

# Ortaöğretim Öğrencilerine Yönelik Bilimsel Süreç Becerileri Testi Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışması\*

**Burak FEYZİOĞLU<sup>a</sup>**

Adnan Menderes Üniversitesi

**Murat AKYILDIZ**

Celal Bayar Üniversitesi

**Barış DEMİRDAĞ**

Gürçeşme Anadolu Lisesi

**Eralp ALTUN**

Ege Üniversitesi

## Öz

Bilimsel süreç becerileri, her bireyin, bilim okuyazarı olabilmek, bilimin doğasını kavrayarak yaşam kalitesini ve standardını artırabilmek için günlük yaşamın her aşamasında kullanılabileceği yetenekleri içerir. Bu çalışmanın amacı; ortaöğretim öğrencilerine uygun temel ve üst düzeyde bilimsel süreç becerilerini (BSB) ölçen geçerli, güvenilir ve güncel bir ölçme aracı geliştirmektir. Test geliştirilirken, yenilenen 9., 10. ve 11. sınıf kimya ders programı içeriği kazanımları, kimya-teknoloji-toplum-çevre kazanımları ve iletişim, tutum ve değer kazanımlarından yararlanılarak günlük yaşamda karşılaşılan problem durumları verilmiş, öğrenciden bilimsel süreç becerilerini kullanarak bu durumları çözmesi beklenmiştir. Çalışmaya İzmir ilinde Meslek Lisesi ve Anadolu lisesinden toplam 222 öğrenci katılmıştır. Toplam 30 çoktan seçmeli sorudan oluşan testin KR20 güvenirlik katsayısı 0.83 olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen test; gözlem, sınıflama, ölçme, ilişki kurma, çıkarım yapma, tahminde bulunma, hipotez kurma, değişken belirleme ve kontrol etme, araştırma tasarlama, veri toplama ve kaydetme ve verilerin analizi alt faktörlerinden oluşmaktadır. Test, alanyazında yer alan gözlem, ölçme, verilerin toplanması, problemin belirlenmesi, deney tasarlama, elde edilen verilerin işlenmesi ve görsel olarak ifadesi, yorum ve değerlendirme faktörlerinden oluşan modele uygundur. Testin ilk modele göre yapısının doğrulayıcı faktör analizi sonucu RMSEA değeri 0.024, ikinci modele göre 0.034 olarak bulunmuştur. Sonuçlar testin güvenilir ve geçerli bir araç olduğunu göstermiştir.

## Anahtar Kelimeler

Bilimsel Süreç Becerileri, Kimya-Teknoloji-Toplum-Çevre Kazanımları, Ortaöğretim, Test Geliştirme.

Fen bilimlerinin en önemli amaçlarından biri, öğrencilerde bilimin doğası anlayışını geliştirmektir. Bilimin doğası bilimsel bilgi, bilimsel tutumlar ve bilgiye ulaşma yolları olarak tanımlanır (Köseoğlu, Tümay ve Budak, 2008). Bilimsel bilgiler, fen bilimlerinin içerdiği geçerli ve dayanıklı bilgiler olup, olgusal örnekler, genellemeler, denenceler,

kuramlar, ilke ve yasalar olarak; bilimsel tutumlar fen bilimleriyle uğraşan kimselerde, bilim insanlarında, bulunması gereken özellikler olarak ifade edilir (Ünal-Çoban, 2009).

Bilimin doğasının en önemli boyutu ise, bilgiye ulaşma yolları ve bilimsel yöntemin aşamalarıdır (Millar, 1991; Toplis, 2012; Ünal-Çoban, 2009). Çünkü bilim, sorular sorma ve sorulara yanıtlar bulma yöntemidir. Bilim insanları bir problemin farkına varır ve bu problemi çözmeyi ister. Sonrasında, problemin analizi, gözlem yoluyla kanıt toplanması, geçici bir çözüm (denenceler) geliştirilmesi, daha fazla gözlem yoluyla denencelerin sınanması ve sonunda da özgün soruna ikna edici açıklama getiren bir sonuç belirtilmesi gelmektedir (Kanlı, 2007).

Bilgiye erişim yolları ve bilimsel yöntemin aşamaları teknik bir süreçtir. Bu süreci yaşamak isteyen

\* Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 108K293 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

**a** **Dr. Burak FEYZİOĞLU**, Kimya Eğitimi alanında yardımcı doçenttir. Çalışma alanları arasında fen eğitimi ve bilimsel teknolojilerinin bu öğrenme ortamlarına entegrasyonu yer almaktadır. İletişim: Adnan Menderes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Merkez, Aydın. Elektronik posta: bfeyzioğlu@adu.edu.tr  
Tel: +90 256 214 2023 Fax: +90 256 214 1061.

araştırmacıların aynı zamanda bilimsel süreç becerileri olarak adlandırılan bir takım becerilere de sahip olması gerekir (Gültekin, 2009; National Research Council [NRC], 1996). Zimmerman (2007), bilimsel sürecin deney yapma, araştırma/sorgulama, verileri kaydetme/değerlendirme ve sonuç çıkarma becerilerini içerdiğini, bu becerilerin kavramsal değişim ve bilimsel kavrayış ile gerçekleştirebileceğini belirtmiştir. Ayrıca kendisi, bilimsel süreç için doğal ve sosyal çevre ile ilgili kavram ve teorilerin oluşumu ve gelişimi için düşünme ve akıl yürütme becerileri ile yorumlanması tanımını da kullanmıştır. Koslowski'ye (1996) göre bilimsel süreç becerileri, bir durum ile ilgili akıl yürütme ya da problem çözmede bilimsel araştırma ilke ve yöntemlerinin uygulanmasıdır. Bilimsel süreç, araştırmayı/ deneyi tasarlamak, test etmek, denenceleri gözden geçirmek, çıkarımda bulunmak gibi becerilerden oluşmakta olup, bu becerilerin gerçekleşmesi durumunda bilginin edinimi ya da değiştirilmesi sürecinin yansıtılmasıdır (Kuhn ve Franklin, 2006; Wilkening ve Sodian, 2005). Colvill ve Pattie (2002), bilimsel/fen okuryazarlığının temel boyutunun ve bilimsel/fen araştırma metodolojisine götüren etkenin, temel ve bütünleştirici bilimsel süreç becerilerini içeren çeşitli etkinlikler olduğunu vurgulamışlardır. Bağcı-Kılıç (2006) ve Padilla (1990) ise bu becerileri temel ve üst düzey bilimsel süreç becerileri olarak öğrencilerin gelişimsel dönemlerine uygun olarak kullanılabilirliklerine göre sınıflandırmışlardır. Bilimsel süreç becerileri, bilimsel araştırma yapabilmenin temelini oluşturur. Bilimsel düşünme ve araştırmanın sadece bilim insanlarına mal edilmemesi gerekir (Bozkurt ve Olgun, 2005). Bu beceriler, her bireyin, bilim okuryazarı olabilmek, bilimin doğasını kavrayarak yaşam kalitesini ve standardını arttırabilmek için günlük hayatın her aşamasında kullanabileceği yetenekleri içerir (Bozkurt ve Olgun, 2005; Williams, Papierno, Makel ve Ceci, 2004). Bilimsel süreç becerileri (Gott ve Duggan, 1994) alanyazında, zihinsel alışkanlıklar (American Association for the Advancement of Science [A.A.S.], 1993) ve bilimsel araştırma yetenekleri (NRC, 2000) olarak ta adlandırılır.

Bilimsel süreç becerileri; gözlemlenme, sınıflama, ölçme, sayı ve uzay ilişkileri kurma, önceden kestirme, verileri kaydetme, verileri kullanma ve model oluşturma, verileri yorumlama, sonuç çıkarma, değişkenleri belirleme, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, denence oluşturma, yoklama ve son olarak da deney yapma becerilerini içerir (Ergin, Şahin-Pekmez ve Öngel-Erdal, 2005; Feyzioğlu, 2009; Gabel, 1992; Lancour, 2005; Rezba, Fiel ve Funk, 1995; Smith, 1994; Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı

[TTKB], 2007; Valentino, 2000). BSB, kimya biliminin kavram, ilke, betimleme ve problem çözme örgüsü içinde, tek tek örnekler üzerinden öğrencilerin kendi zihinsel ve devinışsel koordinasyonlarıyla oluşturmaları beklenen düşünme, gözlemlenme, kestirme, ölçme, yorumlama, sunma ve irdeleme yetilerini ifade eden önermelerdir (TTKB).

Zimmerman (2000; 2007); bilimsel süreç becerilerini alana yönelik ve genel süreç becerileri olarak sınıflandırmış, bilimsel bir alana (kimya, fizik, biyoloji, coğrafya vb...) yönelik problemi çözmek için o alanla ilgili bilimsel kavramları bilmek gerektiğini ifade etmiştir. Bu becerileri alana yönelik bilimsel süreç becerileri olarak belirtmiştir. Örneğin, Pauen (1996) ağırlıkları kullanarak öğrencilerin hareketi fiziksel olarak açıklayabilmeleri için kuvvetler arası etkileşime ilişkin akıl yürütmeleri gerektiğini, bunun için de yer çekimi kuvvetini bilmeleri gerektiğini vurgulamıştır. Bozkurt ve Olgun (2005), bilimsel süreç becerilerinin, öğrenilen konu ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle tek başına değerlendirilmesinin zor olduğunu, öğrencilerin motivasyon ve ilgisinin bu becerilerin değerlendirilmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle öğrencilerin bilmediği bir konuda bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesinin doğru olmadığını vurgulamışlardır. Zimmerman (2000), genel süreç becerilerinin deney tasarlama ve denenceleri test etme süreçlerini kapsadığını belirtmiştir. Bu yaklaşımın, akıl yürütme becerilerinin neden sonuç ilişkisi için kullanıldığı ve alana özgü bilgiyi içermeyen durumlar için kullanıldığını belirtmiştir. Zimmerman ile aynı görüşte olan Koslowski (1996), Kuhn, Garcia-Mila, Zohar ve Anderson (1995), bilimsel süreç becerilerinin gelişiminde teori ile kanıtlar arasındaki ilişkinin araştırılmasında birden fazla yöntemin kullanılması gerektiğini, alan bilgisinin bu durumda gerekli olmadığını vurgulamışlardır. Kuhn, Amsel ve O'Loughin (1988) ve Koslowski (1996), varsayımsal senaryolara dayanarak sunulan ipuçlarına ilişkin kanıtların değerlendirildiği araştırmalarında, neden sonuç ilişkilerinin yorumlanması ve farklı kanıtların değerlendirilerek yorumlanması ile bu becerilerin kullanılacağını belirtmişlerdir (akt., Williams ve ark., 2004).

Kimya deneysel bir bilim dalı olduğu için BSB'nin öğrencilere kazandırılacağı yer laboratuvarıdır. Çağdaş laboratuvar uygulamaları; öğrencilerin seçim yapabilmesini ve keşfe dayalı etkinliklerde bulunmasını sağlayan, deney öncesi ve deney sonrası çalışmalarına yer veren, sıkıcı deneylerin yerine güncel yaşamla ilişkisi olan ilgi çekici deneylerin olduğu, proje ve fikir üretme çalışmalarına daha fazla yer

veren öğrenci merkezli yaklaşımları içermelidir. BSB, günlük yaşamda karşılaştığımız problemleri çözmeye çalışırken kullandığımız becerilere benzemektedir (Taşar, Temiz ve Tan, 2002). Laboratuvar sürecinde öğrencinin bilgisi yanında bilimsel süreç ve problem çözme becerilerinin de gelişimi amaçlanmaktadır. Bu nedenle laboratuvar sürecinde öğrencilerin sadece bilgileri değil bilimsel süreç ve problem çözme becerilerinin de ölçülmesi gerekir (Ayas, Çepni ve Akdeniz, 1994; Cartier, Rudolph ve Stewart, 2001; Lei, 2006). Fen eğitimcileri, 1960'lı yıllardan itibaren ortaöğretim düzeyinde sorgulamaya dayalı aktivitelerin önemini vurgulamakta ve problem çözme ve bilimsel düşünme becerilerinin fen programlarında olması gerektiğinin öneminden bahsetmişlerdir (Lavinghousez, 1973).

Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ölçmede en iyi yol laboratuvar raporları, sözlü sunumlar ve gözlemlerdir (Lavinghousez, 1973). Öğrencilerde bilimsel süreç becerileri açısından değişimi açıklayabilmek için konuyu ne kadar anlamış olduğunu sunması ve ne kadar uygulayabildiğini görmek gerekir (Buck, Bretz, ve Towns, 2008; Öztürk, Tezel ve Acat, 2010; Pyle, 2008; Soucek ve Meier, 1997). Harlen ve Jelly (1997), öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimini değerlendirebilmek için her beceri için farklı gözlem kriterleri geliştirmişlerdir. Örneğin verilerin yorumlanması için geliştirdikleri kriterler: "İlk soru ile ilgili olarak deney sonunda bulguları tartışıyorlar mı? Tahminleri ile bulguları karşılaştırıyorlar mı? vb..." Eğitimciler, diğer süreç becerileri için de değişik sorular ve kriterler bularak dereceli ölçeklendirme yöntemi ile değerlendirmeler yapabilirler (Bozkurt ve Olgun, 2005). Ancak bu yöntemle öğretmenler ve araştırmacılar için öğrencilerin becerilerindeki gelişimi gözlemek açısından kolay değildir. Bu ve benzeri yöntemler ile öğretmenin ders boyunca bir yandan öğrencinin süreç becerileri gelişimi ile ilgili kanıt toplaması ve bir yandan da öğrencilerin sürekli derse zihinsel anlamda katılmalarını sağlaması gerekmektedir. Öğrencilerin süreç becerilerini kolaylıkla sergileyebilecekleri, araştırmacı ve öğretmenlerin bu katılımı kolayca sağlayabilecekleri değerlendirme şekillerine ihtiyaç vardır (Bozkurt ve Olgun). Araştırmacılar öntest-sontest olarak kullanabilecekleri, ayırt ediciliği, geçerliği ve güvenilirliği olan bir ölçme aracına ihtiyaç duymaktadırlar (Buck ve ark., 2008; Lavinghousez, 1973).

Alanyazın incelendiğinde bilimsel süreç becerilerine yönelik test geliştirme çalışmalarının yurt dışında 1970'li yıllara kadar uzandığı görülmektedir. Süreç becerilerinin ulusal boyutta izlenmesi ve ulus-

lararası karşılaştırmaları Uluslararası Eğitimin Başarısını Değerlendirme Kurumu (IEA-1970, 1984) ve Uluslararası Eğitimin İlerlemesini Değerlendirme Kurumu (IAEP-1991) tarafından ve Uluslararası Matematik ve Fen Çalışmaları (TIMSS-1999, 2003, 2007, 2011) ile gerçekleştirilmektedir. Değerlendirmeler çoktan seçmeli test sorularının yanında anketlerle de gerçekleştirilmektedir.

Tannenbaum (1971) tarafından öğrencilerin bilimsel becerilerini belirlemek amacıyla geliştirilen test 7. ve 9. sınıf seviyelerine uygun olarak hazırlanmıştır. Test ile öğrencilerin bilimsel becerilerindeki başarı ve varsa zayıf noktaları belirlenmiştir. Lavinghousez (1973) tarafından geliştirilen biyoloji hazırlanmış test sorularını içeren 96 çoktan seçmeli maddeden oluşan bilimsel süreç becerileri testi hazırlanmıştır. Butzow ve Sewell (1972) tarafından bilimsel süreç becerileri ve temel fizik bilgileri kullanılarak öğrencilerin sorgulama becerilerine ilişkin sorulardan oluşan test geliştirilmiştir. Yenilenen fizik programı ile geleneksel programın bilimsel süreç becerilerine etkisinin araştırılması amacıyla hazırlanan test, öntest-sontest olarak kullanılacak şekilde temel fiziğin beş bölümüne ilişkin olarak hazırlanmıştır. Molitor ve George (1976) tarafından geliştirilen bilimsel süreç becerileri testi sonuç çıkarma, araştırma becerilerinden oluşmaktadır. Dillashaw ve Okey (1980) tarafından ilköğretim ve ortaöğretim seviyesinde geliştirilen ve 36 çoktan seçmeli sorudan oluşan test değişkenleri tanımlama, araştırmayı tasarlama, denence kurma, problemi saptama, verileri kaydetme ve grafiğe dökme boyutlarından oluşmaktadır. Tobin ve Capie (1982) tarafından geliştirilen test ise, öğrencilerin araştırmayı planlama ve yönetmedeki performanslarını ölçmeye yöneliktir. İlköğretim ikinci kademe ve ortaöğretim seviyesine yönelik olarak hazırlanmış olan test, değişkenleri tanımlama, uygun ölçme aracını seçme, değişkenleri değiştirmek, verileri grafiğe dökme, araştırma sürecini tasarlamak, denencelere göre verileri toplamak ve kaydetmek ve verilere göre denenceleri gözden geçirmek boyutlarını içeren, grafik, veri tablolarından oluşan ve problem durumuyla ilgili olan 24 çoktan seçmeli sorudan oluşmuştur. Burns, Okey ve Wise (1985) tarafından geliştirilen başka bir test Dillashaw ve Okey tarafından geliştirilen testten yararlanılarak

hazırlanmış ve bu testte olduğu gibi 5 boyuttan oluşmuştur. Öntest-sontest değerlendirmeye uygun olarak hazırlanan test 72 maddeden oluşmuştur.

Ülkemizde ise öncelikle yurt dışında geliştirilmiş olan çalışmalardan yararlanılmış, ardından araştırmacılar çalışmalarına uygun testler geliştirmişlerdir. Araştırmaya dayalı fen öğrenmenin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelendiği bir çalışmada (Kula, 2009), araştırmacı tarafından aslı Burns ve arkadaşlarına (1985) ait olan ve Türkçeye çeviri ve uyarlaması Geban, Aşkar ve Özkan (1992) tarafından yapılan test kullanılmıştır. Dört seçenekli 36 maddeden oluşan test sınıf düzeyine uygun hale getirilmek amacıyla 25 çoktan seçmeli test haline getirilmiştir. Testin güvenilirliği 0.81 olarak hesaplanmıştır. Aydoğdu (2006), fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini etkileyen etmenleri incelemek amacıyla yaptığı çalışmada Geban ve arkadaşları (1992) tarafından Türkçeye çeviri ve uyarlaması yapılan aynı testi kullanmıştır. Gültekin (2009) tarafından yapılan "Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenme uygulamalarının öğrencilerin bilimin doğası ile ilgili görüşlerine, bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisi" adlı benzer çalışmada da yine aynı test kullanılmıştır.

Geban ve arkadaşları (1992) tarafından çevirisi ve uyarlaması yapılan test Ünal-Çoban (2009) tarafından modellemeye dayalı fen öğretiminin 7. sınıf ilköğretim öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine etkisini incelemek amacıyla da kullanılmıştır. Ayrıca, 8. sınıf öğrencilerine uygun olarak geliştirilen ve 36 maddeden oluşan bu test Aktam (2007) tarafından 7. sınıflara uyarlanarak 27 maddeye indirilmiştir. Geban ve arkadaşları tarafından çevirisi ve uyarlaması yapılan test "Fen Eğitiminde Bilgisayar Destekli Öğrenme Ortamının Öğrencilerin Akademik Başarı, Bilimsel Süreç Becerileri ve Bilgisayar Kullanmaya Yönelik Tutuma Etkisi" adlı çalışma içinde kullanılmıştır (Tavukçu, 2008). Test 25 çoktan seçmeli madde haline getirilmiş ve güvenilirliği 0.81 olarak hesaplanmıştır. Sevinç (2008) tarafından 5E öğretim modelinin organik kimya laboratuvar dersinde uygulamasının öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelendiği çalışmada da Geban ve arkadaşları tarafından çevirisi ve uyarlaması yapılan test kullanılmış ve KR21 güvenilirliği 0.82 olarak hesaplanmıştır. Burns ve arkadaşları (1985) tarafından 8. sınıf düzeyine uygun geliştirilen test problemdeki değişkenleri belirleme, hipotez kurma ve tanımlama, işlemsel açıklamalar getirebilme, problem çözümü için gerekli incelemeler tasarlama, grafik çizme ve verileri yorumlama becerilerini kapsamaktadır. Birbirinden bağımsız

her biri 4 seçenekli 36 sorudan oluşan ve 8. sınıf düzeyinde hazırlanan bilimsel süreç beceri testinin öğretmen adayları da olmak üzere birçok farklı düzeydeki öğrenenlere uygulandığı görülmektedir. Sekizinci sınıf düzeyine göre hazırlanan testin hem farklı düzeydeki öğrenenlere uygulanması hem de Zimmerman'ın (2000; 2007) vurguladığı olduğu alan bilgisinin dikkate alınmadan farklı alanlarda da uygulanması tartışma konusudur. Sökmen ve Bayram'ın (1999), bu testi kullanarak 9. sınıf öğrencilerinin temel kimya konularını anlama düzeyleriyle mantıksal düşünme yetenekleri arasındaki ilişkiyi tartışırken, Yürük, Şahin-Yanpar ve Bozkurt (2000) aynı test ile, üniversite öğrencilerinin kimya tutum, başarı ve akademik benliklerine tümevarım ve tümdengelim içerik yaklaşımlarının etkisini karşılaştırmıştır. Kadayıfçı (2001), 11. sınıf öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramlarını belirlemek ve gidermek amacıyla, Gedik, Ertepinar ve Geban (2002), kavramsal değişim yaklaşımına dayalı gösteri yönteminin lise öğrencilerinin elektrokimya konusundaki kavramları anlamadaki etkilerini incelerken, Ünal, Bayram ve Sökmen (2002), 7. sınıf öğrencilerinin fen bilgisi dersinde temel kimya kavramlarının kavramsal olarak öğrenilmesinde kullanılan öğretim yönteminin etkisini tartışırken bu testi kullanmışlardır. Ayrıca bu testi, Yılmaz, Erdem ve Morgil (2002), 3. Sınıf kimya öğretmen adaylarının elektrokimya konusuyla ilgili kavram yanlışlıkları ve bilimsel süreç beceriyle ilişkisini belirlerken; Akar (2005), 5E öğrenme döngüsü modelinin 10. sınıf öğrencilerinin asit bazlarla ilgili kavramları anlamalarına etkisini geleneksel yöntemlerle karşılaştırırken ve Tezcan ve Salmaz (2005), 9. sınıf öğrencilerinin atomun yapısının kavratılmasında ve yanlış kavramların giderilmesinde bütünlleştirici ve geleneksel yöntemlerini karşılaştırırken kullanmışlardır. Bu test, Kanlı ve Yağbasan (2008) tarafından 7E modeli merkezli yaklaşımın üniversite 1. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki yeterliliğini incelerken de kullanılmıştır.

Alanyazında Geban ve arkadaşlarının (1992) uyarladığı test dışında başka testler de geliştirilip kullanılmıştır. Korucuoğlu (2008), fizik öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini kullanım düzeylerinin çeşitli faktörler açısından incelediği çalışmada öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini ölçmek amacıyla bir birinden bağımsız 30 maddeden oluşan çoktan seçmeli bir ölçme aracı geliştirmiştir. Geliştirilen testin temel süreçlerden sadece gözlem yapma ve ölçme alt boyutlarını; nedensel süreçlerden ise önceden kestirme, değişkenleri belirleme, verileri yorumlama alt boyutlarını

ve *deneyssel süreçlerden* de denence kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, deney yapma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme alt boyutlarını içerdği belirlenmiştir.

Fen öğretiminde bilimsel süreç becerilerine dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin bilime yönelik tutumlarına etkisini inceleyen çalışmada (Duran ve Özdemir, 2010), Dana (2001) tarafından hazırlanmış ve Erdoğan (2005) tarafından Türkçeye çevrilmiş bilimsel süreç becerileri testi kullanılmıştır. Toplam 10 çoktan seçmeli sorudan oluşan testin güvenilirliği 0.69 olarak hesaplanmıştır. Test, gözlem yapma, sınıflandırma, çıkarım yapma, tahmin etme, değişkenleri kontrol etme, ölçme ve verileri yorumlama, denence yazma ve deney yapma becerilerini ölçmektedir.

Şenyüz (2008) tarafından 2000 ve 2005 yılı ilköğretim fen bilgisi programlarını bilimsel süreç becerileri açısından karşılaştırmak için yapılan çalışmada Smith (1994) tarafından hazırlanan “İlköğretim Öğrencileri için Bilimsel Sürec Becerileri Değerlendirme” testi kullanılmıştır. Elli sorudan oluşan test ilköğretim okullarının 6., 7. ve 8. sınıfları için hazırlanmıştır. Testte “gözlem, sınıflama, çıkarım yapma, tahmin, ölçme, iletişim, uzay-zaman ilişkisi, işlevsel tanımlama, hipotez oluşturma, deney yapma, değişkenleri belirleme, verileri yorumlama ve model oluşturma” olarak 13 adet beceri bulunmaktadır.

İlköğretim 5. sınıf fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi başlıklı çalışmada (Anagün ve Yaşar, 2009) uygulanan 5E öğrenme modelinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine etkisini incelemek amacıyla 24 sorudan oluşan bilimsel süreç becerileri testi uygulanmıştır. Araştırmacılar tarafından geliştirilen test, gözlem, karşılaştırma ve sınıflama, çıkarım yapma, tahmin, kestirme, değişkenleri belirleme, deney tasarlama, deney malzemeleri ve araç gereç tanıma ve kullanma, ölçme, bilgi ve veri toplama, verileri kaydetme, veri işleme ve model oluşturma, yorumlama ve sonuç çıkarma ve sunum becerilerinden oluşmaktadır.

Öztürk (2008) tarafından “İlköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerini kazanma düzeyleri” başlıklı çalışma için geliştirilen bilimsel süreç becerileri testinde gözlem yapma, sınıflandırma, değişkenleri belirleme, tahmin yapma, ölçme ve verileri yorumlama, sayı ve uzay ilişkileri, denence yazma, karar verme, model oluşturma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, verileri kaydetme, deney yapma ve sonuç çıkarma becerileri ile ilgili sorulara yer verilmiştir. Birbirinden bağımsız 26 maddeden oluşan testin güvenilirliği 0.88 olarak hesaplanmıştır. Testi oluş-

turan maddelerin çalışmadaki alana yönelik olmadığı, genel fen konularını kapsadığı belirlenmiştir. Ayrıca yazar teste, deney yapma gibi devinşsel becerileri de ölçtüğünü belirtmiştir.

Azar’ın (2008) ilköğretim 4. sınıf Fen ve Teknoloji dersinde öğrenme stillerinin işbirlikli grup atamalarında kullanılmamasını öğrencilerin akademik başarı, tutum, bilimsel süreç becerileri ve öğrenmenin kalıcılık düzeylerine etkisini belirlemeye yönelik çalışmasında Tobin ve Capie (1982) tarafından geliştirilen ve Arslan (1995) tarafından Türkçeye çevrilen test kullanılmıştır. Güvenirlik katsayısı 0.73 olarak hesaplanan ve 54 maddeden oluşan test; gözlem yapma, açıklama yapma, tahmin yürütme, soru sorma, araştırma yapma, iletişim kurma, planlama ve üretme becerilerinden oluşmaktadır. Kullanılan testin üst düzey bilimsel süreç becerilerini ölçmediği (Zimmerman’ın belirtmiş olduğu genel süreç becerileri) ve alana yönelik ifadeler içermediği belirlenmiştir.

Birinci (2008) “Materyal tasarımı ve geliştirilmesinde proje tabanlı öğrenmenin kullanılmasının öğretmen adaylarının eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisi” adlı çalışmasında, Enger ve Yager (1998) tarafından geliştirilen ve kendisi tarafından Türkçeye çevrilen 31 maddelik testi kullanmıştır. Sınıf öğretmenliği 3. sınıf öğrencilerine uygulanan testin KR21 değeri 0.81 olarak hesaplanmıştır. Aynı test, Karaöz (2008) tarafından 6. sınıf öğrencileriyle yapılan çalışmada da kullanılmıştır. Karaöz çalışmasında öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini beceri analiz ederek değil test başarı testi olarak düşünüp başarılı ve başarısız olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle kullanılan testte hangi becerinin ölçüldüğü ayrıntısına girilmemiştir. Aynı testin hem öğretmen adaylarına hem de 6. sınıf öğrencilerine uygulanması tartışma konusudur.

Öztürk (2008) tarafından Coğrafya öğretiminde 5E modelinin bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada 22 çoktan seçmeli sorudan oluşan test hazırlanmıştır. Test; gözlem yapma, sınıflama, ölçüm yapma, tahminde bulunma, sonuç çıkarma, iletişim kurma, değişkenleri tanımlama ve kontrol etme, denence yazma ve test etme, verilerin yorumlanması ve deney planlama ve yapma becerilerinden oluşmuştur. Çalışmada, bilimsel süreç becerileri testinin alan bilgisinden ayrı olmaması gerektiğini öne süren araştırmacı testi oluşturan soruların coğrafi becerileri ve yeni coğrafya ders programında da yer aldığı gibi; öğrencilerin yaşamlarında, mesleklerinde ve gelecekte de kullanabilecekleri nitelikte olduğunu belirtmiş-



tır. Araştırmacı, bilimsel süreç becerilerinin öğrenilen konu ile doğrudan ilişkili olduğundan konudan bağımsız değerlendirilmesinin güç olduğunu, kullanılan testlerdeki konuların öğrenme ortamı, öğrencinin güdülenmesi ve ilgisi de bu becerilerinin değerlendirilmesinde etkin olduğunu dolayısıyla öğrencilerin bilmediği bir konu ile bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesinin doğru olmadığını ifade etmiştir.

Alanyazında örneklem grubu özelliklerinin, çalışma konusunun ve çalışma alanının farklı olmasına rağmen araştırmalarda aynı testlerin kullanılmış olduğu görülmektedir. Mevcut testlerin temel düzeyde bilimsel süreç becerileri ölçmesine rağmen üst düzeyde bilimsel süreç becerilerine sahip olması beklenen örneklem gruplarına da uygulanması, bilişsel seviyesi yüksek olan örneklem gruplarına düşük seviyedeki testlerin uygulanması (5 seçenekli testler uygulanması gerekirken 4 seçenekli testlerin uygulanması), aynı testin her alanda ve düzeyde (ilk-orta-yükseköğretim düzeylerinde) kullanılmış olması ve içeriğinin oluşturulmasında alan bilgisine dikkat edilmemesi geçerlik ve güvenilirlik konusunda tartışma yaratmaktadır. Bu durumda, bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesine, özellikle üst düzey bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesine yönelik yeterli düzeyde testin olmadığı görülmektedir. Alana yönelik, ortaöğretim öğrenci seviyesine uygun, hem temel hem de üst düzey bilimsel süreç becerilerini ölçen testlerin geliştirilmesi önem taşır.

Milli Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı 2007 yılından itibaren ortaöğretim kimya dersi öğretim programını yenilemiş ve 2008 yılından itibaren okullarda uygulama kararı almıştır. Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı temel alınarak hazırlanan kimya ders programı; kimya içerik kazanımlarını, bilimsel süreç becerilerini, kimya-teknoloji-toplum-çevre ilişkisi kazanımlarını ve iletişim-tutum ve değer becerilerini dikkate alınarak düzenlenmiştir (TTKB, 2007).

#### Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; kimya içerik ve kimya-teknoloji-toplum-çevre ilişkisi kazanımlarını dikkate alarak, öğrencilerin bilişsel seviyelerine uygun ve günlük yaşamda karşılaşılan problemleri çözerken kullanabilecekleri kimya içerik kazanımlarını, temel ve üst düzey bilimsel süreç becerilerini içeren ortaöğretim kimya alanına yönelik bilimsel süreç beceri testi geliştirmektir.

#### Yöntem

Lise öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini ölçmek amacıyla geliştirilen testin adı, Bilimsel Süreç Beceri Testi (BSBT) olarak belirlenmiştir. Testin geliştirilme sürecinde aşağıdaki işlem basamakları izlenmiştir.

#### İşlem

Bilimsel süreç beceri testinin içeriğinin belirlenmesinde yenilenen 9., 10. ve 11. sınıf kimya ders programı içerik kazanımları ile bilimsel süreç becerileri, kimya-teknoloji-toplum-çevre kazanımları ve iletişim, tutum ve değer kazanımlarından yararlanılmıştır. Geliştirilen teste, kimya-teknoloji-toplum-çevre kazanımlarına uygun olarak kimya ders programı içerik kazanımları kapsamında bir problem durumu oluşturulmuştur. Bu durum birbirini izleyen olaylarla testin içinde verilmiştir.

Test soruları yazılmadan önce alanyazında bulunan bilimsel süreç beceri testleri incelenmiş, hangi becerinin ne tür sorularla ölçüldüğü incelenmiştir. Günlük yaşamla ilişkili karşılaştığımız problemleri içeren senaryo ve bu problemi tanımlamaya ve çözmeye yönelik çoktan seçmeli sorulardan oluşan bir testin hazırlanması uygun görülmüştür.

Senaryoda Ege denizine kıyısı olan bir kasabada yaşanan çevre kirliliği, bu kirliliğinin nedenleri, kirliliğin çevreye ve insan yaşamına etkisi, kirliliğin derecesinin belirlenmesi çalışmaları (deneysel çalışmalar), yapılan çalışmaların raporlaştırılması ve kirliliğin giderilme yolları üzerinde durulmuştur. Test için hazırlanan sorular birbirinden bağımsız olmasına rağmen testin bütününe bakıldığında senaryodaki problemin belirlenmesine ve çözümüne yönelik olduğu görülmektedir. Sorularda kullanılan veriler senaryodaki probleme benzer çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır. Her beceri için en az 3 sorudan oluşan, beş seçenekli çoktan seçmeli 52 soru yazılmıştır.

Problemin belirlenmesinde ve çözümünde öğrencilerden ortaöğretim seviyesinde kullanmaları beklenen bilimsel süreç becerileri, yenilenen kimya ders programında yer alan beceriler dışında alanyazından da yararlanılmıştır (A.A.A.S., 1990; Ergin ve ark., 2005; Gabel, 1992; Lancour, 2005; Rezba ve ark., 1995; Smith, 1994; Valentino, 2000; YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi, 1997). Alanyazında belirtilen ve farklı şekillerde sınıflandırılan beceriler incelendiğinde tüm sınıflandırmalarda gözlem yapma, ölçme, sınıflama, verileri kaydetme, sayı ve uzay ilişkisi kurma, kestirme,

değişkenleri belirleme ve kontrol etme, denence yazma, araştırmayı tasarlama/deney tasarlama, veri toplama ve kaydetme, verileri işleme, incelenen verilerin işleme, sonuç çıkarma ve karar verme becerilerinin ortak olduğu görülmektedir. Ayrıca alan eğitimcilerinin genelde bilimsel süreç becerilerini, temel bilimsel süreç becerileri (Basic Science Process Skills) ve bütünleştirici (birleştirilmiş) bilimsel süreç becerileri (Integrated Science Process Skills) olarak sınıflandırdıkları görülmektedir (A.A.A.S., 1990; Ramig, Bailer ve Ramsey, 1995; Rezba ve ark., 1995).

Testin oluşturulması aşamasında içerik, kapsam ve görünüş geçerlikleri uzman görüşleriyle sağlanmıştır. Test soruları yazılırken öncelikle ortak olan bu beceriler dikkate alınmıştır. Testte yer alan tüm önermelerin alanyazında belirtilen bilimsel süreç becerilerini ve ders programında yer alan içerik kazanımlarını kapsadığından emin olmak için belirtke tablosu oluşturulmuştur.

Geliştirilmekte olan bilimsel süreç beceri testinin içeriğinin iç tutarlılığından emin olmak için kurgulanan problem durumu ve hazırlanan sorular alanyazında ve ders programında belirtilen ders içeriği ve beceriler referans alınarak alan uzmanlarına (2), ölçme değerlendirme uzmanlarına (2) ve program geliştirme uzmanına (1) belirtke tablosuyla incelenmiştir. Ayrıca testte yer alan problem durumunun herkes tarafından aynı şekilde anlaşılıp anlaşılmadığını belirlemek, testte yer alan tümce düşüklüklerini ve anlam bozukluklarını gidermek amacıyla test Türkçe eğitimcisi uzmana incelenmiş ve 30 kişilik 9. sınıfta okuyan öğrenci grubuna (15 Anadolu lisesi öğrencisi ve 15 Meslek lisesi öğrencisi) uygulanmıştır. Bu öğrenci grubunun seçilme nedeni testin hazırlandığı öğrenci profili ile aynı özellikleri taşımasıdır. Uzmanlardan alınan görüş ve öneriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmış, birbiri ile örtüşen ve anlaşılmasında güçlük çekilen, bilimsel hatalar içeren 7 soru çıkarılmış, 45 soruluk test elde edilmiştir. Testin yapı geçerliliğine kanıt bulabilmek amacıyla testin alanyazında belirtilen bilimsel süreç becerilerine ilişkin boyutlara uygun ölçme yapısı yapılmadığını test etmek için doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi için iki farklı faktör modeli kullanılmıştır. Birinci model Yükseköğretim Kurulu (YÖK) ve Dünya Bankasının çalışmalarında bildirilen 11 faktörlü model iken; ikinci model Ergin ve arkadaşlarının (2005) bildirdiği 5 faktörlü modeldir. Her iki model için doğrulayıcı faktör analizi uygulanmış ve elde edilen bulgular aşağıda tablolar (Tablo 3, 4 ve 5) halinde sunulmuştur.

Testin geçerliliğine ilişkin başka kanıtlar bulabilmek amacıyla bilimsel süreç becerileri bakımından yeterli ve yetersiz öğrencilerin geliştirilen testin puanları bakımından karşılaştırılması yoluna gidilmiştir. Bu doğrultuda bilimsel süreç beceri yeterliklerinin düşük olduğu bilinen Meslek Lisesi öğrencileri ile eğitim kalitesi ve öğretim hizmetlerinin standartlarının yüksekliği nedeniyle bilimsel süreç beceri yeterliklerinin yüksek olduğu bilinen Anadolu Lisesi öğrencilerinin Bilimsel Süreç Beceri Testi puan ortalamaları karşılaştırılmıştır.

### Çalışma Grubu

Bu çalışmada ölçme aracının, ölçülecek özelliğe (bilimsel süreç becerisine) gerçekten duyarlı olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla ölçülen özelliğe sahip olduğu ve olmadığı önceden bilinen gruplarla çalışma yapılmıştır. Araştırmanın yapıldığı dönemde ölçülen özelliğe sahip olmaları bakımından birbirinden en farklı, izinler ve maliyet açısından ulaşılabilir olan iki lisede çalışma sürdürülmüştür. 2010-2011 öğretim yılında Anadolu Lisesi ve Endüstri Meslek Lisesi 9. sınıf öğrencisi toplam 222 kişi araştırmanın çalışma grubunu oluşturmuştur (74 öğrenci (%33,33) Endüstri Meslek lisesinden, 148 öğrenci (%66,66) Anadolu lisesinden).

### Bulgular

Testin güvenilirlik ve geçerliliğine ilişkin kanıtları bulmadan önce testi oluşturan soruların ayırt edicilikleri madde-toplam korelasyonlarıyla test edilmiş ve bazı soruların madde-toplam korelasyonları 0.20'nin altında olduğu için istendik düzeyde ayırt edici olmadığı saptanmıştır. Testin ilk formuna dahil edilmiş olan 5 sorunun 14'ü yeterince ayırt edici olmadığı için test dışı bırakılmıştır (1., 8., 11., 12., 13., 16., 27., 28., 34., 38, 39., 41., 42., 43. sorular). Bu sorular testten çıkarıldığında 45 soru ile birlikte ayırt ediciliği test edilen 40. ve 45. sorular ayırt edici hale gelmişlerdir. Teste yer alan 20. soru ise yazım yanlışı nedeniyle testten çıkarılmıştır. 44 sorunun madde-toplam korelasyonları tablo 1'de gösterilmiştir. Korelasyon testi sonucu geriye kalan 30 soru ile analizlere devam edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen soruların çalışma grubu için zorluk derecesini belirlemek amacıyla her bir sorunun madde güçlük indeksi değerleri hesaplanmıştır. Maddelerin ayırt edicilikleri ise biserial madde-toplam korelasyonlarına dayalı olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda, dahil edilmeyen sorulardan sonra elde edilen toplam puanlar üzerinden hesap-

**Tablo 1.**  
*BSB Testinin Madde-toplam Korelasyon Değerleri Tablosu*

Soru No	Madde-toplam korelasyonu	Soru No	Madde-toplam korelasyonu	Soru No	Madde-toplam korelasyonu	Soru No	Madde-toplam korelasyonu
m1	-.112	m12	-.031	m24	.420	m35	.287
m2	.330	m13	.054	m25	.305	m36	.506
m3	.256	m14	.309	m26	.396	m37	.327
m4	.219	m15	.244	m27	.155	m38	-.112
m5	.359	m16	-.180	m28	.060	m39	-.077
m6	.305	m17	.313	m29	.566	m40	.157
m7	.282	m18	.240	m30	.344	m41	.067
m8	.126	m19	.200	m31	.334	m42	.049
m9	.479	m21	.518	m32	.399	m43	.069
m10	.310	m22	.504	m33	.252	m44	.285
m11	.133	m23	.293	m34	.019	m45	.132

lanan biserial madde toplam korelasyonlarına dayalı madde ayırt edicilikleri hesaplanmıştır. Biserial korelasyon katsayısı yapay olarak kategorik hale getirilmiş gerçekte sürekli bir değişken ile sürekli bir değişken arasındaki ilişkiyi bulmak amacıyla kullanılan bir korelasyon katsayısıdır (Magnusson, 1966, s. 202). Bu çalışmada maddeler yapay olarak kate-

gorik hale getirilmiş gerçekte süreklilik gerektiren değişkenlerdir, toplam puan ise sürekli değişkendir. Madde güçlük ve ayırt edicilik değerleri tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2 incelendiğinde soruların hepsinin ayırt edicilik değerlerinin 0.30'dan büyük olduğu görül-

**Tablo 2**  
*Maddelerin Ayırt Edicilik ve Güçlük Değerleri*

Soru Numarası	Ayırtedicilik değeri	Madde güçlük değeri
m2	0.41	0.84
m3	0.34	0.45
m4	0.34	0.61
m5	0.46	0.74
m6	0.37	0.54
m7	0.35	0.66
m9	0.54	0.78
m10	0.38	0.61
m14	0.42	0.49
m15	0.34	0.36
m17	0.36	0.46
m18	0.33	0.40
m19	0.30	0.36
m21	0.58	0.67
m22	0.59	0.52
m23	0.38	0.39
m24	0.50	0.44
m25	0.37	0.43
m26	0.48	0.27
m29	0.67	0.73
m30	0.41	0.53
m31	0.41	0.44
m32	0.49	0.65
m33	0.34	0.20
m35	0.37	0.41
m36	0.58	0.61
m37	0.41	0.41
m40	0.30	0.09
m44	0.34	0.18
m45	0.33	0.32



müştür. Bu haliyle sorular yeterince ayırt edicidir. Ayrıca madde güçlük indeksleri'nin 0.06 ile 0.84 arasında değiştiği görülmüştür. Soruların ortalama güçlük değerlerinin 0.48 olduğu bulunmuştur. Buna göre test orta güçlükte ve çeşitli güçlük düzeylerinden sorular barındıran bir başarı testi olarak görünmektedir.

### Güvenirlilik

Bilimsel Süreç Beceri testini oluşturan 30 maddenin iç tutarlılığını bulabilmek amacıyla hesaplanan KR20 güvenirlilik katsayısı 0.83 bulunmuştur. Bu değer soruların kendi içlerinde tutarlı olduğunu göstermesi bakımından testin güvenirliliği için önemli bir kanıttır.

### Geçerlilik

BSB'nin boyutları ile ilgili olarak yapılan alanyazın çalışmasında BSB için birkaç farklı boyut sayısı önerisinin olduğu görülmüştür. Bu önerilerden birisi YÖK ve Dünya Bankası (1997) tarafından yapılmış olan çalışmada ortaya koyulmuş olan 11 faktörlü modeldir. Bir diğer öneri ise Ergin ve arkadaşlarının (2005) 5 faktörlü BSB modelidir. Geliştirilen maddelerin hangi faktör modeline daha uygun ölçme yaptığını bulabilmek için iki model için

de doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Bu iki modelden elde edilen uyum iyiliği katsayıları karşılaştırılarak hangi faktör modelinin daha iyi uyum yapmaya çalıştığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablo 3'te BSB testinin maddelerinin iki model için beklenen faktör yerleşimleri verilmiştir.

Tablo 4'te madde yerleşimlerinden hangisinin beklenen kovaryans matrisi ile daha uyumlu bir kovaryans matrisine sahip olduğunu bulabilmek amacıyla her faktör yapısı doğrulayıcı faktör analizi uygulanmış ve elde edilen bulgular tablo 5'te gösterilmiştir.

Yapılan doğrulayıcı faktör analizleri sonucunda iki faktör yapısının hangisinin daha iyi uyum gösterdiğini bulabilmek amacıyla uyum indeksleri incelenmiştir. Yapısal eşitlik modellemesi (YEM) ailesinden analizlerde uyum iyiliği katsayıları elde edilen verinin hipotetik modele uygunluğunu test edebilmek için önemlidir. YEM ailesinden analizler için çok sayıda uyum istatistiği bulunmaktadır. Bu çalışmada en sık kullanılan uyum istatistiği indeksleri bildirilmiştir. Bu değerler sırasıyla  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  nin kendi serbestlik derecesine bölünmesinden elde edilen uyum oranı,  $\chi^2$  değerleri arasındaki farkın anlamlılığı testi, GFI, AGFI, RMSEA ve CFI değerleridir.  $\chi^2$  değerinin örneklem sayısının artışıdan etkilenmesi ve örneklem büyüdükçe istatistiksel

**Tablo 3**  
BSB Testinin YÖK-Dünya Bankası Modeline Uygun Faktör Yapısı

Gözlem	Sınıflama	Ölçme	İlişki kurma	Çıkarım Yapma	Tahmin	Hipotez	Değişken Belirleme ve Kontrol etme	Araştırma Tasarlama	Veri toplama kaydetme	Verilerin analiz edilmesi
m2	m4	m7	m21	m6	m9	m15	m10	m25	m29	m17
m3	m5	m24	m22	m31	m14		m32	m26	m44	m18
	m35		m23	m36	m30		m40	m37	m45	m19
					m33					

**Tablo 4**  
BSB Testinin Ergin ve Arkadaşlarının (2005) Modeline Uygun Faktör Yapısı

Gözlem, ölçme, verilerin toplanması	Problem belirlenmesi	Deney tasarlama	Elde edilen verilerin işlenmesi ve görsel olarak ifadesi	Yorum ve değerlendirme
m2	m6	m10	m29	m17
m3	m31	m32	m44	m18
m4	m36	m40	m45	m19
m5	m9	m25		
m35	m14	m26		
m7	m30	m37		
m24	m33			
m21	m15			
m22				
m23				

anamlılık kazanması nedeniyle  $\chi^2$  değerine alternatif başka uyum istatistikleri önerilmiştir.

$\chi^2$  değerinin kendi serbestlik derecesine oranı önemli bir istatistiktir. Bu oranın 3 veya 3'ün altında olması uyumun çok iyi olduğunu göstermektedir (Loehlin, 2004).  $\chi^2$  değerleri arasındaki farkın test edilmesi de hangi modelin daha uyumlu olduğunu bulmak açısından önemlidir. İki modelin  $\chi^2$  değerleri arasındaki farkın ( $\Delta\chi^2$ ) anlamlı olması durumunda  $\chi^2$  değeri daha küçük olan modelin daha iyi bir uyum gösterdiği kabul edilir. GFI ve CFI değerlerinin ise büyümesi uyumun iyiliğinin göstergesidir. GFI, AGFI ve CFI değerlerinin 0.90'ın üzerinde olması uyumun iyi olarak kabul edilmesi için yeterlidir. RMSEA değerinin ise 0.03'ün altında olması model ile verinin mükemmel uyum göstermesi anlamına gelmektedir (Byrne, 1998; Kelloway, 1998). Çoğu uyum indeksinin (GFI, AGFI gibi)  $\chi^2$  değerine bağlı olarak hesaplanması nedeniyle örneklem büyüklüğünden etkilendikleri bildirilmiştir. Bu nedenle örneklem büyüklüğünden etkilenmeyen daha güvenilir uyum indeksleri önerilmiştir. Bu indeksler içinde son yıllarda en çok kullanılanlar RMSEA ve CFI değerleridir.

Tablo 5'teki uyum indeksleri incelendiğinde 11 faktörlü modelin uyum indekslerinin mükemmel uyumu gösterdiği görülmüştür. RMSEA değeri 0.024 iken CFI değeri 0.97'dir. Ayrıca  $\chi^2/sd$  oranı 1.04'tür. Bu oran uyumun çok iyi olduğunu başka bir kanıttır.

5 faktörlü modelin uyum indekslerinin de çok iyi uyumu işaret ettiği görülmüştür. Bu modelin RMSEA değeri 0.034 iken CFI değeri 0.94'tür. RMSEA değerinin küçüklüğü bu modelin de çok iyi uyum gösteren bir model olduğunu gösterirken, GFI ve AGFI değerleri 11 faktörlü modelle benzer derecede uyumlu olduğunu işaret etmektedir. Modelin  $\chi^2/sd$  oranı da 1.24'tür.

Bu modelin  $\chi^2$  değeri ile 11 faktörlü modelin  $\chi^2$  arasındaki farkın manidarlığı testi iki model arasındaki  $\chi^2$  farkının istatistiksel olarak manidar olmadığını göstermiştir. Fakat yukarıda açıklandığı gibi kay kare değerleri örneklemden etkilendiği için bu çalışmada yorumlanmamıştır. İki modelden hangisinin daha iyi uyum gösterdiğini belirlemek amacıyla RMSEA ve CFI değerleri arasındaki farkın ne kadar olması gerektiği konusunda çalışan Cheung ve Rensvold (2002) RMSEA değerleri ve CFI değerleri arasında 0.01 ve üzerindeki farkın iki model arasında anlamlı bir uyum iyiliği farkı olarak yorumlanabileceğini göstermişlerdir. İki modelin RMSEA değerleri arasında fark 0.01 iken CFI değerleri arasındaki fark ise 0.03'dir. Buna göre 11 faktörlü modelin uyumu 5 faktörlü modelin uyumuna göre daha iyidir.

Yukarıda bulgular doğrultusunda iki modelin de uyum indekslerinin iyi olduğu fakat 11 faktörlü modelin uyum iyiliğinin daha iyi olduğu söylenebilir. Testin sonraki uygulamalarında 11 faktörlü model kullanılabileceği gibi 5 faktörlü model de tercih edilebilir. Fakat araştırmacılar 11 faktörlü modelin daha iyi bir uyum iyiliğine sahip olduğunu göz önünde bulundurmalıdır.

Geliştirilen test bir başarı testi olduğundan her bir madde 1 ya da 0 şeklinde puanlanmaktadır. Bu nedenle testten elde edilen puanlar arttıkça bilimsel süreç becerisinin arttığı, puanlar düştükçe ise bilimsel süreç becerisinin düştüğü anlaşılmalıdır. Bu durum tüm alt boyutlarda ve testin bütününde geçerlidir.

BSB bakımından yeterli ve yetersiz olduğu bilenen öğrencilerin YÖK-Dünya Bankası modeline uygun faktör yapısında olan BSB testi puanları ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı, başka bir ifadeyle BSB testinin gerçekte var olan BSB farklılığını tespit edebilen geçerli bir test olup olmadığı t testi ile test edilmiş ve elde edilen bulgular aşağıda tablo 6'da gösterilmiştir.

Yapılan t testi sonucunda YÖK-Dünya Bankası modeline uygun faktör yapısından elde edilen puanlara göre de iki lise arasında tüm alt boyutlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p=0.00$ ). Buna göre YÖK-Dünya Bankası modeline uygun faktör yapısı da BSB yapısını geçerli olarak ayırt edebilmektedir.

BSB bakımından yeterli ve yetersiz olduğu bilenen öğrencilerin Ergin ve arkadaşlarının (2005) modeline uygun faktör yapısında olan BSB testi puanları ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı, başka bir ifadeyle BSB testinin gerçekte var olan BSB farklılığını tespit edebilen geçerli bir test olup olmadığı t testi ile test edilmiş ve elde edilen bulgular aşağıda tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 5**  
BSB Testinin Farklı Faktör Yapıları İçin Uyum İstatistikleri ( $n = 222$ )

Model	$\chi^2$	df	$\chi^2/df$	$\Delta\chi^2$	GFI	AGFI	RMSEA	CFI
11 faktörlü yapı	365.74	350	1.04		0.89	0.86	0.024	0.97
5 faktörlü yapı	488.57	395	1.23	122,83*	0.87	0.85	0.034	0.94

\* $p < .01$

Yapılan t testi sonucunda Ergin ve arkadaşlarının (2005) modeline uygun faktör yapısından elde edilen puanlara göre de iki lise öğrencileri arasında her alt boyutta istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p= 0.00$ ). Buna göre Ergin ve arkadaşlarının (2005) modeline uygun faktör yapısı da BSB yapısını geçerli olarak ayırt edebilmektedir.

### Tartışma ve Sonuç

Fen eğitimcileri, 1960'lı yıllardan itibaren ortaöğre-

tim düzeyinde sorgulamaya dayalı aktivitelerin önemini vurgulamaktadır. Problem çözme ve bilimsel düşünme becerilerinin fen programlarında olması gerektiğinin öneminden bahsetmişlerdir. Alanyazın incelendiğinde öğretmen ve öğrencilerin sahip oldukları bilimsel süreç becerileri, bu süreçleri etkileyen faktörler, kullanılan öğretim yönteminin bilimsel süreçlere etkisi ve başarı ile süreç becerileri arasındaki ilişkiye ilişkin çalışmalar yer almıştır (Laçın-Şimşek, 2010). Becerilerdeki gelişimin değerlendirilmesi sıradan yöntemler ile gerçekleş-

**Tablo 6**  
Farklı BSB Düzeyinden Lise Öğrencilerinin BSB Testi Puanlarının Karşılaştırılması İçin t Testi Tablosu

Boyut	Grup	n	x	Ss	t	Sd
Gözlem	Meslek Lisesi	74	0.96	0.71	-5.63*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.46	0.58		
Sınıflama	Meslek Lisesi	74	1.12	0.98	-7.62*	111.85
	Anadolu Lisesi	148	2.09	0.70		
Ölçme	Meslek Lisesi	74	0.64	0.61	-7.59*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.32	0.65		
İlişki kurma	Meslek Lisesi	74	0.53	0.65	-14.50*	220
	Anadolu Lisesi	148	2.10	0.81		
Çıkarım yapma	Meslek Lisesi	74	0.68	0.74	-11.61*	220
	Anadolu Lisesi	148	2.04	0.86		
Tahmin	Meslek Lisesi	74	1.35	0.91	-11.09*	220
	Anadolu Lisesi	148	2.80	0.92		
Hipotez	Meslek Lisesi	74	0.38	0.54	-5.28*	220
	Anadolu Lisesi	148	0.85	0.57		
Değişken belirleme ve kontrol etme	Meslek Lisesi	74	0.96	0.75	-8.53*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.91	0.79		
Araştırma tasarlama	Meslek Lisesi	74	0.65	0.71	-8.46*	199.63
	Anadolu Lisesi	148	1.66	1.04		
Veri toplama kaydetme	Meslek Lisesi	74	0.47	0.53	-10.86*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.34	0.58		
Veri analiz etme	Meslek Lisesi	74	0.73	0.71	-6.61*	182.45
	Anadolu Lisesi	148	1.47	0.91		
Toplam	Meslek Lisesi	74	8.46	3.09	-22.63*	220
	Anadolu Lisesi	148	18.68	3.21		

\* $p<0.05$

**Tablo 7**  
Farklı BSB Düzeyinden Lise Öğrencilerinin BSB Testi Puanlarının Karşılaştırılması İçin t Testi Tablosu

Boyut	Grup	n	x	Ss	t	sd
Gözlem, ölçme, verilerin toplanması	Meslek Lisesi	74	3.24	1.70	-16.24*	220
	Anadolu Lisesi	148	6.97	1.57		
Problemin belirlenmesi	Meslek Lisesi	74	2.02	1.37	-14.87*	220
	Anadolu Lisesi	148	4.84	1.30		
Deney tasarlama	Meslek Lisesi	74	1.60	1.09	-10.87*	220
	Anadolu Lisesi	148	3.56	1.33		
Elde edilen verilerin işlenmesi ve görsel olarak ifadesi	Meslek Lisesi	74	0.47	0.52	-10.86*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.34	0.57		
Yorum ve değerlendirme	Meslek Lisesi	74	0.72	0.70	-6.07*	220
	Anadolu Lisesi	148	1.46	0.91		

\* $p<0,05$

tirilmemektedir. Sorgulamanın ana hatlarını saptayabilen güvenilir bir ölçme aracı ile becerilerin ölçümünün gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Aynı zamanda bu araç, öğretmenlere ve program geliştiricilere öğrenme etkinliklerinin etkisine ve bunların sorgulama becerilerinin gelişimindeki rolüne ilişkin dönüt sağlamalıdır. Güvenilir bir test ya da bilimsel düşünce ve sorgulamaya ilişkin test setleri öntest ve sontest olarak kullanılabilir olmalı ve öğrencilerin bu alandaki gelişimini belgelendirebilmelidir (Butzow ve Sewell, 1972; Tannenbaum, 1971).

Alanyazında özellikle üst düzey becerileri ölçen, ortaöğretim seviyesine uygun, geçerliği ve güvenilirliği olan sınırlı sayıda testin olduğu görülmektedir. Özellikle fen eğitimi çalışmalarında, bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesiyle ilgili konularda çalışan araştırmacıların, uygulama öncesinde veya sonrasında öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ölçmek için öğrenci seviyesine uygun ölçme araçlarına gereksinimleri olduğu ancak bunlara ulaşamadıkları görülmektedir (Temiz, 2007). Alanyazında da, öğrencilerin alana yönelik bilimsel süreç becerilerindeki değişimi açıklayabilmek için öğrencinin konuyu ne kadar anlamış olduğunu sunması ve ne kadar uygulayabildiğini göstermesi gerektiği belirtilmiştir (Buck ve ark., 2008; Öztürk ve ark., 2010; Pyle, 2008; Soucek ve Meier, 1997; Temiz, 2007; Zimmerman, 2000). Genel süreç becerileri için de değişik sorular ve kriterler bularak dereceli ölçeklendirme yöntemi ile değerlendirmeler yapılabilir (Zimmerman, 2000, 2007). Ancak öğrencilerin becerilerindeki gelişimi bu şekilde gözlemlemek, öğretmenler ve araştırmacılar açısından uygun olmayabilir. Bilimsel süreç becerilerindeki gelişimin izlenmesinde/belirlenmesinde testin yanında gözlem, anket vb. tekniklerin de kullanılması uygun olabilir.

Bu çalışmada; geçerliği, güvenilirliği ve ayırt ediciliği yüksek, alana yönelik "Bilimsel Süreç Becerileri" testi geliştirilmiştir. Testin geliştirilmesinde kimya-teknoloji-toplum-çevre kazanımlarından yararlanılmıştır. Ayrıca yenilenen ders programında da vurgulandığı gibi kimyanın günlük yaşamla ilişkilendirilerek testin ana konusu oluşturulmuştur. Ana konuda çevre sorunlarına ilişkin problem durumu verilmiş, öğrencilerden problemi belirlemeleri, denence yazmaları, değişken belirlemeleri, araştırma-deney tasarımları, deney yapmaları, yorumlamaları ve sonuçlandırmaları beklenmiştir. Geliştirilen test ile öğrencilerden, kurgulanan problemin tespit edilmesinde, çözüm yolları geliştirmesinde ve çözümünde bilimsel süreç becerilerini ne kadar kullandıklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yenilenen kimya ders programı ile de bireysel

farklılıkları dikkate alarak öğrencilerin, bir bilim insanının bilimsel araştırma sürecinde izlediği yolları anlamalarını sağlamak ve bireyin günlük yaşamında karşılaştığı problemleri çözebilmesi için bu süreçleri kullanması hedeflenmiştir (TTKB, 2007).

Geliştirilen bilimsel süreç beceri testi 30 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Testin KR20 güvenilirlik katsayısı 0.83 olarak hesaplanmıştır. Test alanyazından yararlanılarak boyutlandırılmış ve bu boyutlar dikkate alınarak faktör analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda testin YÖK ve Dünya Bankası (1997) tarafından ortaya koyulmuş olan 11 faktörlü modele ve Ergin ve arkadaşlarının (2005) 5 faktörlü BSB modeline uygun olduğu belirlenmiştir. Doğrulamalı faktör analizi YÖK ve Dünya Bankası tarafından önerilen modelin geliştirilen teste daha uygun olduğunu göstermektedir. Geliştirilen testin, ortaöğretim öğrencilerinin seviyesine uygun hazırlandığı, kimya alanına yönelik ifadeleri içerdiği - süreç becerilerinden deney yapma aşamasını içermediği -dikkate alınarak araştırmacı ve eğitimler tarafından uygulanması önerilmektedir. Geliştirilmiş olan testin alt boyutlarının soru sayıları güvenilirlik analizi yapabilmek için yeterli sayıda değildir. Bu konuda ilerleyen çalışmalarda alt boyutlardaki soru sayıları artırılarak güvenilirlik için daha fazla kanıt toplanmalıdır.

# Developing a Science Process Skills Test for Secondary Students: Validity and Reliability Study\*

**Burak FEYZİOĞLU<sup>a</sup>**

Adnan Menderes University

**Murat AKYILDIZ**

Celal Bayar University

**Barış DEMİRDAĞ**

Gürçeşme Anatolian High School

**Eralp ALTUN**

Ege University

## Abstract

Science process skills are claimed to enable an individual to improve their own life visions and give a scientific view/literacy as a standard of their understanding about the nature of science. The main purpose of this study was to develop a test for measuring a valid, reliable and practical test for Science Process Skills (SPS) in secondary education at basic and integrated levels. The test was developed according to the renewed 9th and 10th and 11th grades chemistry curriculum acquisitions of "content", "chemistry-technology-society-environment", "communication", "attitude" "value". Participants of this study are 222 students from a vocational high school and the Anatolian school of Izmir, Turkey. The test consisted of 30 multiple-choice questions and the KR20 reliability coefficient of this test was calculated as 0,83. The test consisted of sub-dimensions as , observing, classifying, measuring, communicating, inferring, predicting, formulating hypotheses, identifying variables, designing investigations, acquiring data, organizing data, and interpreting it. The test is compatible with a model which consists of observing, measuring, acquiring data, formulating problems, designing investigations, organizing data, interpreting factors of literature. The results of the confirmatory factor analysis supported validity and reliability of the test.

## Key Words

Science Process Skills, Chemistry-Technology-Public-Environment Gains, Secondary Education, Test Development.

One of the most important purposes of science is to improve the understanding of the students about the nature of science. The nature of science is identified as scientific data, scientific behaviours and the gathering of information (Köseoğlu, Tümay, & Budak, 2008). The most important dimension of the nature of science is the ways to achieve (gather) information and the phases of the scientific method (Millar, 1991; Toplis, 2012; Ünal-Çoban, 2009). The

ways of gathering scientific data and the phases of scientific method are technical processes. The researchers, who want to experience this process, must have some skills such as science process skills (Gültekin, 2009; Kanlı, 2007; National Research Council [NRC], 1996). Science process skills (SPS) consist of observation, classification, measurement, setting correlations of numbers and space, predicting, organizing data, formulating models, interpreting, identifying of variables, formulating hypotheses and finally experimenting (Ergin, Şahin-Pekmez, & Öngel-Erdal, 2005; Feyzioğlu, 2009; Gabel, 1992; Rezba, Fiel, & Funk, 1995; Smith, 1994; Kuhn & Franklin, 2006; Lancour, 2005; Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı [TTKB], 2007; Valentino, 2000; Wilkening & Sodian, 2005). Zimmerman (2007) put forward the idea that SPS could be done by scientific understanding and conceptual change. According to Koslowski (1996), SPS is an application

\* This study was funded by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK, Project no:108K293).

a **Dr. Burak FEYZİOĞLU**. Kimya Eğitimi alanında yardımcı doçenttir. Çalışma alanları arasında fen eğitimi ve bilimsel teknolojilerinin bu öğrenme ortamlarına entegrasyonu yer almaktadır. İletişim: Adnan Menderes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Merkez, Aydın. Elektronik posta: bfeyzioglu@adu.edu.tr Tel: +90 256 214 2023 Fax: +90 256 214 1061.

of the methods and principles for reasoning about the problem situations. Colvill and Pattie (2002) postulated that the activities, which consist of basic and integrated process skills, are the key factor of scientific/science literacy and the key dimension of scientific/science literacy. Bağcı-Kılıç (2006) and Padilla (1990) also classified these skills as basic and integrated scientific skills due to their usage according to students' progressional phases. Science process skills constitute the basis of scientific investigation. Scientific searching and thinking should not be confined to just scientists (Bozkurt & Olgun, 2005). These skills enable an individual to improve their own life visions and give a scientific view/literacy as a standard of their understanding about the nature of science (Bozkurt & Olgun; Williams, Papierno, Makel, & Ceci, 2004). Science process skills (Gott & Dugan, 1994) are named in literature as intellectual familiarity (A.A.A.S., 1993) and scientific searching skills (NRC, 2000).

Zimmerman (2000; 2007) classified science process skills as specific for a field, or general process skills, and also argued that knowing the scientific terms of the issue must be achieved in order to solve any problems about one issue. For example, Pauen (1996) declared that students need to understand the relationship between forces, in order to explain the physical movement, by using weights and for doing this they need to know the gravity concept. Bozkurt and Olgun (2005) also argued that science process skills are relative to learning issues and so cannot be evaluated in isolation. Students' motivation and interest are very important for the evaluation of these skills and, because of these, they postulated that students' scientific skills should not be evaluated about the issues which they don't know.

Zimmerman (2000) stated that general process skills are used for correlation between the cause/result of reasoning ability and non-specific situations. Koslowski (1996), Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, and Anderson (1995) agree with Zimmerman. They remarked that multiple methods must be used for searching the relationship between theory and evidence about the improvement of science process skills and field knowledge is not required for this situation. Kuhn, Amsel, and O'Loughin (1988) and Koslowski (1996) declared that, while this approach is evaluated through evidences due to hypothetical scenarios, these skills will be used by interpreting the cause-result relationships and evaluations of different evidence (cited in Williams et al., 2004).

SPS is similar to skills which we use for solving the daily problems we meet (Taşar, Temiz, & Tan,

2002). Chemistry is an experimental discipline and so SPS should be gained by students in laboratories. During the laboratory work students are supposed to improve their science process and problem solving skills. Therefore, science process and problem solving skills should be measured during the laboratory phase, not just their understanding (Ayas, Çepni, & Akdeniz, 1994; Cartier, Rudolph, & Stewart, 2001; Lei, 2006).

The best way to measure the SPS of students is laboratory reports, oral presentations and observation (Lavinghousez, 1973). In order to determine the change of the students' SPS, we should asses to what extend the students understood the topic and their using of SPS in novel learning situation (Buck, Bretz, & Towns, 2008; Öztürk, Tezel, & Acat, 2010; Pyle, 2008; Soucek & Meier, 1997). Harlen and Jelly (1997) developed observation criterias for each skill in order to determine the improvement of students' SPS. Educators can perform evaluations with a gradational scaling method by finding different questions and criteria for other process skills (Bozkurt & Olgun, 2005). This is not an easy way for educators and researchers to observe the changes in students' scientific skills. In order to use this, or similar methods, teachers should collect the evidence about skill improvements and should make students always focus on lessons. Students need evaluation methods in which they can show their scientific skills and join the processes (Bozkurt & Olgun). In order to use as pre-test and post-test, researchers need valid, reliable and discriminatory measurement tools (Buck et al., 2008; Lavinghousez, 1973).

When the literature is investigated; national measurements and international comparisons of SPS are being performed by the International Education Success Evaluation Institution and the International Educational Improvement Evaluation Institution (IEA-1970, 1984) through International Mathematics and Science Studies (TIMSS-1999, 2003, 2007, 2011). Evaluations are performed through surveys and multiple-choice test (Burns, Okey, & Wise, 1985; Butzow & Sewell, 1972; Dillashaw & Okey, 1980; Enger & Yager, 1998; Lavinghousez, 1973; Molitor & George, 1976; Smith, 1994; Tannenbaum, 1971; Tobin & Capie, 1982).

In our country, test for SPS, which were developed in other countries, were initially used. Then our researchers developed their own appropriate tests. The test, which were developed by Burns et al. (1985) in accordance with 8<sup>th</sup> grade and adopted by Geban, Aşkar, and Özkan (1992), includes skills about defining variables, formulating hypothesis, defining variables



operationally, designing investigations, organizing data and interpreting it. This test consists from 36 questions, each of them having 4 choices, and it was designed for science process skills at 8<sup>th</sup> grade. It was performed on many levels of learners, including pre service teachers (Aktamış, 2007; Aydoğdu, 2006; Gültekin, 2009; Kula, 2009; Sevinç, 2008; Tavukçu, 2008; Ünal-Çoban, 2009).

Though the study issues and work fields differed from each other in literature there are many other examples in which the same test were used (Akar, 2005; Dana, 2001; Gedik, Ertepinar, & Geban, 2002; Kadayıfçı, 2001; Kanlı & Yağbasan, 2008; Sökmen & Bayram, 1999; Tezcan & Salmaz, 2005; Ünal, Bayram, & Sökmen, 2002; Yılmaz, Erdem, & Morgil, 2002; Yürük, Şahin-Yanpar, & Bozkurt, 2000). The usage of the test, which was prepared for 8<sup>th</sup> grade, in accordance with both different levels. The way in which there is no appropriateness with the information which Zimmerman (2000; 2007) expressed, is a discussion topic. In addition to the test of Geban et al. (1992), many other tests were developed and applied in literature. However these tests include general process skills rather than specific science process skills (Anagün & Yaşar, 2009; Arslan, 1995; Azar, 2008; Birinci, 2008; Duran & Özdemir, 2010; Erdoğan, 2005; Karaöz, 2008; Korucuoğlu, 2008; Öztürk, 2008; Şenyüz, 2008). It was seen that the test, which was developed by Öztürk for evaluation of the effects of the 5E model on science process skills, about geography education, consists of both specific and general science process skills.

Though the tests, documented in the literature, measure the basic science process skills they are implemented with sample groups which are supposed to be at an advanced level. This situation stimulates discussion. This is because there is some incompatibility between the purpose and implementations of the tests. The development of the tests, which are suitable for secondary education students and also measure both basic and integrated level SPS is very important.

### Purpose of the Study

The aim of this study is to develop science process skill tests for secondary education classes. The tests contain chemistry fundamentals with appropriate levels of cognitive content and can be applied to resolving problems in everyday life. The acquisitions of "Chemistry" and "chemistry-technology-society-environment" relationship are considered in the basic and integrated science process skills.

### Method

The test that measures the science process skills of high school students is referred to as the 'science process skill test' (SPST).

### Procedure

To determine the content of science process skill test, the outcomes of renewed 9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> grade Chemistry Curriculum (TTKB, 2007), science process skills, chemistry-technology-society-environment and communication, attitudes and values are used. The test consists of a problem situation including outcomes of the chemistry curriculum that compatible with chemistry-technology-society-environment outcomes. This situation is given in successive events in the test. To write the test questions, other tests of science process skills were reviewed and the kind of skills measured by the questions were analyzed (A.A.A.S., 1990; Ergin, et al., 2005; Gabel, 1992; Lancour, 2005; Rezba et al., 1995; Smith, 1994; Valentino, 2000; YÖK/World Bank National Development Project, 1997).

The data used in writing items are prepared by utilizing similar studies with similar problem scenarios. Fifty two (52) questions were written containing at least three questions with five multiple choices for each skill. The skills mentioned in the literature showed common skills were noticed in whole classifications such as observing, measuring, classifying/organizing data, relationship between numbers and space, predicting, identifying of variables, formulating hypothesis, designing investigations, acquiring data, organizing data, analyzing investigations, concluding and decision making. In addition, science process skills are classified as; basic science process skills and integrated science process skills, by some field experts (A.A.A.S., 1990; Ramig, Bailer, & Ramsey, 1995; Rezba et al., 1995).

### Sampling

In order to determine whether the test is valid for measuring science process skills the study was carried out with groups which have SPS and have not. In the academic year 2010-2011, the working group comprised a total of 222 students which are in 9<sup>th</sup> grade from the Anatolian High School and the Industrial Vocation High School, Izmir. 74% of participants are from the Industrial Vocation High School and rest from the Anatolian High School.

### Findings

The scope, content and face-validities, in the preparation phase of the test, were determined by professionals of measurement and program development in addition to domain experts. Besides, the test was examined by a Turkish language education expert and applied to 30 9<sup>th</sup> grade students (15 Anatolian High School students and 15 Vocational High School students) in order to determine the sufficiency of the understandability of the test. Necessary corrections were made, in accordance with the views and suggestions of the experts, and 7 questions that either correspond to each other or are hard to comprehend or contain scientific mistakes were dismissed. This resulted in a final test consisting of 45 questions.

The discrimination of items that compose the test was determined by 'item-total correlations'. 14 questions were dismissed because of having an item-total correlation of less than 0.20 and 1 question for misspelling before seeking evidence of reliability and validity of the test. The analysis was conducted with the remaining 30 questions. In order to determine how difficult were the items for the study group, item difficulty indices for each item were calculated. The item discrimination is calculated via bi-serial item total correlation (Magnusson, 1966, p. 202). As the analyses were examined, it was seen that the all of the questions had discrimination values higher than 0.30. It was also seen that the item difficulty indices were between 0.06 and 0.84. Accordingly, the test was considered as an achievement test that had mediocre difficulty and contained questions with various difficulty levels.

### Validity

It was observed that there were several different suggestions for SPS in the literature regarding number of dimensions. One of these suggestions was the 11 factor model that pointed out in work done by YÖK and the World Bank (1997). Another suggestion was the 5 factor SPS model of Ergin et al. (2005). Confirmatory factor analyses were done for both models for determining which developed items would produce a more favorable measurement for each factor model. The goodness of fit indices of these two models were compared in order to determine which factor model would fit better. According to YÖK-the World Bank model, it was determined that the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> items were in observing, 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> and 35<sup>th</sup> items were in classifying, 7<sup>th</sup> and 24<sup>th</sup> items were in measuring, 21<sup>st</sup>, 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> items were in communicating, 6<sup>th</sup>, 31<sup>st</sup> and 36<sup>th</sup>

items were in inferring, 9<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> and 33<sup>rd</sup> items were in predicting, 15<sup>th</sup> item was in hypothesizing, 10<sup>th</sup>, 32<sup>nd</sup> and 40<sup>th</sup> items were in acquiring data and organizing data, 17<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> items were in interpreting factors.

As a result of the confirmatory factor analyses, for determining the 'better fit' factor structure, the goodness of fit indices were examined with Structural Equation Modeling (SEM). In order to determine this, the fitness rate obtained from the dividing of the  $\chi^2$  to its own degrees of freedom. The significance test between values of  $\chi^2$  and GFI, AGFI, RMSEA and CFI values were taken into account (Byrne, 1998; Kelloway, 1998). The rate of  $\chi^2$  value to its own degree of freedom is an important statistic. Having a rate of 3 or more than 3 shows that the fitness is very good (Loehlin, 2004).

When the fitness indices in factor structures were put to examination, it was seen that the 11 factor model had perfect goodness of fit. While the RMSEA value was 0.024, CFI value was 0.97. Also, the  $\chi^2$ /sd rate was 1.04. This rate is another evidence that indicates good fit.

It was seen that the 5 factor model also had very good fit. The RMSEA value was 0.034 and the CFI value was 0.94. While the low values of RMSEA show that this model also has good fit, GFI and AGFI values point out that this model has a similar goodness of fit to the 11 factor model. Also, the  $\chi^2$ /sd rate was 1.24.

The significance test of the difference between this model's  $\chi^2$  value and the 11 factor model's  $\chi^2$  value shows that the  $\chi^2$  difference between two models was not statistically significant. However, since the chi-square values were affected by sample size this was not interpreted in this study. In order to determine the better fitting model, the differences of RMSEA and CFI values (Cheung & Rensvold, 2002) were examined. While the difference of RMSEA values was 0.01, the difference of CFI values was 0.03. According to this, the fitness of the 11 factor model is better than the 5 factor model. Yet, one must take note that the both of the models have good degrees of fitness.

One may state that both of the models have goodness of fit indices, yet the 11 factor model has a better fit according to the findings stated above. In the subsequent applications of the test, the 11 factor model might be used as well as the 5 factor model. It could be argued that researchers should consider that the 11 factor model has a better fit.

Since the test under development is an achievement test each item is graded as 1 or 0. Because of this it

should be understood that, as the grade achieved in test increases, the science process skill increases and as the grade achieved in test decreases the science process skill decreases accordingly. This is valid for all sub-dimensions and for the whole test.

Use of the t test concluded that if there was a statistical significant difference between SPS test grades that it is in accordance with the factor structure YÖK-the World Bank (1997) and Ergin et al. (2005) of students seen sufficient or insufficient for SPS. In other words, if there was a relevance of the SPS test in terms of the SPS difference determination. As a result of the t test, there was a statistically meaningful difference between the two high schools according to the grades obtained from factor structure for both YÖK-the World Bank model and Ergin et al. model. The factor structure agrees with YÖK-that is, that the World Bank model can discriminate the BSB structure effectively according to this.

### Reliability

The KR20 reliability coefficient that was calculated for finding out the internal consistency of the 30 items that make up the Science Process Skills test was found as 0.83. This value is an important proof for the reliability of the test as it shows that the questions are consistent with each other.

### Discussion and Conclusion

Science educators have been emphasizing the importance of the activities that are based on questioning at secondary education level since 1960s. They have mentioned importance of problem solving and scientific thinking skills in science programs. There are many studies the literature regarding the science process skills of teachers and students, the factors affecting these processes, the effect of the education methods being used in the science processes and the relationship between success and process skills (Laçin-Şimşek, 2010). The evaluations of the improvement of skills are not performed with ordinary methods. A relevant measurement tool that can determine the main lines of the questioning should measure the skills. At the same time this tool should provide feedback with regard to the effect of the education activities of the teachers and program developers and their role in the development of questioning skills. The relationship of test sets with relevant test, scientific thought or questioning should be allowed to be used as pre-test and post-test and should document the improvement of

the students in this field (Butzow & Sewell, 1972; Tannenbaum, 1971).

In the literature, especially in science education studies, the researchers working on the subjects related to science process skills have a requirement for measurement tools, which are suitable to the student level, in order to measure the science process skills of the students before or after application. However, it is seen that they cannot manifest such tools (Temiz, 2007). Also in the literature, it is stated that the student should make a presentation of his/her understanding and his/her extent of application of the subject in order to explain the science process ability changes of students in the field (Buck et al., 2008; Öztürk et al., 2010; Pyle, 2008; Soucek & Meier, 1997; Temiz, 2007; Zimmerman, 2000). Evaluations might also be done with graduated scaling method by finding different questions and criteria for the general process skills (Zimmerman, 2000, 2007). Yet, observing the improvement of the students in this form might not be suitable for the teachers and researchers. It might be suitable to use observation, survey, etc. techniques with test for observing/determining the improvement of science process skills.

In this study, the "Science process Skills" test focusing on field with high validity, relevance and distinctiveness was developed. In the development of the test, chemistry-technology-society-environment gains were used as emphasized by the renewed course program. The aim of the test was to allow the students to understand the methods of scientists in the scientific research process and to allow the individuals to use these processes to solve their daily life problems (TTKB, 2007).

The science process skills test consists of 30 multiple choice questions. The KR20 relevance coefficient of the test is calculated as 0.83. The test, designed by the use of literature and factor analysis, was done according to this design. As the result of the analyses, it was seen that the test was suitable both for the 11 factor model of YÖK and the World Bank (1997) and the 5 factor SPS model of Ergin et al. (2005). The confirmatory factor analysis shows that the model suggested by YÖK and the World Bank was more suitable than the model of Ergin et al. (2005). The test includes expressions of chemistry curriculum acquisitions but it does not cover the experimentation phase of the process skills. The number of items of the developed test was not sufficient for a relevance analysis. More proof should be collected to establish the relevance by increasing the number of items in the sub-dimensions in subsequent studies of this subject.

## References/Kaynakça

- Akar, E. (2005). *Effectiveness of 5E learning cycle model on students' understanding of acid-base concepts*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aktamış, H. (2007). *Fen eğitiminde bilimsel süreç becerilerinin bilimsel yaratıcılığa etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü-İzmir.
- American Association for the Advancement of Science (A.A.A.S.). (1990). *Project 2061-Science for All Americans*. Retrieved June 26, 2006 from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/default.htm?nav>.
- American Association for the Advancement of Science (A.A.A.S.). (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anagün, Ş. S. ve Yaşar, Ş. (2009). İlköğretim 5. Sınıf fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi. *İlköğretim Online*, 8 (3), 843-865.
- Arslan, A. (1995). *İlkokul öğrencilerinde gözlemlenen bilimsel beceriler*. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ayas, A. P., Çepni, S. ve Akdeniz, A. R. (1994). Fen bilimlerinde laboratuvarın yeri ve önemi-I. *Çağdaş Eğitim Dergisi*, 204, 21-24.
- Aydoğdu, B. (2006). *İlköğretim fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Azar, N. (2008). *Fen ve teknoloji dersinde öğrenme stillerinin işbirlikçi grup atamalarında kullanılması öğrencilerin akademik başarı, tutum, bilimsel süreç becerileri ve öğrenmenin kalıcılık düzeylerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Bağcı-Kılıç, G. (2006). *İlköğretim bilim öğretimi*. İstanbul: Morpa Kültür Yayınları.
- Birinci, E. (2008). *Materyal tasarımı ve geliştirilmesinde proje tabanlı öğrenimin kullanılmasını öğretmen adaylarının eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Bozkurt, O. ve Olgun, Ö. S. (2005). Fen ve teknoloji eğitiminde bilimsel süreç becerileri. M. Aydoğdu ve T. Kesercioglu (Ed.), *İlköğretimde fen ve teknoloji öğretimi* (s. 55-70). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Research and Teaching*, 38 (1), 52-58.
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPSII. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (2)169-177.
- Butzow, J. W., & Sewell, L. E. (1972). An investigation of introductory physical science using the test of science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 9 (3), 267-270.
- Byrne, B. M. (1998). *Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cartier, J., Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). *The nature and structure of scientific models*. Retrieved March 26, 2011, from <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>.
- Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002) Evaluating goodness of fit indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling*, 9 (2), 233-255.
- Colvill, M., & Pattie, I. (2002). The building blocks for scientific literacy. *Australian Primary & Junior Science Journal*, 18 (3), 20-23.
- Dana, L. (2001). The education and training of entrepreneurs in Asia. *Education & Training*, 43 (8), 405-16.
- Dillashaw, F. G., & Okey, J. R. (1980). Test of the integrated science process skills for secondary students. *Science Education*, 64, 601-608.
- Duran, M., & Özdemir, O. (2010). The effects of scientific process skills-based science teaching on students' attitudes towards science. *US-China Education Review*, 7 (3), 17-28.
- Enger, K. S., & Yager, R. E. (1998). The Iowa- SS&C Project. *The Iowa assessment handbook* (pp. 5-13). Iowa City: Science Education Center, The University of Iowa.
- Erdogan, M. N. (2005). *Sorgulamaya dayalı fen öğrenmenin 7. Sınıf öğrencilerinin akademik başarısı, kavramsal değişimleri ve bilimsel süreç becerilerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ergin, Ö., Şahin-Pekmez, E. ve Öngel-Erdal, S. (2005). *Kuramdan uygulamaya deney yoluyla fen öğretimi*. İzmir: Kanyılmaz Matbaası.
- Feyzioğlu, B. (2009). An investigation of the relationship between science process skills with efficient laboratory use and science achievement in chemistry education. *Journal of Turkish Science Education*, 6 (3), 114-132.
- Gabel, D. L. (1992). *Introductory science skills*. Illinois-USA: Waveland Press.
- Geban, Ö., Askar, P., & Özkan, G., (1992). Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research*, 86, 5-10.
- Gedik, E., Ertepinar, H. ve Geban, Ö. (2002, Eylül). *Lise öğrencilerinin elektrokimya konusundaki kavramları anlamalarında kavramsal değişim yaklaşımına dayalı gösteri yönteminin etkisi*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Ankara.
- Gott, R., & Duggan, S. (1994). *Investigate work in science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gültekin, Z. (2009). *Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenme uygulamalarının öğrencilerin bilimin doğası ile ilgili görüşlerine, bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Harlen, W., & Jelly, S. J. (1997). *Developing science in the primary classroom*. London: Longman.
- Kadayıfçı, H. (2001). *Lise 3. Sınıftaki öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramlarının belirlenmesi ve yapılandırıcı yaklaşımın yanlış kavramların giderilmesi üzerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kanlı, U. (2007). *7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımı ile doğrulama laboratuvar yaklaşımlarının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine ve kavramsal başarılarına etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2008). 7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki yeterliliği. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 91-125.
- Karaöz, M. P. (2008). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi "Kuvvet ve Hareket" ünitesinin probleme dayalı öğrenme yaklaşımıyla öğretimin öğrencilerin bilimsel süreç becerileri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kelloway, K. E. (1998). *Using Lisrel for structural equation modeling: A researcher's guide*. London: Sage.
- Korucuoğlu, P. (2008). *Fizik öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini kullanım düzeylerinin fizik tutumu, cinsiyet, sınıf düzeyi ve mezun oldukları lise türü ile ilişkilerinin değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge: MIT Press.
- Köseoğlu, F., Tümay, H. ve Budak, E. (2008). Bilimin doğası hakkında paradigma değişimleri ve öğretimi ile ilgili yeni anlayışlar. *Gazi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28 (2), 221-237.
- Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how). In W. Doman, R. M. Lerner, (Series Eds.), D. Kuhn & R. S. Siegler (vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Cognition, perception and language* (vol. 2., 6th ed., pp. 953-993). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. FL: Academic Press, Orlando.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60 (4), 1-23.
- Kula, Ş. G. (2009). *Araştırmaya dayalı fen öğrenmenin öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, başarıları, kavram öğrenmeleri ve tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Laçın-Şimşek, C. (2010). Sınıf öğretmeni adaylarının fen ve teknoloji ders kitaplarındaki deneyleri bilimsel süreç becerileri açısından analiz edilebilirlikleri. *İlköğretim Online*, 9 (2), 433-445.
- Lancour, K. L. (2005). *Process skills for life science (05)*. Retrieved: April 26, 2011 from [http://www.tufts.edu/as/wright\\_center/products/sci\\_olympiad/upload\\_1\\_15\\_05/pdf/process\\_skills\\_life\\_sci\\_super\\_and\\_coach\\_guide\\_05.pdf](http://www.tufts.edu/as/wright_center/products/sci_olympiad/upload_1_15_05/pdf/process_skills_life_sci_super_and_coach_guide_05.pdf).
- Lavinghousez, W. E. Jr. (1973, February). *The analysis of the biology readiness scale (BRS), as a measure of inquiry skills required*. Paper presented at BSCS Biology, College of Education, University of Central Florida.
- Lei, Q. (2006). Comparison of the chemistry practical work at the University of Sydney and Zhejiang University. *The China Papers*, November, 17-22.
- Loehlin, J. C. (2004) *Latent variable models* (4th ed). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Magnusson, D. (1966). *Test theory*. New York: Addison-Wesley.
- Millar, R. (1991). A means to an end: The role of processes in science education. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science* (pp. 67-77). Milton Keynes: The Open University Press.
- Molitor, L. L., & George, K. D. (1976). Development of a test of science process skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 13 (5), 405-412.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science standards*. Washington, DC. National Academy Press.
- Öztürk, N. (2008). *İlköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerini kazanma düzeyleri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Öztürk, N., Tezel, Ö., & Acat, M. B. (2010). Science process skills levels of primary school seventh grade students in science and technology lesson. *Journal of Turkish Science Education*, 7 (3), 15-28.
- Padilla, M. (1990). *The science process skills*. Paper 9004 in the series, science matters - to the science teacher, published by the National Association for Research in Science Teaching. Retrieved May 24, 2011, from <http://www.narst.org/publications/research/skill.cfm>.
- Pauen, S. (1996). Children's reasoning about the interaction of forces. *Child Development*, 67, 2728-2742.
- Pyle, E. J. (2008). A model of inquiry for teaching earth science. *Electronic Journal of Science Education*, 12 (2), 3-21.
- Ramig, J. E., Bailer, J., & Ramsey, M. J. (1995). *Teaching science process skills*. Torrance, California: Good Apple.
- Rezba, R. J., Fiel, R. L., & Funk, H. J. (1995). *Learning and assessing science process skills*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Sevinç, E. (2008). *5E öğretimi modelinin organik kimya laboratuvar dersinde uygulanmasının öğrencilerin kavramsal anlamalarına, bilimsel süreç becerilerinin gelişimine ve organik kimya laboratuvarı dersine karşı tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Smith, K. (1994). *Science process assessments for elementary and middle school students*. Retrieved April 26, 2011, from <http://www.scienceprocesstests.com/>.
- Soucek R., & Meier, M. (1997). Teaching information literacy and scientific process skills: An integrated approach. *College Teaching*, 45 (4), 128-31.
- Sökmen, N. ve Bayram, H. (1999). Lise 1. Sınıf öğrencilerinin temel kimya kavramlarını anlama düzeyleriyle mantıksal düşünme yetenekleri arasındaki ilişki. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Dergisi*, 16-17, 89-94.
- Şenyüz, G. (2008). *2000 yılı fen bilgisi ve 2005 yılı fen ve teknoloji dersi öğretim programlarında yer alan bilimsel süreç becerileri kazanımlarının tespiti ve karşılaştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı (TTKB). (2007). *Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi öğretim programı*. Ankara: Yazar.
- Tannenbaum, R. S. (1971). Development of the test of science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 8 (2), 123-136.
- Taşar, M. F., Temiz, B. K. ve Tan, M. (2002, Eylül). *İlköğretim fen öğretim programında hedeflenen öğrenci kazanımlarının bilimsel süreç becerilerine göre sınıflandırılması*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Tavukçu, F. (2008). *Fen eğitiminde bilgisayar destekli öğrenme ortamının öğrencilerin akademik başarıları, bilimsel süreç becerileri ve bilgisayar kullanma yönelik tutuma etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Temiz, B.K. (2007). *Fizik öğretiminde öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tezcan, H. ve Salmaz, Ç. (2005). Atomun yapısının kavratılmasında ve yanlış kavramların giderilmesinde bütünlleştirici ve geleneksel öğretim yöntemlerinin karşılaştırılması. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 41-54.
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1982). Development and validation of a group test of integrated science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 19 (2), 133-141.
- Toplis, R. (2012). Students' views about secondary school science lessons: The role of practical work. *Research in Science Education*, 42 (3), 531-549.
- Ünal, H., Bayram, H. ve Sökmen, N. (2002, Eylül). *Fen bilgisi dersinde temel kimya kavramlarının kavramsal olarak öğrenilmesinde öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneklerinin ve öğretim yönteminin etkisi*, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Ankara.
- Ünal-Çoban, G. (2009). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. sınıf ışık ünitesi örneği*. Yayınlanmamış doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Valentino, C. (2000). *Developing science skills*. Retrieved April 26, 2011, from <http://www.eduplace.com/science/profdev/articles/valentino2.html>.

Wilkening, F., & Sodian, B. (2005). Scientific reasoning in young children: Introduction. *Swiss Journal of Psychology*, 64, 137-139.

Williams, M. W., Papierno, P. B., Makel, M. C., & Ceci, S. J. (2004). Thinking like a scientist about real – world problems: The Cornell institute for research on children science education program. *Applied Developmental Psychology*, 25, 107-126.

Yılmaz, A., Erdem, E. ve Morgil, İ. (2002). Öğrencilerin elektrokimya konusundaki kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 234-242.

Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) / Dünya Bankası. (1997). *Kimya öğretimi*. Ankara: Yazar.

Yürük, N., Şahin-Yanpar, T. ve Bozkurt, A. İ. (2000). Öğrencilerin kimya başarı, tutum ve akademik benlik kavramları üzerinde tümevarım ve tümdengelim içerik yaklaşımlarının karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 177-185.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223.