelerini sağlamıştır. Öğrenciler her bir adımda yönlendirici sorular eşliğinde bir bilim insanı gibi düşünerek, hipotezler oluşturarak, deneysel işlemlerini kendileri tasarlayarak, veri toplayarak, verileri analiz ederek ve hipotezlerini sınayarak deneylerini yürütmüşlerdir. Bu noktada I diyagramı bölümlerini takip ederken temel, nedensel ve deneysel süreç becerilerini kullanmışlardır. Dolayısıyla araştırma sonuçlarından rehberli sorgulama yaklaşımı ve I diyagramı aracı ile tasarlanmış bu laboratuvar sürecinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği söylenebilir. Hofstein ve Lunetta (2003) deneysel işlemlerin tasarımdan uygulamaya süreç boyunca sorgulama yaklaşımı ile birlikte yürütülmesinin bilimsel süreç becerilerinin gelişimi açısından etkili olduğunu vurgulamaktadırlar. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar bu yargıyı desteklemektedir. Buna göre öğrencilerin katyon analizi deneylerini baştan sona gerçekleştirirken I diyagramı bölümlerini sorgulama yaklaşımı çerçevesinde adım adım takip etmeleri bilimsel süreç becerilerinin gelişimine katkıda bulunmuştur. Karamustafaoğlu ve Celep Havuz (2016) çalışmalarında araştırma ve sorgulamaya dayalı yaklaşım kapsamında yürütülen laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel araştırma sürecindeki becerilerini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Supriyono ve Jauhariyah (2014) gerçekleştirdikleri yedi haftalık bir deneysel çalışma sonucunda fizik laboratuarında üniversite öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinde benzer şekilde bir artış belirlemişlerdir.

Laboratuvar yeterlilikleri testinden alınan puanlar ve öğrencilerin bu teste verdikleri yanıtların doğruluk seviyeleri bilimsel süreç becerilerine ait gelişimi destekleyen diğer araştırma sonuçlarımızdır. Buna göre öğrencilerin süreç sonunda testten aldıkları puanlar ve verdikleri cevaplardaki doğruluk seviyeleri artmış, yanlış ya da boş cevap sayıları azalmıştır. Bu artışlardan bir kısmı temel becerilerden gözlem yapma ve sınıflama becerilerini içermektedir. Katyon analizleri süresince oluşan reaksiyonları gözlemleme öğrenciler tarafından yapılan nitel bir gözlemlemedir. Ayrıca öğrenciler sistematik katyon analizleri sırasında reaktifler ve oluşan çökelek ya da kompleks gibi ürünleri sınıflandırmaktadır. Bu doğrultuda gözlemler sonunda elde edilen verilerin gruplandırılmasının öğrencilerin sınıflama becerilerini geliştirdiği söylenebilir. Hammerman ve Musial (2007), sınıflandırma yapabilen öğrencilerin iyi bir gözlemleme güçlerinin olduğunu, sınıflandırma ile birlikte öğrencilerin uygulamaları sorgulayarak yaptıklarını ve bu süreçlerde zihinlerini aktif olarak kullanabildiklerini belirtmişlerdir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde öğrencilerin verilerden hareketle çıkarımda bulunma ve tahmin yürütme beceri puanlarında artışların olduğu ortaya çıkmıştır. Bu artış I diyagramının mantıksal tartışma bölümünde çok belirgin olmasa da testte daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çıkarımda bulunma ve tahmin yürütmenin deneyle ilgili oldukça kapsamlı ve yeterli önbilgiye sahip olma şartıdır. Çünkü deneylerdeki bir olay ya da durumla ilgili bir değişiklik olduğunda öğrenci önbilgilerini ve gözlemlerini kullanarak gelecekteki olası sonuçlar hakkında öngörüde bulunur (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation [UNESCO], 1992). Buradaki öngörü kişinin en iyi şekilde yaptığı ve gerçekliğini kanıtlayabildiği tahminler olup oldukça zor ve karmaşık bir süreci kapsamaktadır. Bu süreci başarıyla gerçekleştiren öğrenciler neden-sonuç ilişkisini kurma, problem çözme ve karar verme gibi üst düzey düşünme becerilerine sahiptir. Ayrıca çıkarımda bulunma ve tahmin yürütme öğrencilerin gözlenebilir olgu ve bu olgudaki düzenlilikler için türetilmiş açıklamalara yani teorilere daha kolaylıkla ulaşmalarını sağlar; bu becerilerin kullanılamadığı durumlarda ise bilimsel bilgiyi anlamlı bir şekilde öğrenmek zorlaşır (Aslan, Ertaş Kılıç ve Kılıç, 2016). Araştırmasının bir bölümünde öğrencilerin tahmin yürütme becerilerini inceleyen Ramesh (2014), tahmin becerilerini başlangıç seviyesinden uzman seviyeye kadar belirli parametrelere ayırmış ve öğrencilerin tahminde bulunmalarını beklediği fen deneylerinde daha çok başlangıç seviyesinde olduklarını tespit etmiştir. Bu durumun sebebi olarak ise öğrencilerin olayla ilgili tahminleri olmasına rağmen tahminlere ilişkin nedenleri yazamamalarından kaynaklandığını belirtmiştir. Neden-sonuç ilişkisini oluşturamayan öğrencilerde nedensel ve deneysel becerilerin gelişimi oldukça zordur.

LYT ve I diyagramından elde edilen bulgularda gelişme gösteren diğer bilimsel süreç becerileri deneylerdeki değişkenleri belirleme, değiştirme, kontrol etme ve hipotez kurma becerileridir. Benzer bir sonuç Kanlı (2007)'nın laboratuvar yaklaşımı çerçevesinde uyguladığı deneysel çalışmada rastlanmaktadır. 7E modeli ile yürüttüğü araştırmada öğrencilerin laboratuvarda deneyleri gerçekleştirirken bilimsel süreç becerilerinin nasıl değiştiğini incelemiş ve deneyler sonunda değişkenleri belirleme ve kontrol etme, hipotez kurma becerilerinde başarılı bir performans gösterdiklerini tespit etmiştir. Öğrenciler deney yaparken bilimsel düşünme yollarına başvururlar ve bu noktada sınıflandırma, verileri yorumlama, hipotez kurma ve değişkenleri belirleme gibi düşünme becerilerini kullanırlar (Rezba, Sprague, McDonnough ve Matkins, 2007). Araştırma boyunca I diyagramı aracılığıyla mantıksal tartışma bölümünde öğrenciler araştırma sorusuna çözüm bulmak amacıyla her bir katyon grubu analizi için hipotezler ve açıklamalar oluşturmuş, bu hipotezleri test etmiş ve deneylerinin işlem basamaklarını tasarlamışlardır. Bu süreçte öğrenciler karmaşık ve zor pek çok mantıksal düşünme yollarını denemişlerdir. Einstein, bu bağlamda bilimin (fenin) amacının deneyimleri düzenlemek ve onları mantıksal bir sisteme taşımak olduğunu ifade etmiştir (Akt. Renner, 1986). Germann, Aram ve Burke (1996) ise mantıksal düşünme çerçevesinde öğrencilerin deney tasarılarını yazma becerilerini inceledikleri araştırmalarında fen deneylerini tasarlamadaki başarının hipotez kurma ve değişkenleri belirleme becerilerinin gelişiminden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Bu bağlamda öğrenciler deneyleri yaparken deneye ait bilimsel bilgiyi anlamaları için I diyagramının bölümlerinde hem kavramsal boyutta açıklamalar hem de işlevsel olarak deneyin işlem basamaklarını yazmaya çalışmakta ve böylelikle temel, nedensel ve deneysel becerilerini geliştirmektedirler.

Deneylerden elde edilen verilerin öğrenciler tarafından nasıl yorumlandığı da araştırmanın önemli sonuçlarından biridir. Sorgulama temelli yürütülen sistematik kalitatif katyon analizleri sırasında öğrenciler elde ettikleri verileri tablolar halinde yazmışlardır. Reaktif ve ürünleri ayrı ayrı tabloya geçirmiş ve bu veri tablolarını kullanarak çökelme ve kompleksleşme reaksiyonlarını yazmışlardır. Süreç boyunca bu tür reaksiyonları yazabildikleri veri dönüştürme bölümünde öğrencilerin zamanla yüksek puanlar aldıkları tespit edilmiştir. Bu bulgu öğrencilerin verileri yorumlayabildiklerini, verileri kullanarak ürün oluşturabildiklerini göstermektedir. Aynı zamanda bu sonuç öğrencilerin deneysel becerilerinin geliştiğine bir işarettir. Lim (2001), sorgulama temelli laboratuvarlarda öğrencilerin daha çok bilgiyi toplama ve yorumlama sürecine odaklanmalarına, nihayetinde bu süreç derin bir akıl yürütme ile son bulduğunda ortaya bir ürün çıkarmaları gerektiğine vurgu yapmaktadır. Araştırmada verilerden yola çıkarak karar verme, kanıt sunma ve iddianın ortaya konulduğu sonuçlar bölümünde de bir ilerleme söz konusudur. NRC (2012),

bilimsel anlamayı yansıtan alternatif açıklamalar ışığında probleme çözüm bulmak için kendi değerlendirmelerini sunabilen öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirebileceklerini belirtmektedir.

Araştırmada elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde rehberli araştırma ve sorgulama temelinde yürütülen sistematik kalitatif katyon analizlerinde I diyagramı dokümanlarının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimini yansıttığı söylenebilir. Bu gelişim alınan puanlar itibariyle tüm beceriler açısından çok yüksek seviyelerde olmasa da ilerleme söz konusudur. Bilimsel süreç becerilerindeki bu gelişimin daha fazla olması amacıyla I diyagramı uygulamalarında izlenen yolun süreç içerisindeki zorluklarının neler olduğu bir sonraki çalışmalarda araştırılabilir. Ayrıca araştırmada ortaya çıkan sonuçların ışığında sistematik kalitatif katyon analizlerine daha çok kavramsal boyut göz önünde bulundurularak bakılabilir ve böylelikle teori ile uygulama arasındaki ilişki bu açıdan derinlemesine araştırılabilir. Son olarak düşünme yollarını geliştiren bilimsel süreç becerilerinin problem çözme ve eleştirel düşünme gibi üst düzey düşünme becerilerine katkısının ne düzeyde olduğu da farklı deney ortamlarında incelenebilir.

Kaynakça

Adey, P., Shayer, M. ve Yates, C. (1995). *Thinking science* (2nd ed.). Surrey, UK: Neson.

Akkuzu, N. ve Uyulgan, M. A. (2017). Step by step learning using the I diagram in the systematic qualitative analyses of cations within a guided inquiry learning approach. *Chemistry Education Research and Practice,18*(4), 641-658.

Anderson, R. (2002). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. K. Abell, ve N. G. Lederman, (Eds.) *Handbook of research of science education* (pp. 807-830). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Aslan, S., Ertaş Kılıç, H. ve Kılıç, D.(2016). *Bilimsel süreç becerileri.* Ankara: Pegem Akademi.

Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education, 17*(3), 265-278.

Bell, R. L., Smetana, L. ve Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher, 72*(7), 30-33.

Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C. B. ve Lundberg, B. K. S. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to and outcomes of an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education, 25*(3), 351-372.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. ve Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education, 94(4), 577-616.*

Carin, A. A. ve Bass, J. E. (2001). *Teaching science as inquiry* (9th ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope, 23* (6), 42-44.

Crouch, C. H. ve Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics, 69*(9), 970-977.

Creswell, J.W. (1998). *Qualitative inquiry and research design choosing among five traditions.* Thousand Oaks, CA: Sage.

Creswell, J.W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed method approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks,CA: Sage.

Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, M. F. (1997). *Fizik öğretimi*. Ankara: Yükseköğretim Kurulu Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi Yayınları.

Çepni, S. ve Çil, E. (2009). *Fen ve teknoloji programı (Tanıma, planlama, uygulama ve SBS'yle ilişkilendirme): İlköğretim 1. ve 2. kademe öğretmen el kitabı*. Pegem Akademi: Ankara.

Domin, S. D. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education, 76*(4), 543–547.

Galyam, N. ve Grange, L. (2003). Teaching thinking skills in science to learners with special needs. *International Journal of Special Education, 18*(2), 84-94.

Gençtürk, H. A. ve Türkmen, L. (2007). İlköğretim 4. sınıf fen bilgisi dersinde sorgulama yöntemi ve etkinliği üzerine bir çalışma. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27*(1), 277 - 292.

Germann, P.J. Aram, R. ve Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skills of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching, 33* (1), 79-99.

Gibson, H. L. ve Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education, 86*(5), 693– 705. doi: 10.1002/sce.10039.

Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B. ve Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3*(2), 1-22.

Haladyna, T. M. (1997). *Writing test item to evaluate higher order thinking.* USA: Allyn & Bacon.

Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. ve Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education, 42*(2), 66-72.

Hammerman, E. ve Musial, D. (2007). *Integrating science with mathematics & literacy: New visions for learning and assessment.* Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and evaluation. *Chemistry Education Research and Practice,* 5, 247-264.

Hofstein, A. ve Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88,* 28–54.

Huberman, M. ve Miles, M. B. (Eds.) (2002). *The qualitative researcher's companion*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Kanlı, U. (2007). *7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımı ile doğrulama laboratuvar yaklaşımlarının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine ve kavramsal başarılarına etkisi*(Doktora Tezi).Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2008). 7E merkezli laboratuvar yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki yeterliliği. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 28*(1), 91–125.

Karamustafaoğlu, S. ve Celep Havuz, A. (2016). Araştırma sorgulamaya dayalı öğrenme ve etkililiği. *International Journal of Assessment Tools in Education, 3*(1), 40-54.

Kılıç, G. B., Haymana, F. ve Bozyılmaz, B. (2008). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı'nın bilim okuryazarlığı ve bilimsel süreç becerileri açısından analizi. *Eğitim ve Bilim, 33*(150), 52-63.

Knight, J. ve Wood, W. B. (2005). Teaching more by lecturing less. *Cell Biology Education, 4*(4), 298-310.

Lim B. R. (2001). *Guidelines for designing inquiry-based learning on the web: online professional development of educators* (Unpublished doctoral dissertation). Indiana University, ABD.

Luft, J.A.(1999). Rubrics: Design and use in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 10*(2),107-121.

Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *Science Teacher, 69*(2), 34-37.

Mcconnaughay, K., Welsford, I. ve Stabenau, E. (1999). Inquiry, investigation and integration in undergraduate science curriculum. *CUR Quarterly, 20*, 14–18.

McMillan, J. H. (2000). *Educational research: Fundamentals for the consumer* (4th ed.). New York: Longman.

Merriam, S.B. (2014). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (3rd ed.).New York: John Wiley & Sons, Inc.

Mumba, F., Chalabengua, V. M. ve Hunter, W. (2007). Inquiry levels and skills in Zambian high school chemistry syllabus, textbooks and practical examinations. *Journal of Baltic Science Education, 6*(2), 50-57.

National Research Council (NRC). (1996). *From analysis to action: Under-graduate education in science mathematics, engineering, and technology*. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Newton, T. A., Tracey, H. J. ve Prudente, C. (2006). A research-based laboratory course in organic chemistry. *Journal of Chemical Education, 83*(12), 1844–1849.

Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods.* (3rd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Patton,M.Q.(2014). *Qualitative research & evaluation methods ıntegrating theory and practice* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Phillips, K. A. ve Germann, P.J. (2002). The inquiry 'I': A tool for learning scientific inquiry. *The American Biology Teacher, 64*(7), 512-520.

Ramesh, M. (2014). *Acquisition of science process skills through experiental learning in students of standart VIII.* Department of Education Centre of Advanced Study in Education, The Maharaja Sayajirao University of Baroda, Vadodara.

Renner, J. W. (1986). Rediscovering the lab. *The Science Teacher,53,* 44-45.

Rezba, R. J., Sprague, C., McDonnough, J.T. ve Matkins, J. J. (2007). *Learning and assessing science process skills* (5.baskı). Dubuque, IA: Kendall//Hunt.

Richards, L. ve Morse, J. M. (2013). *Read me first for a user's guide to qualitative methods* (3rd ed.). Los Angles, CA: Sage.

Sadeh, I. ve Zion, M. (2012). Which type of inquiry project do high school biology students prefer: Open or guided?. *Research in Science Education, 42*(5), 831–848.

Smith, M. K., Wood, W. B., Adams, W. K., Wieman, C., Knight, J. K., Guild, N. ve Su, T. T. (2009). Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science, 323*(5910), 122-124.

Supriyono, M. ve Jauhariyah, M.N.R. (2014). Improving student's scientific abilities using guided inquiry laboratory. *International Journal of Education Research and Technology, 5*(3), 18-23.doi.: 10.15515/ ijert. 0976-4089.5.3.1823.

Şen, H. S. ve Erişen, Y. (2002). Öğretmen yetiştiren kurumlarda öğretim elemanlarının etkili öğretmenlik özellikleri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22*(1), 99-116.

Tamir, P., Stavy, R. ve Ratner, N. (1998). Teaching science by inquiry: Assessment and learning. *Journal of Biological Education, 33*(1), 27-32.

Tatar, N., Korkmaz, H. ve Şaşmaz Ören, F. (2007). Araştırmaya dayalı fen laboratuvarlarında bilimsel süreç becerilerini geliştirmede etkili araçlar: Vee ve I diyagramları. *İlköğretim Online, 6*(1), 76-92.

Tien, L. T., Roth, V. ve Kampmeier, J. A. (2002). Implementation of a peer-led team learning instructional approach in an undergraduate organic chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(7), 606-632.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation [UNESCO].(1992). *Towards developing new teacher competencies in response tomega trends in curriculum reforms.* A Report of a regional study Group Meeting on Teacher Education. Bangkok: UNESCO Principal Regional Office for Asia and the Pacific.

Weaver, G. C., Russel, C. B. ve Wink, D. J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. *Nature Chemical Biology, 4*(10), 577–480.

Wenning, C. J. (2011). The levels of inquiry model of science teaching. *Journal of Physics Teacher Education, 6*(2), 17-20.

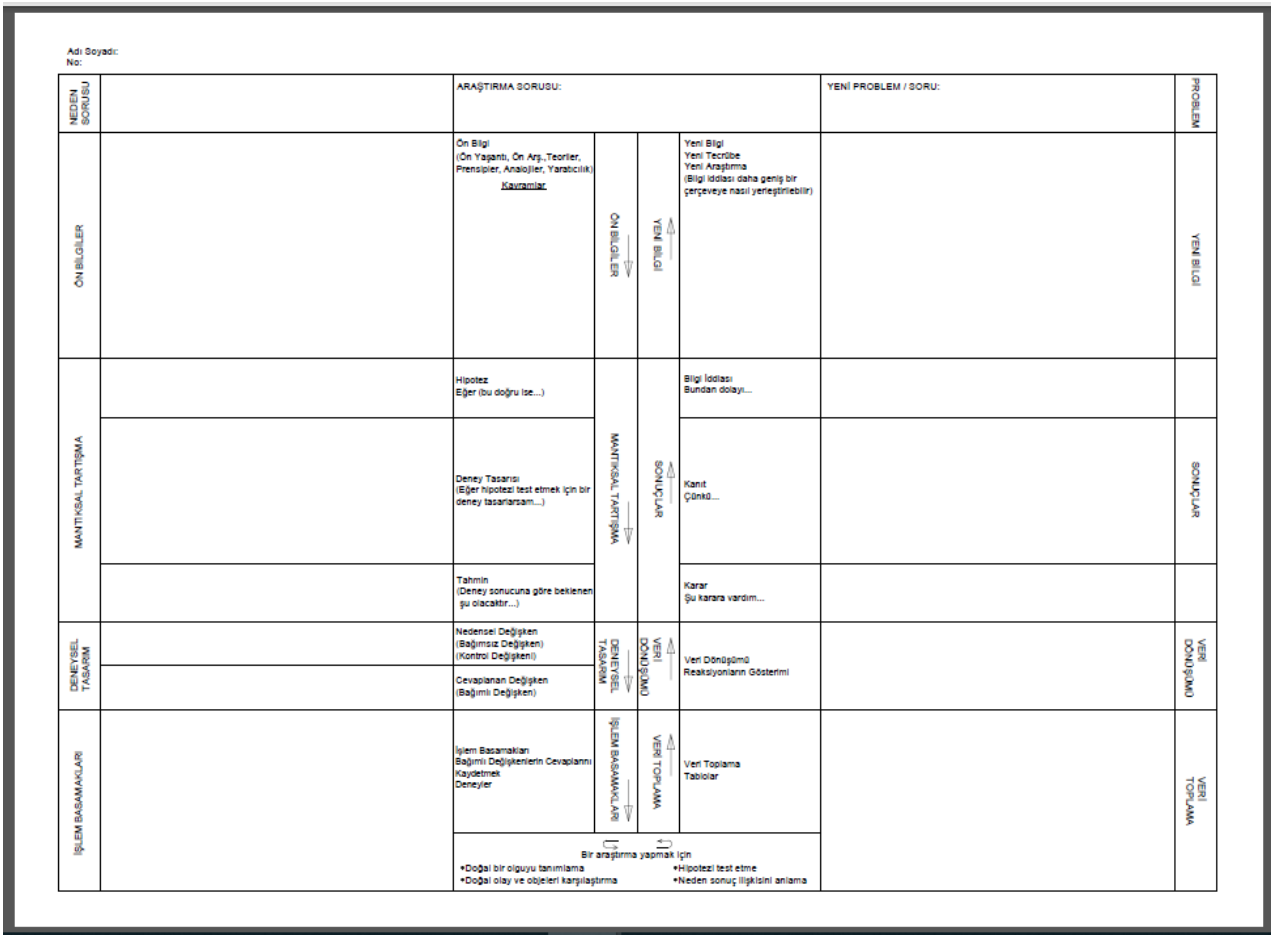
White, H. B. (2002). Commentary: The promise of problem-based learning. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 30*(6), 419.

Windschitl, M., Thompson, J. ve Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education, 92*(5), 941–967.

Yamak, H., Bulut, N. ve Dündar, S. (2014). 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına fetemm etkinliklerinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 34*(2), 249-265.

Yin, R.K. (2003). *Case study research: Design and methods.* Thousand Oaks, California: Sage.

Ek 1. I diyagramı aracı bölümleri



Ek 2. Örnek bir soruya ait puanlama kriteri

Kategoriler		**Puanlama Kriterleri**		
Soru No	**BSB**	**Tam Doğru (TD); Kısmen Doğru (KD); Yanlış (Y); Boş (B)**		**P**
8.soru	Değişkenleri belirleme, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme	**TD**	Deneyle ilgili hipotezin ve değişkenlerin doğru belirlendiği cevaplar	2
		KD	Deneyle ilgili hipotez ve değişkenlerden bir ya da birkaçının doğru, yanlış veya boş olarak birlikte bulunduğu cevaplar	1
		Y	Deneyle ilgili hipotez ve değişkenlerden tümünün yanlış verildiği veya kavram yanılgısı içeren cevaplar	0
		B	Boş bırakılan ya da anlamadım, bilmiyorum, fikrim yok şeklinde verilen cevaplar	0