

FEN EĞİTİMİNDE BİLİM ve MÜHENDİSLİK UYGULAMASI: FIRILDAK ETKİNLİĞİ

Ayşe Savran Gencer*

ÖZET

Son yıllarda, fen eğitiminde temel olarak dört alandan oluşan Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) eğitimi yeni bir yaklaşımdır. Mühendislik uygulamaları odaklı FeTeMM eğitimi bu disiplinlere ait bilgi ve becerilerinin ayrı ayrı öğrenilmesi yerine bütünlük bir şekilde öğrenilmesinin daha etkili olacağını ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı, fııldak etkinliği ile bilim ve mühendislik uygulamaları arasındaki temel farkları ortaya koymaktır. Fııldak etkinliği öğrencilerin bilimsel bir soruyla başlayarak sorgulama yapabilecekleri, bilimsel sorgulama basamaklarında değişkenleri belirleyip kontrol edebilecekleri, sorgulamayı tekrar tekrar test edebilecekleri, verileri analiz edebilecekleri ve sunabilecekleri bilgi ve becerileri içeren bir bağlam oluşturmaktadır. Bilimsel sorgulama basamakları içeren fııldak etkinliğine mühendislik uygulaması boyutu eklenerek, mühendislik tasarım sürecinin temel ilkeleri yansıtılmıştır. Bilim ve mühendislik uygulaması içeren fııldak etkinliğinden beklenen çıktılar, ülkemizde 2013 yılında yeni güncellenen Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının vizyonu ve hedefleri ile büyük oranda örtüşmektedir. Bu etkinlik, birinci elden bilim ve mühendislik deneyimleri yaşayan öğrencilerin yeni programın vizyonunda tanımlanan fen okuryazarı bireyler olarak fen bilimlerine ilişkin bilgi, beceri, olumlu tutum, algı ve değerleri kazanmalarının yanı sıra fen bilimleri alanında kariyer bilinci geliştirmelerine de katkıda bulunacaktır.

Anahtar kelimeler: FeTeMM eğitimi, bilim uygulamaları, mühendislik uygulamaları

SCIENTIFIC and ENGINEERING PRACTICES in SCIENCE EDUCATION: TWIRLY ACTIVITY

ABSTRACT

All four content areas in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education has been overviewed as a new approach in science teaching over the last few years. STEM education with the focus

* Yrd. Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi, asavran@pau.edu.tr

on the engineering design practices emphasizes integrated learning of science, technology, engineering, and mathematics' knowledge and skills instead of learning as a separate subject each of them. The study aims to discriminate science and engineering practices by using twirly activity. Twirly activity can provide students a context to understand about inquiry that a scientific investigation begins with a question and skills for doing a scientific investigation, such as generating a scientific question, controlling variables, repeating an investigation, and analyzing and presenting data. The outcomes of twirly activity with science and engineering practices converge with the vision and the goals of recently revised Science Teaching Curriculum in Turkey in 2013. The students who involve in the first hand science and engineering practices will develop better scientific understanding, skills, attitudes and values resulting in increasing interest to science and science related occupations as overlapped in the new program vision and goals to become a scientifically literate individual.

Keywords: STEM education, scientific practices, engineering practices

GİRİŞ

Son yıllarda fen eğitiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) eğitimi yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmakta ve özellikle Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D)'nde büyük bir devinimle bu reform sürdürülmeye çalışılmaktadır (Dugger, 2010). Temel olarak mühendislik tasarım uygulamaları odaklı fen öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına ait bilgi ve becerilerin bütünleştirilmesini savunan FeTeMM eğitimi; öğrencileri bir mühendis gibi farklı disiplinler arasında bir iş birliğine yönelterek, iletişime açık, sistematik düşünebilen, yaratıcı,

etik değerlere sahip ve problemlere en uygun çözümü bulabilecek bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlar (Bybee, 2010; Dugger, 2010; Guzey, Thank, Wang, Roehrig ve Moore, 2014; Rogers ve Porstmore, 2004).

FeTeMM eğitimi, inovasyon kabiliyetine sahip bir nesil yetiştirme amacı güden ülkelerin gündeminde yer almaktadır (Bybee, 2010). Nitekim ABD'de yeni güncellenen *Gelecek Nesil K-12 Fen Standartlarının dayandırıldığı* (NGSS, 2013) Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC], 2012) tarafından geliştirilen *K-12 Fen Eğitimi İçin Bir Çerçeve: Uygulamalar*,

Enine Kavramlar, Öz Alanlar hem uygulama hem de kapsam olarak mühendislik eğitiminin önemine geniş yer vermektedir. Bu çerçevede vurgulanan mühendislik eğitiminin amacı, mühendislik uygulamalarını yoğun olan fen programlarının içeriğine ek olarak getirmekten ya da fen derslerini mühendislik derslerine dönüştürmekten ziyade, bu uygulamaların tamamen iç içe olması gerektiğidir. Bunun için; birinci yol mühendislik öğrenme amaçlarının ilgili olduğu diğer öğrenme alanları amaçları içine yerleştirilmesi, ikinci yol ise temel mühendislik uygulamalarının diğer öğrenme alanlarıyla örtüştürülmesidir (Brunsell, 2012; Guzey ve ark., 2014). FeTeMM eğitiminin yansımalarını ülkemiz ölçeğinde değerlendiren çalışmalar hızla artmaya başlamış, özellikle yeni güncellenen K-12 fen eğitimi programında vurgulanan reformları gerçekleştirebilecek alan öğretmen eğitiminde bütünlük öğretmenlik bilgisine dikkat çekilmektedir (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014; Marulcu ve Sungur, 2012).

Kavramsal çerçevede (NRC, 2012) vurgulanan diğer bir yenilik ise *bilimsel sorgulama* yerine; bilimsel bilgi ve bilimsel sorgulama için gerekli olan becerilerin birlikte kullanımı gerektiren, daha genel bir

kavram olan *bilim uygulamalarının* kullanılmasıdır (Bybee, 2011). Bilimsel bilginin, bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarım süreçleriyle yoğrulmasını gerektiren bilim ve mühendislik uygulamaları, fen öğretiminde etkinliklerin tasarlanmasında eşit öneme sahip olmalıdır (Capobianco ve Rupp 2014; Guzey, Harwell ve Moore, 2014). Bu değişim, fen öğretimi ve öğrenme stratejilerinin genişletilmesi ve derinleştirilmesi anlamına gelmektedir (Bybee, 2011).

Kavramsal çerçevenin (NRC, 2012) birinci boyutunu oluşturan bilim ve mühendislik uygulamaları sekiz ortak basamakta tanımlanmıştır. Bu basamakların bilim ve mühendislik uygulamalarındaki işleyişi büyük oranda birbirine benzer ve tamamlayıcı özellikte olmasına rağmen, bazı basamaklardaki farklı ileyişyle bilim ve mühendislik uygulamalarını ayırt edici bir role sahiptirler. Bilim ve mühendislik uygulamaları arasındaki temel bir fark, birinci basamak olan problem durumunun belirlenmesidir. Bunun nedeni, bilim ve mühendislik uygulamalarının farklı amaçlara sahip olmasıdır. Bilim, olgularla ilgili soru sormakla (merakla) başlarken örneğin, “Gökyüzü neden mavidir?” ya da “Kanserin

nedenleri nelerdir?"; mühendislik ise insanlığın bir ihtiyaç ya da isteğinden doğan bir problemin tanımlanmasıyla başlar örneğin "Bir ülkenin fosil yakıtlara bağımlılığını nasıl azaltabiliriz?" (Brunsell, 2012; Bybee, 2011; NRC, 2012).

Bilim ve mühendislik problem durumları, sınırlılık ve ölçütler açısından da farklılık gösterir. Bilimsel araştırma sorularında herhangi bir sınırlama ve ölçüt yoktur. Örneğin, "Helyum balonları neden yükselir?" genel bir hedefe sahip bilimsel bir araştırma sorusudur, fakat "Renkli helyum balonlarından hangisi en güzel?" sorusu bir ölçüt içerdiğinden bilimsel bir araştırma sorusu değildir. Mühendislik uygulamaları ise sınırlılık ve ölçüt içeren bir problemin tanımlanmasını gerektirir. Örneğin, "Otomobillerin yakıt verimliliğini nasıl artırabiliriz?" arabaların daha az yakıt kullanması ölçütünü içeren, spesifik odaklı bir mühendislik sorusudur (Bybee, 2011; Lederman ve Lederman, 2013; NRC, 2012). Ayrıca, mühendislik uygulamalarında sorulan sorular problemin tanımlanmasını, ölçütlerin ve sınırlılıkların belirlenmesini kolaylaştırır, örneğin "Problemin ortaya çıkmasındaki ihtiyaçlar nelerdir?", "İyi bir çözüm için ölçütler nelerdir?" ve

"Sınırlılıklar nelerdir?" (NRC, 2012).

Uygulamadaki bir diğer önemli fark ise; bilim uygulamalarının araştırma sorusuna, delillere dayalı bir açıklama getirerek sürece odaklı yeni teorilerin (açıklamaların) ortaya çıkmasını sağlarken, mühendislik uygulamalarının tanımlanan problemlerin çözümünde sonuca odaklı yeni ürün ya da tasarım ortaya koymasındadır (Bybee, 2011; Lederman ve Lederman, 2013). Yukarıda verilen fosil yakıtla ilgili örnek mühendislik sorusunda olduğu gibi, bir ülkenin fosil yakıt kullanımının azaltılması, daha verimli taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ya da alternatif enerji kaynağı olarak güneş panellerinin kullanılması gibi birçok yeni mühendislik problemlerinin ve ürünlerinin ortaya çıkmasına neden olur (NRC, 2012).

Bilim ve mühendislik uygulamalarında modellerin geliştirilme ve kullanım amacı da farklı olabilir. Bilimsel uygulamalarda, geliştirilen modeller bir olgu ile ilgili açıklamaların simulasyonunda ve hayal edilmesinde kullanılırken, mühendislik uygulamalarında tasarım çözümlerinin test edilmesinde kullanılır. Benzer şekilde bilim ve mühendislik uygulamalarının diğer basamakları olan; sorgulamanın planlanması ve

gerçekleştirilmesi, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması, verilerin analizinde matematik ve bilgisayar kullanılması, bulguların elde edilmesi, değerlendirilmesi ve paylaşılması mühendislik uygulamalarında tasarım çözümlerine odaklıdır (Bybee, 2011; NRC, 2012).

Bu çalışmanın amacı, Türkçeye uyarlanan fırıldak etkinliği ile bilim ve mühendislik uygulamaları arasındaki temel farkları ortaya koymaktır. Fırıldak etkinliğinin Türkçeye uyarlanmasında, Illinois Teknoloji Enstitüsü'nde görevli Prof. Dr. Norman Lederman ve Doç. Dr. Judith Lederman tarafından yürütülen, 2013 yılı yaz dönemi öğretmen çalıştaylarından elde edilen gözlem notları, sunumlar ve yazılı kaynaklar kullanılmıştır (Lederman ve Lederman, 2013; Twirly activity, 2014).

Fırıldak etkinliği bilimsel bir sorgulamanın nasıl yapılabileceğini gösteren, öğrencilere bilimsel bir soruyla başlayarak sorgulama yapabilecekleri, bilimsel sorgulama basamaklarında değişkenleri belirleyip kontrol edebilecekleri, sorgulamayı tekrar tekrar test edebilecekleri, verileri analiz edebilecekleri ve sunabilecekleri bir bağlam

oluşturmaktadır (Twirly activity, 2014). Bu etkinlikte vurgulanan bilimsel sorgulamanın özellikleri aşağıda verilmiştir.

- “Bilimsel sorgulama soru (merak) ile başlar fakat her zaman bir hipotez test etmez.
- Bilimsel sorular, izlenen bilimsel yöntemi şekillendirir.
- Bütün araştırmalarda izlenen, tek ya da doğru bir bilimsel yöntem yoktur.
- Aynı yöntemi izleyen bilim insanları farklı sonuçlara ulaşabilir.
- İzlenen yöntemler sonuçları etkileyebilir.
- Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmalıdır.
- Bilimsel veriler ile kanıt/delil aynı değildir.
- Bilimsel açıklamalar delillere ve önceden var olan bilgilere dayalıdır.” (Lederman ve ark., 2014, s.67).

Bilim ve mühendislik uygulaması içeren fırıldak etkinliğinden beklenen çıktılar, ülkemizde 2013 yılında yeni güncellenen Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının vizyonu ve hedefleri ile büyük oranda örtüşmektedir. Bu etkinlikle, bilim ve mühendislik deneyimleri yaşayan öğrencilerin yeni programın vizyonunda tanımlanan fen okuryazarı bireyler olarak fen bilimlerine ilişkin bilgi, beceri, olumlu tutum, algı ve değerleri

kazanmalarının yanı sıra fen bilimleri alanında kariyer bilinci geliştirmelerine de katkıda bulunacaktır.

Yeni fen programının uygulanmasıyla ilgili esaslarda sorgulamanın, küçük yaşlarda “yapılandırılmış araştırma-sorgulama” ile başlayarak üst sınıflara doğru gelişimsel olarak “rehberli araştırma ve açık uçlu araştırma-sorgulama”

yaklaşımlarına doğru olması gerektiği vurgulanmaktadır (MEB, 2013, s. VII). Bu açıdan değerlendirildiğinde, fırlıdaki etkinliği bu çalışmadaki uygulama şekliyle rehberli araştırma-sorgulama

kategorisinde yer almaktadır. Bunun nedeni; etkinliğin birinci aşamasında farklı sorularla öğrencilere problem hissettirilmesine rağmen, ikinci basamakta test edilmek üzere öğretmenin öğrencilere “Fırlıdaki büyüklüğü değiştiğinde hareketi/hızı nasıl değişir?” araştırma sorusunu yönelterek problem durumunu vermesidir. Bundan sonraki aşamalarda ise izlenen yöntem ve ulaşılabilecek sonuçta katılımcılar karar vermişlerdir. Dolayısıyla, fırlıdaki etkinliği problemin belirlenmesi açısından kapalı uçlu, izlenen yol ve ulaşılabilecek sonuç açısından açık uçlu bir sorgulama içermektedir. (Lederman ve Lederman, 2013).

Yeni programda yer alan “Beceri” öğrenme alanı, “Bilimsel süreç becerileri” alt başlığı altında; “gözlem yapma, ölçme, sınıflama, verileri kaydetme, hipotez kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, deney yapma gibi bilim insanlarının çalışmaları sırasında kullandıkları becerileri kapsamaktadır.” (MEB, 2013, s.V). Fırlıdaki etkinliği bu kapsamda değerlendirildiğinde, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanmalarına ve geliştirmelerine olanak sağlayacak bir öğrenme ortamı oluşturmaktadır. Ayrıca, yeni programda “Fen-Teknoloji-Toplum-Çevre” öğrenme alanı, “Bilimin Doğası” alt alanında yer alan unsurlar, fırlıdaki etkinliği ile ilişkilendirilerek vurgu yapılabilir. Öğrencilerin seviyelerine ve ön-bilgilerine göre bilimin doğası unsurlarından; bilimsel bilginin değişebilir olma, hayal gücü ve yaratıcılık içermesi, öznel olma, gözlem ve çıkarım farklılığı, kanun ve teori farklılığı, olgusal olma, sosyal ve kültürel olma özellikleri açık bir şekilde vurgulanabilir (Lederman ve ark., 2002).

Fırlıdaki etkinliğinin basit malzemeler gerektirmesi ve sınıf ortamında kolay uygulanabilir olması, programın uygulama

esalarında vurgulanan bir diğer nokta olan “araştırma-sorgulama sürecinde yapılacak olan etkinliklerde, kolay ulaşılabilen, maliyeti düşük, kullanımı kolay ve güvenlik açısından risk oluşturmayacak araç, gereç ve malzemelerin kullanılması” önerisine de uygun düşmektedir (MEB, 2013, s. VII).

Fırıldak etkinliği, ortaokul seviyesinde 7. Sınıf düzeyinde Kuvvet ve Enerji/Fiziksel Olaylar ünitesinde; kütle, ağırlık, katı basıncını etkileyen faktörler, potansiyel enerji, kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisi, enerjinin korunumu ve sürtünme kuvveti kavramlarıyla ilgili aşağıdaki kazanımlarda uygulanabilir.

“7.2.2.1. Katı basıncını etkileyen değişkenleri [yüzey alanı] deneyerek keşfeder ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz eder.

7.2.3.2. Enerjiyi iş kavramı ile ilişkilendirir, kinetik ve potansiyel enerji olarak sınıflandırır.

7.2.4.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüştüğünü örneklerle açıklar ve enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.

7.2.4.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.

a. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisinin örneklendirilmesine sürtünmeli

yüzeyler, hava direnci ve su direnci dikkate alınır.” (MEB, 2013; s.32).

ETKİNLİĞİN UYGULANMASI

Bilim ve mühendislik uygulaması olarak Türkçeye uyarlanan fırıldak etkinliğinin pilot uygulaması; Tekirdağ ili, Saray ilçesinde bulunan bir ortaokulunda öğrenimine devam eden 7. sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Uygulama için 30 öğrenciden oluşan sınıf altı gruba bölünmüştür. Etkinliğin uygulama süresi üç ders saati olup aşağıda tanımlanan her basamak için ortalama 15-20 dakika gerekmektedir. Bu süreçteki uygulama basamakları EK-2’de boş, EK-3’de ise örnek bir grup öğrenci tarafından doldurulmuş olarak verilmiştir. Bu basamaklar, araştırmacının gözlemleri ve diğer grupların cevapları da dikkate alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

1) Bilimsel süreç, soru sormakla başlar. Grup olarak gerçekleştirilen etkinliğin birinci adımında, fırıldak yapımı için bütün gruplara aynı boydan oluşan kâğıt kalıplar verilir (EK-1, Şekil 2). Bu kalıplar, EK-1, Şekil 1’de gösterildiği gibi katlanır ve bir fırıldak elde edilir. Öğretmen, fırıldakı tamamlayan gruplardan, bunları kulakçıklarından tutarak belirli bir yükseklikten bırakarak

uçurmayı denemelerini ister. Fırılacağı uçan gruplar eğlenmeye başlar. Bu noktada, eğlencenin bilime dönüşebilmesi için, öğretmen bilimsel sorular sormaya başlar ve benzer şekilde öğrencilerin de bilimsel sorular oluşturmaya olanak sağlar. Örnek soru olarak öğretmen, “Fırıldak nasıl hareket ediyor?” ve “Neden döne döne iniyor?” sorularını sorduğunda; öğrenciler, “Önce düşey olarak inmeye başlar, sonra sarmal hareket ederek yere iner.” cevabını vermişlerdir. “Bir şeyi değiştirirsek ne gözlemleriz?” sorusuna ise öğrencilerden, “Kulakçıkların yönü ters katlanırsa hareketin yönü değişir.” açıklaması gelmiştir. Bunun üzerine öğretmen kulakçıkları ters yöne katlayarak bütün grupların bu hipotezi test etmelerini ister. Kulakçıkların yönü ters katlanarak fırıldaklar tekrar uçurulduğunda ise öğrencilerin gözlemleri, “Fırıldak birinci durumda saat yönünde aşağı inerken, ikinci durumda saat yönünün tersi yönde inmeye başlar.” olmuştur. Benzer şekilde, “Farklı yükseklikten bırakırsak fırılmanın hızı nasıl etkilenir?” sorusu da, farklı yükseklikten bırakılan fırıldaklarla test edilir. Öğrencilerin gözlemleri, “Daha yüksekten bırakılan fırıldaklar daha uzun sürede yere inerken, alçaktan bırakılanlar ise

dönmelerine zaman kalmadan daha kısa sürede yere iner.” olmuştur.

2) Bilimsel süreçte sorgulama yapılır. Bu basamakta, değişkenleri değiştirerek çıktılarını gözlemleyebileceğimiz ve değişkenleri test edebileceğimiz bilimsel sorgulama gerçekleşir. Burada, öğrencilere “Neleri değiştirebiliriz?” sorusu sorulduğunda, öğrencilerin verdiği değişkenler arasında “yükseklik, şekil/büyüklik, kütle, materyalin cinsi, basınç ve yoğunluk” yer almaktadır. Öğretmen, “Fırılmanın büyüklüğü değiştirildiğinde hareketi nasıl değişir?” sorusunu yönelterek, öğrencilerden bu değişkenlerden büyüklüğü test etmelerini ister. Bunun için; EK-1, Şekil 3’de gösterilen aynı şeklin büyük ve küçük formlarının olduğu kâğıt kalıplar gruplara verilerek, fırıldak büyüklüğünün fırıldak hareketi üzerindeki etkisini test etmeleri istenir. Resim 1, farklı boyuttaki fırıldakların bir grup tarafından test edilmesini gösteriyor.



Resim 1. Farklı boyuttaki fırladıkların test edilmesi

Zaman ve imkân olduğunda katılımcıların diğer değişkenleri de test etmeleri sağlanabilir. Örneğin, öğrenciler farklı tip kâğıtlardan yapılmış fırladıkların, farklı kütlelerdeki fırladıkların ve farklı kanat yapısındaki fırladıklarının yere düşme süresini karşılaştırabilirler. Denemeler suyun içinde ya da vakumlu bir ortamda yapıldığında ise yoğunluk değişkenini test edilebilirler.

3) Bilimsel sorgulamanın özelliklerine vurgu yapılır. Bilimsel sorgulamanın soru (merak) ile başladığı, fakat her zaman hipotez test etmediği vurgulanır. Bilimsel soruların izlenen yöntemi şekillendirdiğine dikkat çekilir; bunun için grupların farklı büyüklükteki fırladıklarını denerken, değişkenleri kontrol etmek için farklı kararlar aldığı söylenir. Örneğin, fırladıkların hepsini aynı yükseklikten yere bırakma, fırladık kulakçıklarının aynı yönde olması, kulakçıkların seviyesinden ya da alttan hiza alma, fırladığın kulakçıkların birleştirilerek ya da ayırık başlama, bazı gruplarda denemeyi bir kişinin fırladıkları aynı anda bırakarak yapması, bazı gruplarda ise Resim 1’de olduğu gibi farklı kişilerin

fırladıkları aynı anda bırakması gibi. Dolayısıyla grupların aynı araştırma sorusunu test etmede farklı yöntemler kullandığı, bunun da onları farklı sonuçlara götürebileceği vurgulanır. Buradan, bilim insanlarının da benzer şekilde çalıştıkları aynı araştırma sorusu için farklı yöntemler takip edebilecekleri ve farklı sonuçlara ulaşabileceklerine vurgulanır. Ya da, aynı yöntemi izleyen bilim insanlarının farklı sonuçlara ulaşabileceğine vurgu yapılır. Bilimsel sorgulamanın, tek doğru bir yöntem ya da prosedür yoktur, izlenen yol sonuçları etkileyebilir, bilimsel veriler ile delil aynı değildir, bilimsel açıklamalar delillere ve önceden var olan bilgilere dayalıdır özelliklerine de açık bir şekilde vurgu yapılır.

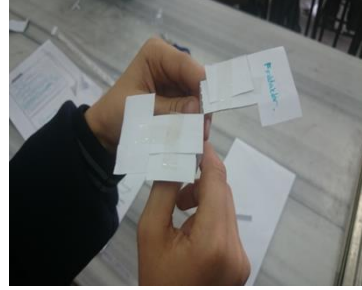
Uygulama sürecinden örnekler verilerek bilimin doğası unsurlarına da açık bir şekilde vurgu yapılabilir. Örneğin, grupların aynı araştırma sorusunu test etmede farklı yöntemler kullandığı, bunun da onları farklı sonuçlara götürebileceği ya da aynı yöntemi izleseler bile farklı sonuçlara ulaşabilecekleri vurgulanarak; bilimsel bilginin öznel olma, hayal gücü ve yaratıcılık içerdiği, gözlem ve çıkarıma dayanma, deneysel/olgusal olma, değişebilir olma, sosyal ve

kültürel ortamla etkileşim içinde olma gibi özelliklerini etkinlikle ilişkilendirmeleri sağlanabilir.

4) Fırıldak etkinliği fen ve matematik içeriği ile ilişkilendirilir. Öğrenciler okul öncesi ve ilköğretimde ise uçma, yerçekimi, yüzey alanı gibi kavramlarla; ortaokul ise kütle ve ağırlık, katı basıncını etkileyen faktörler (yüzey alanı), potansiyel enerji, kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisi, enerjinin korunumu ve sürtünme kuvveti (hava direnci), lise ya da yükseköğretimde ise; serbest düşme, ağırlık merkezi, hız, limit hız, ivme, hava direnci, aerodinamik ve uçuş teorisi gibi fizik kavramlarıyla; bu kavramlar kuşlarda kanat ve tüy yapısı ya da uçuş adaptasyonları gibi daha üst düzey biyoloji kavramlarıyla ilişkilendirilebilir. Matematikte ise kanat kesiti şeklinin, genişliğinin ve uzunluğunun belirlenmesi alan ve ölçme kavramlarıyla; kanatların katlanması açı kavramıyla; kanatların benzerliği simetri kavramıyla; fırılmanın belirli bir yerden bırakılması yükseklik kavramı ve yüksekliğin ölçümü ile ilişkilendirilebilir.

5) Bilim uygulamasından mühendislik uygulamasına geçilir. Mühendislik uygulaması sorusu/problemi ölçüt ve limit içerir. Mühendislik sorusu “Fırılmanın büyüklüğünü

değiştirmeden nasıl daha yavaş/hızlı yapabiliriz?” olarak belirlenir. Bunun için bütün gruplardan, bir önceki basamakta verilen farklı boyutlardaki fırıldaklardan aynı boyutta olanı kullanmaları sağlanarak; bazı grupların daha yavaş, bazı grupların ise daha hızlı modeller tasarlamaları istenir. Bunun için gruplara ataç, zımba teli, bant, balon, poşet gibi basit malzemeler sağlanır. Resim 2, Fırıldaklar grubunun bu basamakta daha yavaş olması için tasarladığı fırıldak üzerinde yaptıkları değişimleri göstermektedir.



Resim 2. Fırıldak tasarımı

Gruplar etkinliği tamamladıklarında, en hızlı ve en yavaş fırılacağı belirlemek için her gruptan bir kişi yeni tasarladıkları fırılacağı diğer gruplardakilerle karşılaştırmak üzere aynı anda bırakarak denemeler yaparlar. Bu basamakta, bilimsel araştırma sorusu ile mühendislik araştırma sorusu arasındaki farklara vurgu yapılır. Bu etkinlikteki ikinci basamaktaki bilimsel araştırma sorusunun, “Fırılmanın

büyükliğini değiştirirsek hızı nasıl etkilenir?” olduğu hatırlatılarak; bilimsel araştırma sorusunun daha genel bir hedefi olduğu, bir sınırlama içermediği, sürecin önemli olduğu keşfetme/sorgulama odaklı olduğu vurgulanır. Bu etkinlikteki mühendislik araştırma sorusunun, “Fırılmanın büyüklüğünü değiştirmeden nasıl daha yavaş/hızlı yapabiliriz?” olduğu hatırlatılarak “daha hızlı” olma ya da “daha yavaş” olma ölçütü içerdiği söylenir. Bu soruda olduğu gibi, mühendislik sorusunun ölçüt içerdiği, özellikli bir sonuca odaklı olduğu bir tasarım gerektirdiği, çoğu zaman da maliyet, zaman gibi sınırlılıklar içerdiği vurgulanır.

6) Geliştirilen prototip modeller test edilir ve öğrencilerin bu modeller üzerinde tekrar iyileştirme yapmaları sağlanır.

7) Etkinliğin değerlendirilmesi, etkinlik sonunda öğrenci gruplarından ve uygulayıcı olan fen öğretmeninden yazılı olarak alınan görüşler doğrultusunda elde edilmiştir. Öğrencilere etkinlikle ilgili düşünceleri sorulduğunda, genel bir dönüt olarak, sorgulama yaparken eğlenerek öğrendikleri olmuştur. Örneğin, Grup Atomcuklar değerlendirmelerinde, “Çok eğlendik bizce çok güzel bir

etkinlikti. Çünkü hem eğlendik hem de öğrendik.” ifadesine yer vermişlerdir. Grup Relax ise “Grupça eğlenceli bir etkinlik yaptık, hayal gücümüz ve fikirlerimizle her zaman bir öncekinden daha iyi yapmaya çalıştık. Bunun için prototipte değişiklikler yaptık. Bunların hepsinin önünde bizim için merak vardı. Merak sayesinde daha iyi yaptık.” ifadesine yer vermişlerdir.

Öğretmen görüşleri de öğrencilerin görüşlerini destekler içeriktedir. Öğretmen, “... Öğrencilerin ilk başta amaçsız olarak katladıkları bir kağıt parçası bir anda fırılma dönüşüne hepsi çok heyecanlandı ve fırılma merak ettiler. İlk ve ikinci basamakta öğrenciler fırladıkları daha yüksekte, daha alçaktan atarak ve daha küçük ya da daha büyük fırladıkları deneyerek meraklarını giderdiler. Üçüncü basamağa gelindiğinde ise bilimsel sorgulamanın özelliklerini konuştuk. Bu kısımda öğrenciler her grubun amacı aynı olmasına rağmen, grupların farklı bir yol izlediği ve her grubun testini farklı yöntemlerle yaptığı sonucuna vardılar. Bilim insanların çalışmaları sorulduğunda da, bazı bilim insanların amaçları aynı olsa da farklı şekillerde ve yöntemlerde çalışabilecekleri sonucu vurgulandı.” Ayrıca

öğretmen, öğrencilerin bu etkinlik ile fen ve matematik konularını açık bir şekilde ilişkilendirebildiklerini gözlemlemiştir. Öğretmen, “Fenle ilgili, sürtünme kuvveti, yer çekimi kuvveti, kütle, fırladağın dönme hızı gibi kavramlar üzerinde durulurken; matematikle ilgili fırladağın boyutları, yerden bırakılan yükseklik, fırladak kanatlarının dönme açısı ve kare, dikdörtgen gibi geometrik şekil kavramlarının üzerinde durdukları görüldü.” vurgusunu yapmıştır. Benzer şekilde öğrenciler de bu etkinlikte fen ve matematik kavramlarını birlikte kullanabildiklerini ifade etmişlerdir: “Fende, kuvvet ve hareket, potansiyel enerji, kinetik enerji, sürtünme kuvveti, matematikte ise yükseklik ve açılar.” (Grup Relax). EK-3’de verilen Grup Rakun ise bu kavramlara “simetri” eklemiştir.

Uygulamada karşılaşılan bir zorluk ise, öğretmenin bilimin doğasına yönelik ilişkilendirme yapamamasıdır. Bunun nedeni olarak, öğretmen öğrencilerin bilimin doğasıyla ilgili ön deneyime sahip olmamalarının, tüm unsurların tek bir etkinlikte ilişkilendirmesini zorlaştırdığını ifade etmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Fırladak etkinliği, temel olarak mühendislik ve bilim uygulamaları arasındaki farkların anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu etkinlik, bilimsel sorgulama, bilim ve mühendislik uygulamalarının fen sınıflarında uygulanabilecek öğretimsel bir örneğidir. Öğrencilerin ön bilgileri varsa, bilimin doğasıyla da ilişkilendirilebilecek bir etkinliktir. Bu etkinliği sınıflarında uygulayan öğretmenler öğrencilerinin mühendislikte önemli bir aşama olan prototip modellerin test edilmesi ve yeni modellerin geliştirilmesi deneyimlerini yaşamalarını sağlayarak, onlarda kariyer bilinci oluşmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Fırladak etkinliği, yapılandırılmış sorgulamadan açık uçlu sorgulamaya doğru farklı öğrenci seviyelerine göre adapte edildiğinde, okul öncesinden başlayarak ortaöğretimde de dâhil olmak üzere farklı sınıflarda uygulanabilir. Fırladak etkinliğinin sunduğu bilimsel içerik de öğrencilerin seviyelerine uygun olarak öğrenme alanları ile ilişkilendirilebilir. Bu uygulamada, problem durumu verilerek tüm grupların aynı araştırma sorusunu test etmeleri

istenmiştir. Zaman sınırlaması olmadığına ya da daha üst seviyedeki gruplarda problem durumunu grupların belirlemesine fırsat verilerek, açık uçlu sorgulama yapılabilir.

KAYNAKLAR

Brunsell, E., (2012). Integrating engineering and science in your classroom. NSTA press.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education. *Science*, 329, 996. doi: 10.1126/science.1194998.

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding a framework for K–12 science education. *The Science Teacher* 78 (9), 34–40.

Capobianco, B. M., & Rupp, M. (2014). STEM teachers' planned and enacted attempts at implementing engineering design-based instruction. *School Science and Mathematics*, 114 (6), 258-270.

Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). FeTeMM eğitimi ve alan öğretmeni eğitime

yansımaları. *Eğitim ve Bilim*, 39 (171), 74-85.

Dugger, W. E. (2010, December). Evolution of STEM in the United States. Presented at the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research, Gold Coast, Queensland, Australia. <http://www.iteaconnect.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf>

Guzey, S.S., Tank, K., Wang, H., Roehrig, G., & Moore, T. (2014). A High-quality professional development for teachers of grades 3–6 for implementing engineering into classrooms. *School Science and Mathematics*, 114 (3), 139-149.

Guzey, S.S., Harwell, M., & Moore, T. (2014). Development an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114 (6), 271-279.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of

- science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2013). Institute for the advancement of inquiry based science teaching (IAIBST) workshop. Illinois Institute of Technology.
- Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S.A., Bartels, S.L., Antink Meyer, A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—the views about Scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (1), 65-83.
- Marulcu, İ., ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 13-23.
- MEB (2013). *İlkokullar ve ortaokullar fen bilimleri dersi öğretim programı*. <http://ttkb.meb.gov.tr/>
- National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165 on July 12, 2014.
- NGSS (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3), 17-28.
- Twirly Activity (2014). <http://msed.iit.edu/projectican/twirly.html>

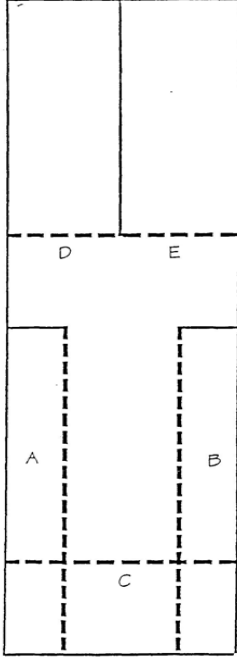
EK-1, Şekil 1

Fırıldak

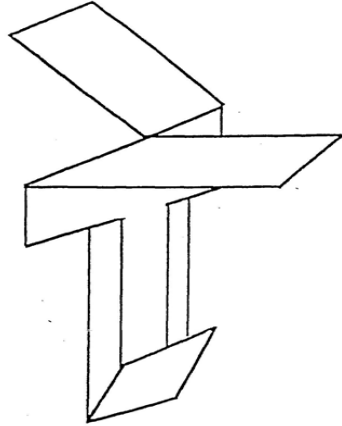
Malzemeler

Makas, ataç, balon, bant, kağıt

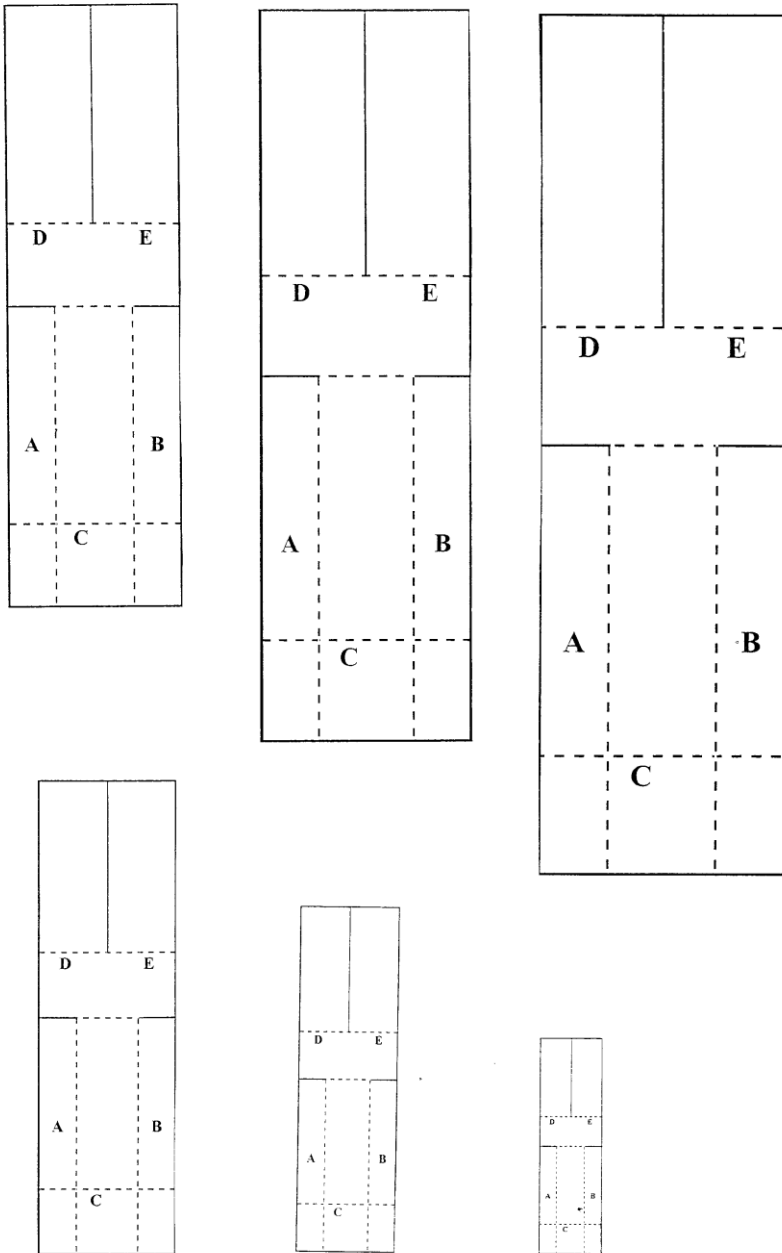
1. Şekil üzerindeki devamlı çizgileri kesiniz.
2. A kulakçığını geri katlayınız.
3. B kulakçığını geri katlayınız.
4. C kulakçığını geri katlayınız.
5. D kulakçığını öne katlayınız.
6. E kulakçığını ileri katlayınız.
7. Fırıldakın kulakçıklarından tutarak yüksek bir yerden bırakınız.
8. Fırıldakın uçuşunu izleyiniz.



Biten Fırıldak



EK-1, Şekil 3



EK-2 FIRILDAK ETKİNLİĞİ UYGULAMA BASAMAKLARI ÇALIŞMA YAPRAĞI



FIRILDAK ETKİNLİĞİ: BİLİM VE MÜHENDİSLİK UYGULAMASI

1) Bilimsel süreç soru sormakla (merakla) başlar.

- Fırıldak nasıl hareket ediyor?

- Fırılmanın kulakçıkları ters yönde katlanırsa ne gözlenir?

- Fırıldak farklı yükseklikten bırakılırsa hızı nasıl etkilenir?

2) Bilimsel süreçte sorgulama yapılır.

- Neleri değiştirebilirsiniz?

- Fırılmanın büyüklüğü değiştiğinde fırladığın hızı nasıl etkilenir?

Aynı şeklin büyük ve küçük formları kullanılarak “büyüklük” değişkenini test ediniz.

3) Bilimsel sorgulamanın özellikleri nelerdir?

4) Hangi fen ve matematik kavramları ile ilişkilendirebilirsiniz?

5) Mühendislik sorusu/problemi ölçüt ve limit içerir.

- Fırılmanın büyüklüğünü değiştirmeden nasıl daha yavaş/hızlı yapabilirsiniz?

Aynı büyüklükteki fırladıkları kullanılarak daha hızlı ve yavaş fırladıklar tasarlayınız ve test ediniz.

6) Geliştirdiğiniz prototip modelleri test ediniz. Bu modeller üzerinde iyileştirmeler yaparak tekrar deneyiniz. Geliştirdiğiniz modeller üzerinde yaptığınız değişimleri açıklayınız.

Grup Adı:

EK-2 ÖĞRENCİLER TARAFINDAN DOLDURULMUŞ ÖRNEK FIRILDAK ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA YAPRAĞI

FIRILDAK ETKİNLİĞİ: BİLİM VE MÜHENDİSLİK UYGULAMASI

1) Bilimsel süreç soru sormakla (merakla) başlar.

- Fırıldak nasıl hareket ediyor?

Dönerek hareket ediyor,

- Fırıldığın kulakçıkları ters yönde katlanırsa ne gözlenir?

Tas yöne döner

- Fırıldak farklı yükseklikten bırakılırsa hızı nasıl etkilenir?

Daha hızlı ve daha uzun sürede dönüyor.

2) Bilimsel süreçte sorgulama yapılır.

- Neleri değiştirebilirsiniz?

Büyüklüğü, kenarlarını, malzemelerini değiştirebiliriz.

- Fırıldığın büyüklüğü değiştiğinde fırıldığın hızı nasıl etkilenir? Aynı şeklin büyük ve küçük formları kullanarak "büyüklük" değişimini test ediniz.

Küçük olan büyük olan da daha hızlı dönüyor ve sesizdir.

3) Bilimsel sorgulamanın özellikleri nelerdir?

Herkes farklı yükseklikte farklı boyutta vardır. Merak, hayal gücü. Herkesin hayal gücü, hafızası farklıdır. İnsanlar farklıdır.

4) Hangi fen ve matematik kavramları ile ilişkilendirebilirsiniz?

Kinetik E-potansiyel E-sürtünme kuvveti = Malzeme, hız, açı, simetri.

5) Mühendislik sorusu/problemi ölçüt ve limit içerir.

- Fırıldığın büyüklüğünü değiştirmeden nasıl daha yavaş/hızlı yapabilirsiniz? Aynı büyüklükteki fırıldakları kullanarak daha hızlı ve yavaş fırıldaklar tasarlayınız ve test ediniz.

Biz fırıldak daha yavaş yaptık. O yüzden iki katından fazla zımba ile tuttuk.

6) Geliştirdiğiniz prototip modelleri test ediniz. Bu modeller üzerinde iyileştirmeler yaparak tekrar deneyiniz. Geliştirdiğiniz modeller üzerinde yaptığınız değişimleri açıklayınız.

İki önce fırıldığın kenarlarına 2 parçayı ve 4 tane ile kenarları sonra ise 2 parçayı ve zımba ile tuttuk ve oldu.

Grup adı: Rakun Çetesi