2. Bölüm

Bilimsel Süreç Becerileri

Prof. Dr. İlbilge DÖKME

Araştırma yoluyla yürütülen STEM eğitim uygulamalarında öğrenciler bilgiyi keşfederek öğrenirler. Ancak sadece öğrenmek yetmez; "bilmek uygulamaktır" sloganı çerçevesinde öğrencilerden keşfederek öğrendikleri fen konularını matematik ve teknoloji ile bütünleştirerek bir mühendislik ürünü tasarlamaları beklenir. Bu tarz yürütülen bilimsel araştırma odaklı öğretim uygulamaları bilimsel düşünme ile olur. Bilimsel düşünme basitten karmaşığa pek çok zihinsel ve el becerilerini içerir. Bu becerilerin bir kısmı bilimsel süreç becerileri kapsamında yer alır. Bunlar; gözlem yapma, sınıflandırma yapma, ölçüm yapma ve sayıları kullanma, tahminde bulunma, çıkarım yapma, bilimsel iletişim kurma, veri toplama, kaydetme ve yorumlama, hipotez kurma ve test etme, değişkenleri tanımlama ve kontrol etme, operasyonel tanımlama yapma, deney planlama ve yapma, model oluşturma becerileridir[1].

Gözlem Yapma Becerisi

Bu beceriye sahip öğrenciler duyularını kullanarak nesne ya da olayların özelliklerini belirleyebilir[1]. Okul öncesinde ve ilköğretimin ilk kademelerinde öğrencilere öğretilebilen bir becerilerdir. Öğrenciler aktif olarak katıldıkları fen etkinliklerinde beş duyu organını kullanarak, yani gözlem yaparak maddeden veri toplar. Fen alanlarındaki öğretmenler bir fen etkinliği sırasında öğrencilerinin gözlem becerisini geliştirmeleri için öğrencilerden şunları istemelidir[1]:

- Bir etkinlik malzemesini gözlemlerken, sanki o malzemeyi hayatınızda ilk defa görüyormuş gibi gözlemleyin. Tıpkı bir doğa yürüyüşünde çalıların arasında rastladığınız ve ilk defa gördüğünüz o ilginç nesneyi gözlemlediğiniz gibi. Bu nesneyi önce göz duyunuzla incelersiniz, zararsız olduğunu anladığınızda elinizle dokunmak istersiniz, koklarsınız, ses çıkarıyor mu diye sallarsınız, güvenli olduğuna deliliniz varsa tadına bakmak istersiniz.
- Nesne ve olayları gözlemlerken sadece göz duyunuzu değil aynı zamanda dokunma, koklama, işitme ve mümkünse tat alma (güvenlik önlemleri kapsamında) duyularınızı da kullanarak veri toplayın.
- Göz duyunuzla nesnelerden topladığınız şekil, renk ve parlaklık ile ilgili verilerinizi kaydedin. Bu veriler; herhangi bir geometrik şekle sahip (üçgen, silindir, kare vb.) veya herhangi bir geometrik şekle sahip değil, kırmızı, yeşil, mavi vb. renklerde, renkli desenli, parlak, sönük, berrak, bulutlu, parıltılı, kabarcıklı, aydınlık, yoğunluklu, sürekli yapıda, parçalı (kesikli) yapıda vb. olabilir.
- Dokunma duyunuzu kullanarak nesnelerin sıcaklığını, ıslak ve kuru olma durumunu, sertliğini yumuşaklığını belirleyin. Bu gözlemlerinizi pürüzlü, pürüzsüz/kaygan, soğuk, sıcak, ılık, serin, esnek, sivri (keskin), yumuşak, sert, çakılımsı, kabarık, kürk gibi, kademeli (ölçekli), pamuğumsu, çıkıntılı, yağlı, mum gibi, yapışkan, ıslak, kuru, nemli, kolayca ufalanan, krem gibi, camımsı, çentikli, yapış yapış, titrek vb. sözcüklerle ifade ederek kaydedin.
- Nesneleri koklayarak gözlemlerken nasıl bir kokuya sahip olduğunu belirleyin (güvenlik önlemleri kapsamında). Hoş bir koku, çiçeksi veya meyve kokulu, yoğun ya da hafif bir koku, is kokulu, rahatsız edici ya da iyi hissettiren bir koku şeklinde ifadelerle gözlemlerinizi kaydedin.
- İşitme duyunuzu kullanarak nesneleri gözlemleyin. Gözlemlediğiniz nesneyi sallayarak veya farklı yerlerini duvara veya masaya vurarak çıkan sesi gözlemleyin. Fazla sesli, orta sesli, az sesli, yüksek sesli, alçak sesli, keskin, donuk sesli, tıngırtı şeklinde, zil sesinde, boğuk sesli, berrak sesli, bir frekansı ya da ritmi var şeklinde ifadelerle gözlemlerinizi kaydedin.
- Şayet mümkünse, güvenlik önlemleri kapsamında gözlemlediğiniz nesnenin nasıl bir tada sahip olduğunu belirleyin. Tatlı, ekşi, acı, sert, etkili, etkisiz, yağlı yemek gibi, baharatlı, şurup gibi vb. şeklinde ifadelerle gözlemlerinizi kaydedin.
- Gözünüzün minimum algı sınırının altındaki nesneleri gözlemleyebilmek için mikroskop, üstündeki nesneleri görmek için teleskop kullanın.

Fen etkinliklerini aktif olarak yürüten öğrenciler yukarda verilen öneriler doğrultusunda gözlem becerisini etkin bir şekilde kullanabilir. Öğrencilerin bu beceriyi ne düzeyde kullandığı gözlem becerisine yönelik performans ölçme-değerlendirme ölçekleriyle değerlendirilir.

GÖZLEM BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Görme duyusu ile toplanan veriler	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Dokunma duyusu ile toplanan veriler	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Koklama duyusu ile toplanan veriler	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
İşitme duyusu ile toplanan veriler	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Tatma duyusu ile toplanan veriler	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Gözlem becerisine yönelik performans değerlendirme ölçekleri öğretmenler tarafından etkinliklere has niteliklerde de geliştirilebilir; ancak bu değerlendirmelerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta öğrencilerin sadece göz değil, mümkün mertebe birden çok duyu organlarıyla gözlem yapmaya teşvik etmek olmalıdır. "Gözlem" kelimesinin kökünde "göz" sözcüğü olduğundan öğrencilerimizin büyük çoğunluğu gözlemi sadece göz duyusuyla yapılan bir eylem olarak algılamaktadır[1]. Bu yanılgı etkinliklerde gözlem becerisinin öğrencilere sıklıkla kullandırılması ve bu tarz performans ölçekleri kullanılarak değerlendirilmelerin yapılması suretiyle giderilebilir.

Sınıflandırma Yapma Becerisi

Sınıflandırma özelliklerine göre olay ya da nesneleri gruplamaktır[1]. Varlık alemi aynılık ve teklik sıfatına sahip olmayıp; çokluk ve farklılıklar içindedir[2]. Bu durum insan zihninde sınıflandırma becerisini aktif hale getirir[2]. Örneğin bir çocuğun eline kırmızı bir top verirseniz (teklik) çocuğun zihninde sınıflandırma becerisini aktif kılacak herhangi bir durum söz konusu değildir. Çocuğa 6 adet özdeş kırmızı top verirseniz (aynılık) yine sınıflandırma yapabileceği bir durum oluşmaz. Ancak 4 adet yeşil 2 adet kırmızı özdeş toplar verirseniz, çocuk topları renklerine göre sınıflandırarak gruplara ayıracaktır. Sınıflandırma, Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre somut işlemler döneminde yani 7-11 yaş aralığında

başlayan zihinsel bir süreçtir[2, 3]. Tıpkı bir bilgisayarın hafızasında depolanmış klasörler gibi insan zihni de nesneleri ve olayları belli özelliklerine göre gruplandırarak zihninde ayrı ayrı klasörlere yerleştirir[2]. Küçük yaşlarda sınıflandırma becerisinin öğrencilerde geliştirilmesi onların ileriki yaşlarda daha karmaşık ve sistematik metotlarla sınıflandırmaları yapılmasını sağlar[2].

Fen etkinlikleri kapsamında öğrenciler gözlemlerine, ölçüm sonuçlarına, deney bulgularına dayanarak nesne veya olayları sınıflandırabilir. Sınıflandırma sonucu elde edilen bilgiler organize edilerek tablo, grafik vb iletişim araçları ile sunulabilir ve bu sunumun performansı aşağıda verilen ölçek ile değerlendirilebilir.

SINIFLANDIRMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Gözlem sonuçları/ölçüm sonuçları/ deney bulguları vb. dayanarak .....ile ilgili doğru sınıflama yapıldı.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Ölçüm Yapma ve Sayıları Kullanma Becerisi

Bu beceriye sahip öğrenciler uygun ölçüm araçları kullanarak sayı ve birimlerle nicel veriler elde edebilir, ölçümlerinden elde ettiği nicel verileri kullanarak hesaplama yapabilir ve uzay-zaman ilişkisi kurabilir[1]. Örneğin, ölçüm yapma ve sayıları kullanma becerisine sahip bir öğrenci geometrik bir cismin belli uzunluklarını cetvel kullanarak ölçebilir ve bu cismin hacmini veya belirli yüzey alanlarını hesaplayabilir. Geometrik olmayan cismin hacmini dereceli kaplar vasıtasıyla ölçebilir ve uygun birimlerle ifade edebilir. Benzer şekilde terazi kullanarak cisimlerin kütlelerini, dinamometre kullanarak cisimlerin ağırlığını, termometre kullanarak sıcaklığı, kronometre veya saat kullanarak zamanı, uzunluk ölçer kullanarak mesafeleri ölçebilir. Bu beceri erken okul çağlarında fen derslerinde uygulanan keşfetme etkinlikleri boyunca kazanılan deneyimlerle gelişir. Öğrencilerin bu beceriyi ne düzeyde kullandığı, bir örneği aşağıda verilen performans ölçme-değerlendirme ölçeği ile değerlendirilir.

ÖLÇÜM YAPMA VE SAYILARI KULLANMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME			
Uygun ölçme aletini belirleme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Ölçme aracından doğru sayıları okuma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Sayıları doğru birimlerle belirtme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Gerekirse ölçüm sayılarını farklı birimlere çevirme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Gerekirse ölçüm verilerinden doğru matematiksel bağıntılarla hesaplama yapabilme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Tahminde Bulunma Becerisi

Tahminde bulunma, öğrencilerin eski deneyim ve gözlemlerinden yararlanarak bir olayın ya da değiştirilen bir durumun sonunu önceden sezinlemeleri ile ilgili bir beceridir[1]. Fen etkinlikleri sırasında ara sorular ile öğrenciler tahmin etmeye teşvik edilir. Etkinlik aşamalarının arasına yerleştirilen şu tarz sorular öğrencilerin tahminde bulunma becerilerini kullanmalarını ve geliştirmelerini sağlar:

- Yüklü iki ebonit çubuk birbirine yaklaştırıldığında ne olur? Tahmin ediniz. Daha sonra yüklü iki ebonit çubuğu birbirine yaklaştırarak gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı tahmininiz ile karşılaştırınız.
- Cisim çukur aynanın odağından merkezine doğru uzaklaştırılırsa görüntü sizce nasıl olur? Tahmin ediniz. Daha sonra cismi odak noktasından merkeze doğru uzaklaştırarak görüntünün büyüklüğünü gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı tahmininiz ile karşılaştırınız.
- Zeytinyağı ve su karıştırıldığında ne olur? Tahmin ediniz. Daha sonra zeytinyağı ve suyu karıştırarak karışımı gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı tahmininiz ile karşılaştırınız.

Tahminde bulunma becerisi değerlendirilirken şu hususa dikkat edilmelidir: Tahmin doğru veya yanlış olabilir. Tahminin yanlış olması öğrencinin o beceriyi kullanamadığı anlamına gelmemelidir.

TAHMİN BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
…… ile ilgili tahinde bulunma	10 puan (tam)	0 puan	
…….ile ilgili gözlem yapma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Tahmin ve gözlemini karşılaştırma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Çıkarım Yapma Becerisi

Çıkarım becerisine sahip öğrenciler gözlem ve verilere dayanarak bir olayın nedenleri ile ilgili tahmini açıklamalarda bulunur[1]. Fen etkinlikleri öğrencilerin çıkarım becerisini geliştirmek için oldukça önemli fırsatlar sunar. Tahminde bulunma becerisi ile çıkarım yapma becerisi birbirinden farklıdır. Örneğin "Tahminde Bulunma Becerisi" başlığı altında verilen örnekler üzerinden çıkarım yapma becerisini inceleyelim:

- Yüklü iki ebonit çubuğu birbirine yaklaştırarak gözlemleyiniz. Gözlemlediğiniz bu etkileşimin sebeplerine ilişkin fikirleriniz nelerdir?
- Cismi çukur aynanın odak noktasından merkeze doğru uzaklaştırarak görüntünün büyüklüğünü gözlemleyiniz. Görüntünün büyüklüğünde gözlemlediğiniz bu değişimin sebebi nedir? Düzlem aynada görüntü oluşumunu düşünerek fikrinizi açıklayabilirsiniz.
- Zeytinyağı ve su karışımını gözlemleyiniz. Gözlemlediklerinizin sebebi ne olabilir?

Tahminde bulunma becerisinde olduğu gibi öğrenci çıkarımları doğru veya yanlış olabilir. Ancak öğrencilerin yanlış çıkarımlardan doğru açıklamalara ulaşmaları sağlanmalıdır. Bu bazen farklı fen etkinlikleri ile bazen de fen kavram ve ilkelerinin açıklanmasıyla gerçekleşebilir. Fen etkinliklerini yürüten öğrenciler, çıkarım yapma becerilerini kullanmaya teşvik edilmeli ve öğrencilerin bu becerileri ölçülerek değerlendirilmelidir.

ÇIKARIM BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
…… ile ilgili çıkarım yapma	10 puan (tam)	0 puan	
…….ile ilgili çıkarımın doğruluğunu test etme, doğru açıklamalara ulaşma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Bilimsel İletişim Kurma Becerisi

Bilimsel iletişim kurma becerisine sahip öğrenciler araştırmalarını yazılı ya da sözlü olarak ifade edebilir; yazılı sunumlarını gerektiğinde grafik, tablo, diyagram, semboller, matematik eşitlikler, görsel içerikler ile zenginleştirebilir ve sunumu için bilgisayar teknolojilerini kullanabilir[4, 5]. Fen alanlarındaki öğretmenler, öğrencilerinin etkileyici bilimsel iletişim kurabilmeleri için şu önerileri dikkate almalıdır ve bu öneriler kapsamında öğrencilerin *bilimsel iletişim kurabilme performansını* değerlendirmelidir[4]:

- İletilenlerin açık ve doğru olması, şüpheli ve belirsiz olmaması gerekir.
- İletilenlerde, uygulanmış ve geliştirilmiş bilimsel süreçler kullanılmış olmalıdır.
- Bilimsel iletişim kurma becerilerinin gelişmesi için yazım, anlatım kadar önemlidir. Bu nedenle, uygun çalışma yaprakları hazırlanarak öğrencilerden etkinlikler boyunca ne çalıştıkları, neler yaptıkları, neler gözlemledikleri ve ne öğrendiklerini yazmaları istenmelidir.
  - Öğrencilerin etkinliklerle elde ettikleri verileri veya bulguları gerektiğinde uygun grafik, tablo, diyagram, semboller, matematik eşitlikler, görsel içeriklerle ifade etmelerine öğrencileri teşvik edin.
  - En iyi çalışmalarını bilgisayar teknolojilerini kullanarak sunum haline getirmelerini öğrencilerden isteyin ve her öğrenci/öğrenci grubunun sunumlarını sınıfta veya okulda paylaşmalarına fırsat verin. Bunun için sınıf veya okulda farklı katılımcıların (veli, idare vb.) dâhil olduğu organizasyonlar düzenleyin.

BİLİMSEL İLETİŞİM KURMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Araştırmanın sözlü ifade edilmesi	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Araştırmanın yazılı ifade edilmesi	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Bilgisayar teknolojilerinin kullanılarak sunum hazırlanması	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Veri Toplama, Kaydetme ve Yorumlama Becerisi

Bu beceriye sahip öğrenciler fen etkinliklerinde çeşitli metotlarla veri toplar, verileri yazılı olarak kaydeder, bu verileri gerektiğinde grafik, tablo, diyagram, vb. haline dönüştürerek mantık dokusunu oluşturup yorumlayarak akla uygun sonuçlara ulaşır[5]. Temel düzeyde öğrenciler gözlem ve ölçüm sonuçlarından veri

toplayabilir. Daha ileri düzeyde öğrenciler, oluşturdukları bir hipotez ışığında değişkenleri belirler, bazı değişkenleri kontrol altına alarak, deneyler yapar. Deney sırasında bazı ölçümlerden ve gözlemlerinden veri elde eder. Öğrencilerin topladığı veriler nitel veya nicel veriler olabilir. Nicel veriler sayı ve birim ile ifade edilirken (2 kg'lık madde, 3 litre'lik sıvı, 20 °C'lik sıcaklık, 10 m/saniye'lik hız, 2 km'lik yol vb gibi.), nitel veriler nesne veya olayların nitel özellikleri (renk, koku gibi) ile ilgili verilerdir. Fen etkinliklerinde toplanan veriler daha çok niceldir. Öğrenciler bu verileri ölçüm yaparak toplar, gerektiğinde ölçüm yaparak topladıkları verilerden değişik hesaplamalarla türetilen nicel veriler de elde ederler. Öğrencilerin veri toplama, kaydetme ve yorumlama becerileri şu performans ölçme-değerlendirme ölçeği ile değerlendirilebilir:

VERİ TOPLAMA, KAYDETME ve YORUMLAMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Araştırmaya uygun metotlarla veri toplama ve kaydetme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Verileri grafik, tablo vb. organize etme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Verileri yorumlama ve sonuç çıkarma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Operasyonel Tanımlama Yapma Becerisi

Operasyonel tanımlama yapma becerisine sahip öğrenciler, temel düzeyde gözlem ve ölçüm bulguları ile ilgili, daha ileri düzeyde yürüttükleri deneylerin bulguları ilgili bilimsel terminolojiyi kullanarak tanımlamalar yapar[(1), (5)]. Öğrencilerin bu becerisi aşağıda verilen performans ölçme-değerlendirme ölçeği ile değerlendirilebilir:

OPERASYONEL TANIMLAMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
…….. araştırması (gözlem/ölçüm/ deney bulguları vb.) ile ilgili bilimsel terminoloji kullanılarak doğru tanımlamalar sözlü ve yazılı olarak yapıldı.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Model Oluşturma Becerisi

Model oluşturma becerisine sahip öğrenciler mikro ya da makro olayları açıklayabilmek için model oluşturabilir[1], [5]. Fen alanlarında bazı olaylar gözlemlenerek veya deneyler yürütülerek yani doğrudan keşfedilerek öğrenilemez. Bu olaylarla ilgili öğrencilerin doğru bilgiyi kazanmaları ve bu bilgiler ışığında öğrencilerden model oluşturmaları beklenir. Model oluşturma ile ilgili uygulamalar gözlemlenemeyen olaylarla ilgili soyut kavramların öğrenci zihninde somutlaşmasına olanak verir. Bu beceri şu tarz bir ölçek ile değerlendirilebilir:

MODEL OLUŞTURMA BECERİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
…….. mikro/makro olayı ile ilgili doğru bilgileri sözlü ve yazılı olarak ifade etme	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
…….. mikro/makro olayı ile ilgili model oluşturma	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Hipotez Kurma ve Test Etme, Değişkenleri Tanımlama ve Kontrol Etme, Deney Planlama ve Yapma Becerileri bir sonraki bölümde "Bilimsel Muhakeme Becerileri" kapsamında incelenecektir.

KAYNAKLARI

1. Eren, E., Dökme, İ. (2018). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarinin Gözlem Yapabilme Becerilerinin Değerlendirilmesi. Current Academic Studies in Education Sciences, ISBN: 978-9940-540-47-0 Ivpe Cetinje, Montenegro.
2. Dökme, İ., Gödek, Y., Ünlü, Z. K., Yüzüak,A.V. (2019). Bilimsel Muhakeme Becerileri ile Düşünme Sanatı, ISBN : 978-605-170-281-0, Anı Yayıncılık, Ankara.
3. Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking (Second edition). Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
4. Dökme, İ., Ozansoy, Ü. (2004), Fen Öğretiminde Bilimsel İletişim Kurabilme Becerisi, XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı, https://pegem.net/dosyalar/dokuman/235.pdf.
5. İ. Dökme (2005). Milli Eitim Bakanlı MEB lköretim 6 Sınıf Fen Bilgisi Ders Kitabının Bilimsel Süreç Becerileri Yönünden Değrlendirilmesi. *İlköğretim Online*, 4(1), 7-17.