



FeTeMM Eğitiminde Bilim Tarihi Uygulamaları: El-Cezerî Örneği

The History of Science Practices in STEM Education: Al-Jazari Example

Hakkı İlker Koştur^{a*}

^aBaşkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Öz

Günümüzde her alanda 21. yüzyıl becerilerine sahip nitelikli bireylere olan ihtiyaç sık sık vurgulanmaktadır. FeTeMM (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) eğitim yaklaşımı bu ihtiyacı karşılamak üzere ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda Türkiye'de FeTeMM eğitime yönelik reformların yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada öncelikle 21. yüzyıl becerileri ve nitelikli bireyler yetiştirilmesini hedefleyen FeTeMM eğitimi hakkında bilgi verilerek Türkiye'deki fen programlarında ve bilim tarihinde FeTeMM unsurlarının nasıl yer bulduğu araştırılmış ve seçilen bazı örneklerin FeTeMM eğitimi doğrultusunda nasıl kullanılabileceği açıklanmıştır. Örnekler, El-Cezerî'nin (1136-1206) icatları arasından seçilmiş ve fen derslerinde FeTeMM etkinliği olarak kullanılmalarına yönelik önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler:21. yüzyıl becerileri, FeTeMM eğitimi, nitelikli bireyler, fen okuryazarlığı, bilim tarihi, El-Cezerî.

Abstract

Today in every field, the need for qualified individuals who have the 21st century skills is often emphasized. In order to meet this need, STEM (science, technology, engineering, mathematics) education approach has emerged. The related research shows that there is a necessity for STEM education reform in Turkey. In this study, first, information regarding the 21st century skills and STEM education which aims to educate qualified individuals is presented, and then STEM components has been comparatively examined both in Turkish science curriculum and in the history of science. Finally, some selected examples from the history of science have been examined with the aim of using them as STEM activities in classrooms. Proposed examples have been chosen from Al-Jazari's (1136-1206) inventions.

Keywords:21st century skills, STEM education, qualified individuals, scientific literacy, history of science, Al-Jazari.

© 2017 Başkent University Press, Başkent University Journal of Education. All rights reserved.

1. Giriş

Çağımız koşulları, eleştirel ve yaratıcı düşünen, araştıran ve sorgulayan, çözüm üreten ve karar veren bireylere olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır (Akaygün ve Aslan-Tutak, 2016; Yamak, Bulut, ve Dünder, 2014).Taşar (2003).İçinde bulunduğumuz çağla ilgili olarak okuma-yazma ve temel hayati becerilerin bile artık yetersiz olduğunu ve her mesleki alanda yorulmaksızın sürekli öğrenebilmenin gerekliliğini belirtmiştir. Çünkü bu yüzyılda sanayi, teknoloji ve tıp gibi alanlar her zamankinden çok daha hızlı gelişmekte ve bireylerin bu gelişmelere ayak uydurması için, 21. yüzyıl becerileriyle yetişmiş olması gerekmektedir (Çınar, Pırasa, ve Sadoğlu, 2016).

21. yüzyıla yön verebilmek için gerekli beceriler 21. yüzyıl becerileri olarak sınıflandırılabilir (Griffin, McGaw, ve Care, 2012). Günümüzde iş dünyasının liderleri, politikacılar ve eğitimciler, başarılı olmak için öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerine sahip olmaları gerektiği konusunda görüş birliğine varmıştır (Roterham ve Willingham, 2010). Akademik başarıya ek olarak, eğitim hayatında kazanılan beceriler öğrencilerin gelecekteki iş hayatlarını da etkileyebilmektedir.

*ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:Hakkı İlker Koştur,PhD, Faculty of Education, Başkent University,Ankara, Turkey, E-mail address: kostur@baskent.edu.tr / Tel: +90312 2466666 - 2231

Received Date: November 21st,2016. Acceptance Date: January 25th,2017.

Wagner (2008), iş dünyasından liderlerle yaptığı görüşmeler sonucunda, iyi bir iş sahibi olmak için öğrencilerin yedi hayati beceriye sahip olması gerektiğini tespit etmiştir: Eleştirel düşünme ve problem çözme; gruplar arası işbirliği ve etkileyici liderlik; kıvrak zeka ve uyum sağlama; inisiyatif alabilme ve girişimcilik; etkili sözel ve yazılı iletişim; verilere ulaşabilme ve analiz etme ile merak ve hayal gücü. Binkley vd. (2012), 21.yüzyıl becerilerini dört grup altında on beceri olarak belirlemiştir:

- Düşünme yolları: Yaratıcılık ve yenilik; eleştirel düşünme, problem çözme, karar verme; öğrenmeyi öğrenme; üstbiliş.
- Çalışma yolları: İletişim; işbirliği (takım çalışması)
- Çalışma araçları: Bilgi okuryazarlığı; bilişim ve iletişim teknolojileri
- Dünyada yaşam: Vatandaşlık (yerel ve evrensel); yaşam ve kariyer becerileri; kişisel ve sosyal sorumluluk (kültürel farkındalık ve beceriler)

Birçok ülke eğitim programlarını bahsi geçen becerilere yönelik hazırlamaktadır (Örn. Amerika Birleşik Devletleri) (Bozkurt-Altan, Yamak, ve Buluş-Kırıkkaya, 2016; Yamak, Bulut, ve Dündar, 2014). İhtiyaç duyulan nitelikteki bireylerin yetiştirilmesi için fen eğitimi, önemli bir altyapı oluşturmaktadır (Yamak, Bulut, ve Dündar, 2014). Bu hedefler doğrultusunda 21.yüzyılda ihtiyaç duyulan bireyleri yetiştirmek için FeTeMM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitim yaklaşımı ortaya çıkmıştır (Gencer, 2015; Yıldırım ve Altun, 2015). FeTeMM eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleştirilmiş olarak öğretim ve öğreniminin yapılması anlamına gelmektedir (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). FeTeMM, 21.yüzyılda eğitim alanındaki önemli gelişmelerden biri olarak kabul edilmektedir (Land, 2013). FeTeMM eğitimi almış bireyler problem çözen, yenilikçi, yaratıcı, kendine güvenen, mantıklı düşünebilen, teknoloji okuryazarı, kendi kültürünün ve tarihinin eğitimiyle bağlantısını kurabilen bireylerdir (Morrison, 2006). Bybee (2010) FeTeMM eğitime yönelik becerileri uyum, iletişim, sosyal beceriler, rutin olmayan problem çözme, öz-yönetim, sistemli düşünme, karar verme olarak tanımlamıştır.

Türkiye'deki fen eğitimi programlarında FeTeMM eğitime yönelik hedefler bulunmamaktadır. Ancak, Türkiye'de de özellikle 2005 ve 2013 fen programlarında nitelikli bireyler yetiştirilmesi adına fen okuryazarlığı vizyonu doğrultusunda fen bilimleri alanındaki araştırma-sorgulama, eleştirel düşünme, problem çözme, karar verme, girişimcilik, takım çalışması, sorumluluk, fen ve kariyer bilinci gibi güncel konular öğretim programlarına dâhil edilmiştir (MEB, 2005; 2013). Fen okuryazarlığı;

- Bireylerin araştırma-sorgulama, eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerileri geliştirmeleri, yaşam boyu öğrenen bireyler olmaları, çevreleri ve dünya hakkındaki merak duygusunu sürdürmeleri için gerekli olan fenle ilgili beceri, tutum, değer, anlayış ve bilgilerin bir bileşimidir (MEB, 2005),
- Araştıran-sorgulayan, etkili karar verebilen, problem çözebilen, kendine güvenen, işbirliğine açık, etkili iletişim kurabilen, sürdürülebilir kalkınma bilinciyle yaşam boyu öğrenen, fen bilimlerine ilişkin bilgi, beceri, olumlu tutum, algı ve değere; fen bilimlerinin teknoloji-toplum-çevre ile olan ilişkisine yönelik anlayışa ve psikomotor becerilere sahip bireyler yetiştirilmesidir (MEB, 2013).

Yukarıda söz edilen beceri ve hedefler, benzerlik ve farklılıkların görülmesi amacıyla özetlenerek Tablo 1'de organize edilmiştir.

Tablo 1.

21. Yüzyıl Becerileri, FeTeMM Eğitimi ve Türkiye'deki Fen Eğitimi Arasındaki İlişki

21. Yüzyıl Becerileri	FeTeMM Eğitimi	Türkiye'de Fen Eğitimi
Bilgi okuryazarlığı	İletişim	Araştırma-sorgulama
Eleştirel düşünme	Karar verme	Bilgiye ulaşmayı öğrenme
Girişimcilik	Mantıklı düşünme	Eleştirel düşünme
İletişim	Özgüven	Etkili karar verme
İşbirliği	Öz-yönetim	Fen ve kariyer bilinci
Karar verme	Problem çözme	Girişimcilik
Liderlik	Sistemli düşünme	İletişim
Merak ve hayal gücü	Sosyal beceriler	İşbirliği
Öğrenmeyi öğrenme	Teknoloji okuryazarı	Merak
Problem çözme	Uyum sağlama	Özgüven
Sorumluluk	Yaratıcılık	Problem çözme
Uyum sağlama	Yenilikçi olma	Sorumluluk
Yaratıcılık		Yaratıcı düşünme
Yaşam ve kariyer bilgisi		Yaşam becerileri
		Yaşam boyu öğrenme

FeTeMM eğitimi ile ilgili tanımlarda "21. yüzyıl becerileri" ifadesi dikkat çekmektedir. Tablo 1'den de anlaşılacağı gibi, aralarındaki benzerlikler nedeniyle bu iki unsurun birlikte kullanılması kaçınılmazdır. Tablo 1 incelendiğinde 21. yüzyıl becerileri, FeTeMM eğitiminin hedefleri ve Türkiye'deki fen programlarının hedeflediği beceriler arasında kesin bir ayırım yapılamamaktadır. Hedeflenen beceriler büyük oranda birbirleriyle örtüşmektedir.

Nitelikli bireylerin sahip olması gereken bu beceriler Roterham ve Willingham'a (2010) göre *yeni* değildir: Araç gereçlerin icadından aşının bulunmasına, coğrafi keşiflere varana kadar eleştirel düşünme ve problem çözme; bilgi okuryazarlığı ve evrensel farkındalık; bilimsel bilginin öğrenilmesi gibi birçok beceri tarih boyunca önemli rol oynamıştır. Roterham ve Willingham (2010) bahsedilen yaşam becerilerinin her dönemin ihtiyacı olduğunu savunmaktadır.

21. yüzyıl becerileri ifadesine yüklenen anlam, bu becerilerin sadece içinde bulunduğumuz yüzyıla ait beceriler gibi görünmesine neden olmaktadır. Günümüzde bu becerilere olan ihtiyaç en üst seviyede ve her geçen gün artmakta olsa da, yazılı tarih, nitelikli bireylerin binlerce yıldır var olduğunu göstermektedir. Sümer'de yazının bulunması; Mısır'da 365 gün 6 saatin hesaplanması; Çin'de pusula, üzengi, barut ve kâğıdın icat edilmesi; Maya uygarlığının matematik, astronomi ve takvimde ilerlemesi (Sönmez, 2008) tesadüf müdür? Öklid'in "Geometri'nin Elementleri" kitabının 19. yüzyıl ortalarına kadar rakipsiz ders kitabı olması; Arşimet'in iki bin yıldır su çıkarmak için kullanılan vidası ve özkütle deneyleri; Aristarkus'un güneş merkezli evren iddiası; Erastosthenes'in dünyanın çevresini ve güneş ile dünya arasındaki mesafeyi küçük bir hata payıyla ölçmesi (Yıldırım, 2012) ancak nitelikli bireylerin işidir. Tarihe yön vermiş ve binlerce yıldır etkisini sürdüren bu bilimsel çalışmalar, merak, sorgulama ve araştırma sonucu nitelikli bireylere atfedilen becerilerin kazanılabildiğinin göstergesidir.

Bu çalışmada nitelikli bireyler yetiştirilmesini hedefleyen FeTeMM eğitimi hakkında bilgi verilerek Türkiye'deki fen programlarında ve bilim tarihinde FeTeMM unsurlarının nasıl yer bulduğu araştırılmış ve bilim tarihinden seçilen bazı örneklerin FeTeMM eğitimi doğrultusunda nasıl kullanılabileceği açıklanmıştır. Örnekler, El-Cezeri'nin (1136-1206) icatları arasından seçilmiş ve bu örneklerin fen derslerinde FeTeMM etkinliği olarak kullanılmasına yönelik önerilere yer verilmiştir. Çalışmada, FeTeMM ile bilim tarihi arasında ilişki kurularak, FeTeMM eğitiminin fen eğitiminde kullanılmasının bilim tarihinden örneklerle desteklenmesi ve bu örneklerin bilim tarihinden FeTeMM etkinliği oluşturulması konusunda uygulayıcılara kaynak sağlaması amaçlanmıştır.

FeTeMM (STEM) Eğitimi

İlk olarak Amerika'da ortaya çıkan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics; Türkçe kısaltması: FeTeMM) kavramı, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının eğitim sürecinde bir arada öğretilmesini hedeflemektedir (Watson ve Watson, 2013). FeTeMM eğitimine artan ilgi nedeniyle tüm dünyada FeTeMM okulları ve merkezleri kurulmakta, daha fazla öğrencinin FeTeMM eğitimi alması hedeflenmektedir (Akgündüz vd., 2015; Atkinson ve Mayo, 2010; Bybee, 2010).

Bybee'ye (2010) göre FeTeMM eğitimi öğrencilerin bazı şeylerin nasıl işlediğini anlamalarını sağlamaları ve onların teknolojiyi kullanmalarını geliştirmelidir. Ek olarak, FeTeMM eğitimi üniversite öncesi eğitimde öğrencilere daha fazla mühendislik bilgisi vermelidir. Mühendislik, her ülke için önemli olan problem çözme ve yaratıcılıkla doğrudan ilgilidir. FeTeMM eğitiminde kullanılan grup çalışmaları, laboratuvar araştırmaları ve projeleri ile öğrenciler, 21. yüzyılın gerekli becerilerinden olan uyum, iletişim, sosyal beceriler, rutin olmayan problem çözme, öz-yönetim ve sistemli düşünme gibi becerileri daha kolay kazanabilir ve ülke gündemini ilgilendiren konularda daha iyi kararlar verebilirler (Bybee, 2010). 6. sınıf öğrencileri üzerinde yapılan güncel bir çalışmada FeTeMM etkinliklerinin akran öğrenmelerini, fen bilimlerine karşı tutumları ve FeTeMM alanlarına yönelik ilgileri desteklediği ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği tespit edilmiştir (Baran, Canbazoglu-Bilici, ve Mesutoğlu, 2015).

Verilen bilgilere ek olarak, FeTeMM kavramı ilk ortaya atıldığından beri hem kavram, hem de FeTeMM eğitimi kendi içinde gelişim göstermeye devam etmektedir. Bu gelişimin önemli adımlarından birisi de STEM+Arts: STEAM, yani FeTeMM alanlarına sanatın da eklenmesi ile ilgili çalışmalardır. Bu çalışmalarda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına sanat alanı entegre edilerek sanat, tasarım ve yaratıcılığın eğitim sürecine önemli katkı sağlayacağı vurgulanmaktadır (Eger, 2013; Maeda, 2013; Tarnoff, 2010; Platz, 2007). Platz (2007) ayrıca müzik ve sanat alanlarının eğitim sürecine dahil edilmesi ile öğrencilerin birçok iş alanına hazırlanmasının sağlanabileceğini ve iletişim, eğlence ve teknoloji endüstrilerinde çalışan bireylerin de FeTeMM becerilerine ihtiyacı olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada önerilecek etkinliklerde sanat ve tasarımla ilgili incelemelere de kısaca yer verilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda Türkiye'de öğrencilerin FeTeMM eğitimi ile ilgili gerekli bilgi ve becerileri geliştirebilmeleri ve ülkedeki FeTeMM işgücünün artırılması için bir reforma ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Baran, Canbazoglu-Bilici, Mesutoğlu, ve Ocak, 2016; Çınar, Pırasa, Uzun, ve Erenler, 2016). Fakat, Türkiye'de nitelikli bireyler yetiştirmeyi hedefleyen yürürlükteki fen bilimleri programında (MEB, 2013) FeTeMM (Fen, Teknoloji,

Mühendislik ve Matematik) eğitim modeline değinilmemiştir (Baran, Canbazoglu-Bilici, ve Mesutoğlu, 2015). Ancak 2017 yılında hazırlanan ve taslak olarak yayınlanan fen bilimleri öğretim programında FeTeMM eğitimine yer verilmesi planlanmaktadır (MEB, 2017). Akgündüz vd. (2015) tarafından hazırlanan "STEM (FeTeMM) Eğitimi Türkiye Raporu"nda FeTeMM eğitiminin Türkiye için bir gereklilik olduğu fakat bu tür bir eğitimin öğrencilere sunulmasının kolay olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Kuşkusuz bu zorluğun altında birçok sebep yatmaktadır. FeTeMM okulları ve merkezleri kurmanın maliyeti, mevcut kurumlarda gerekli FeTeMM altyapısının olmayışı ve yeni bir eğitim programına geçiş için harcanan zaman bu zorluklardan sadece birkaçı olarak düşünülebilir. Örneğin, 2012 yılında yayınlanan bir raporda Amerika'daki FeTeMM eğitimi ile ilgili ödeneğin yıllık ortalama 3 milyar dolar civarında olduğu hesaplanmıştır (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Diğer yandan Türkiye'de yürürlükte olan ilkökul ve ortaokul fen bilimleri programı (MEB, 2013) FeTeMM eğitimine değinmese de, FeTeMM eğitimi için gerekli altyapıya sahiptir. Yüksek maliyetli FeTeMM merkezleri ve okulları kurulması ve fen programının kökten değışmesi yerine, fen programının FeTeMM eğitimine yönelik olarak uygulanması hem öğrenciler, hem uygulayıcılar, hem de ekonomik olarak daha verimli olabilir.

Güncel Fen Programlarında FeTeMM Unsurları

Fen ve teknoloji dersi öğretim programı 2005 yılında yürürlüğe girmiş ve 4-8. sınıf düzeylerini kapsamaktadır. Programda yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı temel alınarak öğrenci merkezli stratejiler ve performans, süreç, portfolyo gibi güncel ölçme ve değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Programda fen-teknoloji-toplum-çevre ilişkileri, bilimsel süreç becerileri, tutumlar ve değerler öğrenme alanları olarak belirlenmiş ve bu öğrenme alanlarının öğretilcek tüm konu ve kavramlara entegre edilmesi planlanmıştır (MEB, 2005). Fen ve teknoloji dersi programı bu özellikleri ile 21. yüzyılda ihtiyaç duyulacak bireyler yetiştirmeyi hedeflemiştir.

2013 yılında yapılan güncelleme sonucunda fen ve teknoloji dersinin adı fen bilimleri olarak değıştirilmiştir. 2013 fen bilimleri dersi öğretim programında fen dersleri 3. sınıf düzeyinden itibaren verilmeye başlanmıştır. Program, 2005 programıyla vizyonu ve kazandırılması hedeflenen beceriler gibi konularda benzerlik göstermektedir. Fen bilimleri dersi öğretim programında araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme stratejisi benimsenmiş ve öğretmenin rehber olduğu problem, proje, argümantasyon, işbirliğine dayalı öğretim yöntemleri temel alınmıştır. Programda bilgi, beceri, duyuş ve fen-teknoloji-toplum-çevre adlı dört öğrenme alanı belirlenmiş; 2005 fen ve teknoloji dersi öğretim programıyla kıyaslandığında bilimsel süreç becerilerine analitik düşünme, karar verme, yaratıcı düşünme, girişimcilik, iletişim, takım çalışması gibi beceriler, tutum ve değerler öğrenme alanına motivasyon ve sorumluluk, fen-teknoloji-toplum-çevre öğrenme alanına ise sosyo-bilimsel konular, sürdürülebilir kalkınma bilinci, fen ve kariyer bilinci gibi alt öğrenme alanları eklenmiştir (MEB, 2013). Bu öğrenme alanları FeTeMM eğitiminin de hedeflediği 21. yüzyıl becerileri ile benzerlik göstermektedir (Bkz. Tablo 1).

2017 yılında taslak olarak incelemeye açılan ve hazırlıkları sürdürülen fen bilimleri programında fen programının vizyonu ve yapısı 2013 yılı programıyla benzer olmakla beraber bilgi öğrenme alanına "fen ve mühendislik uygulamaları", beceri öğrenme alanına "mühendislik ve tasarım becerileri" alt öğrenme alanları eklenmesi ve fen-teknoloji-toplum-çevre (FTTÇ) öğrenme alanının adı fen-mühendislik-teknoloji-toplum-çevre (FMTTÇ) olarak değıştirilmesi planlanmaktadır (MEB, 2017). "Mühendislik ve tasarım becerileri" alt öğrenme alanında fen bilimlerinin matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirilmesi, problemlere disiplinler arası bakış açısı kazandırılması, öğrencilere buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaştırılması, öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturmaları ve bu ürünlere nasıl katma değer kazandırılabilceği gibi stratejiler; "fen ve mühendislik uygulamaları" alt öğrenme alanında ise öğrencilerin Türkiye'nin bilimsel araştırma ve teknolojik gelişme kapasitesinin, sosyal ve ekonomik kalkınmasını ve rekabet gücünün artırılması için gerekli fen ve mühendislik uygulamalarını deneyimlemeleri hedeflenmiştir (MEB, 2017).

Fen bilimleri programının vizyonu daha önce de belirtildiği gibi "tüm öğrencileri fen okuryazarı bireyler olarak yetiştirmek"tir. Fen okuryazarı bireylerin özellikleri; "araştıran-sorgulayan, etkili kararlar verebilen, problem çözebilen, kendine güvenen, işbirliğine açık, etkili iletişim kurabilen, sürdürülebilir kalkınma bilinciyle yaşam boyu öğrenen; fen bilimlerine ilişkin bilgi, beceri, olumlu tutum, algı ve değere; fen bilimlerinin teknoloji-toplum-çevre ile olan ilişkisine yönelik anlayışa ve psikomotor becerilere sahip bireyler" şeklinde sıralanmıştır (MEB, 2013). Bu özellikler incelendiğinde 21. yüzyıl becerileri, dolayısıyla FeTeMM eğitiminin öğrenciler için hedeflediği becerilerle büyük benzerlik gösterdiği görülmektedir. Buradan hareketle fen bilimleri programının (2013), FeTeMM eğitiminin hedeflerinden uzak olmadığı söylenebilir. Örneğin Gencer (2015), mühendislik etkinliği çalışmasında fen bilimleri dersinin vizyonu ve hedefleri ile hazırladığı FeTeMM uygulamasının çıktılarının örtüştüğünü belirtmiştir. Söz konusu benzerlik, Tablo 1'de de vurgulanmıştır. Zira uzun yıllardır tüm dünyada ve Türkiye'de eğitimin amacının bilgi aktarmak değil, öğrencileri bilimsel düşünme yollarıyla bilgiye ulaştırmak olduğu kabul edilmektedir.

Bilim Tarihinde FeTeMM Unsurları

Bilim tarihi, bilimsel bilginin gelişim sürecini, bilimsel kuramların doğuşu ve yayılışını, bilim insanlarının düşünce biçimlerini, toplum ve çevrenin gelişim sürecine etkisini, felsefe, din ve sanat gibi diğer düşünsel etkinliklerle etkileşimini, teknik bilginin oluşumundaki yerini, bireylerin günlük yaşamlarındaki değerini ve önemini sorgulayarak bilimi bütün yönleriyle tanımaya ve tanıtmaya çalışan ve bilimlerin gelişim sürecini aydınlatmayı amaçlayan bir araştırma etkinliğidir (Tekeli vd., 2012). Bilim tarihinin amacı teorilerin ve bilimsel anlayışın gelişimini gözlemlemek ve açıklamaktır (Yıldırım, 2012). Bilim tarihi, öğrencilerin bilimin doğasını anlayabilmeleri (Lederman, 1998), bilime karşı tutumu olumlu etkilemesi (Sönmez, 2008) ve bilimsel okuryazarlığı geliştirilmesi nedenleriyle önemli bir yaklaşımdır (Turgut, 2007). Bilim tarihi eğitim sürecinde örnek olayların incelenmesi, tarihsel kısa hikâyeler kullanılması ve eğitim programına tarihsel bileşenlerin eklenmesi ile kullanılabilir (Rosell ve Vilumara, 2010; Clough, 2006).

Bilim tarihinde, bilim insanlarına, yaptıkları disiplinler arası çalışmalar gereği birçok vasıf yüklenmiştir. Örneğin Arşimet (M.Ö. 287- M.Ö. 217), Sicilya'lı fizikçi, matematikçi ve filozoftur (Tekeli vd. 2012). Çalışmaları gök bilimine temel oluşturan Kopernik (1473-1543), Bolonya Üniversitesi'nde astronomi, Padova'da tıp ve hukuk eğitimi almış; Ferrara Üniversitesi'nde kilise hukuku doktorası yapmış Polonya'lı matematikçi ve tıp doktorudur (Rossi, 2009). Örnekler artırılırsa geçmişte fen bilimleri alanlarında çalışmaları olan bilim insanlarının birçoğunun matematikçi, fizikçi, gökbilimci, mühendis ve mucit gibi niteliklere sahip olduğu görülmektedir. Arşimet kaldırma kuvvetinin farkına vardığında, o tarihe kadar kuşkusuz birçok insan suya atıldığında yüzen ve batan maddeler görmüştü. Bu "farkına varma" sürecinde Arşimet'in, gözlem, karşılaştırma, merak, çıkarım yapma, araştırma-sorgulama, eleştirel düşünme, karar verme, özgüven gibi özelliklerden en az birkaçını kullandığı sonucuna varılabilir. Bu özellikler 21. yüzyıl becerileri, FeTeMM eğitiminin hedeflediği bireylerin özellikleri ve fen eğitiminin hedeflerini hatırlatmaktadır. Verilen bilgiler ışığında, bilim insanlarının Tablo 1'de bulunan özelliklerden birçoğuna sahip olduğu varsayılabilir. Türkiye'deki fen programlarında da bu varsayımı destekleyen ve *bilim insanlarının kullandıkları beceriler* olarak tanımlanan hedefler bulunmaktadır. Kazandırılması hedeflenen bu becerilere "bilimsel süreç becerileri" adı verilmiştir (MEB, 2005; MEB, 2013).

FeTeMM eğitiminin kazandırması hedeflenen beceriler göz önünde bulundurulduğunda, bilim insanlarının çalışmaları, dolayısıyla bilim tarihi, FeTeMM eğitime yönelik kaynak ve altyapı olabilecek niteliktedir. Bilim tarihinden örneklerden yola çıkılarak sınıf ortamında birçok gözlem ve deney yapılması mümkündür. Disiplinler arası çalışmaları bulunan ve FeTeMM eğitime yönelik kaynak olabilecek bir diğer bilim insanı ise ortaçağ mucitlerinden El-Cezeri'dir. Devam eden bölümde El-Cezeri'nin çalışmalarının FeTeMM eğitiminde nasıl kullanılabileceği örneklendirilmiştir.

El-Cezeri'nin Çalışmalarında FeTeMM Unsurları

El-Cezeri (1136-1206), Cizreli büyük mucit, bilgisayarların temellerini atan âlim, fen ve teknik adamı; robot, saatler, su makineleri, şifreli kilitler, şifreli kasalar, termos, otomatik çocuk oyuncakları gibi birçok makinenin mucidi ve dünyanın ilk sibernetik bilginidir (Kuzu, 2013). Ayrıca, otomatik çalışan sistemler arasında denge kurmayı başarmış, sibernetiğin ve robotiğin önemli uygulamalarını bilim dünyasına sunmuştur (Sönmez, 2008).

El-Cezeri'nin 12. yüzyılda Arapça olarak hazırladığı "Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap (*El Câmi-u'l Beyn'el İlmi ve El-Ameli'en Nâfi fi Sinâ'ati'l Hiyel*)" adlı eseri tüm dünyada ilgi çeken ve teknoloji tarihinin yapıtaşlarından birini oluşturan anıtsal bir çalışmadır (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002). Kitapta saatler, otomatlar, su dökme ve kan alma makineleri, karmaşık fiskiyeler, su çekme araçları ve kilitler gibi icatlardan oluşan 50 farklı araç tasarımı detaylı bir şekilde işleyişleri ve çizimleriyle birlikte açıklanmıştır. Kitabın önsözünde El-Cezeri'nin kullandığı bazı ifadelerin incelenmesi onun niteliklerinin anlaşılması açısından faydalı olacaktır. Samimi ve bilimsel bir dille ifade edilmiş bu sözler yardımıyla El-Cezeri'nin bazı özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

"... Önceki bilim adamlarının kitaplarını ve daha sonraki sanatkarların çalışmalarını incelemiştim: Bunlar, pnömatis, eşit saatler ve Güneş saatleri, nesneleri doğal konumlarından başka konumlara götüren, su ile işleyen araçlar gibi, olağanüstü araçlar yapan ustalardır. Yalnızlık içinde, kanıtların eşliğinde fikir yürüttüm. Bir süre bu sanatın düzeltilmesini düşündüm. Uygulamalar yaparak, kitaplardan öğrenme düzeyinden gözlem düzeyine ilerledim. Bazı eski ve yeni bilim adamlarının bu konuya ilişkin görüşlerini öğrendim. Bu incelikli bilimi coşkuyla izlemeye koyuldum ve gerçeğe ulaşmaya karar verdim. Düşüncem bu aziz bilimde kendimi farklılaştırmaktı. Olağanüstü kontrol olanakları sunan çok önemli araç türlerinin farkına vardım..." (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 1)

Bu ifadelerden El-Cezeri'nin geçmişte ve dönemindeki bilim insanlarını takip ettiği, kendi alanı ile ilgili alan yazına hâkim olduğu görülmektedir. Eserlerini incelediği bilim insanları arasında çok farklı çağlarda yaşamış Sicilyalı

Arşimet, Hint Apollonius, Arap Hibatullah b. el-Hüseyin el Usturlâbî gibi isimler bulunmaktadır. Kısaca, El-Cezerî'nin iyi bir araştırmacı olduğu çıkarımı yapılabilir.

"...Dönemin hükümdarları ve filozofları benimle ilgilendiler. Bu durum inancımın fidelerini meyvelendirdi. Çalışarak geçirdiğim geceler uyuyan tutkumu körükledi ve küllenmiş dehamı uyandırdı. Çalışmaya daldım. Gücümü ve ihtirasımı kullandım..." (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 1)

El-Cezerî hükümdarlar ve filozoflar tarafından desteklemiş, bu destek onu motive etmiştir. Ayrıca, icatları için maddi desteği görev yaptığı saraydan aldığı düşünülebilir. Kısaca, El-Cezerî'nin bilime karşı olumlu tutum, motivasyon ve merak sahibi olduğu çıkarımı yapılabilir.

"...Önceki bilim adamlarının bazı araçlar yapmış ve bunları tasvir etmiş olduklarını keşfettim. Onlar (bu araçları) tam olarak tasvir etmedikleri gibi hepsi için de doğru yöntemler uygulamamışlardı. Çünkü her parçanın yapılışının bilgisini uygulamalı olarak kanıtlamamışlar, böylece doğru ile yanlış arasında kararsız kalmışlardı. Onların parçalarını bir araya getirdim ve doğruyu yakaladıkları köklerden dalları açığa çıkardım; içi ve dışı aydınlık olağanüstü çalışan örnekler icat ettim..." (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 1)

El-Cezerî sahip olduğu teorik bilgiyi geliştirdiği araç-gereçler üzerinde uygulamış, farklı kaynaklardan elde ettiği bilgiyi kullanarak yeni ürünler ortaya koymuştur. Kısacası El-Cezerî, teorik bilgisini pratikte uygulayabilmektedir. Ayrıca, bilgi edindikçe ve edindiği bilgiyi icatlarında kullandıkça heyecanının yükseldiğini ifade etmiştir. El-Cezerî'nin yaptığı tasvirlerden ve kullandığı dilden işine büyük bir sevgi ve heyecanla bağlı olduğu sonucuna varılabilir.

"...Gücümü okumaya verdim ve içinde eklemiş olduğum bazı alıntılar ve tarafımdan çizilmiş resimleri içeren bu kitabı kaleme aldım. Benden önce, bu konuda uzman olan güvенеbileceğim ehil kişiler olduğunu bilmiyorum..." (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 2)

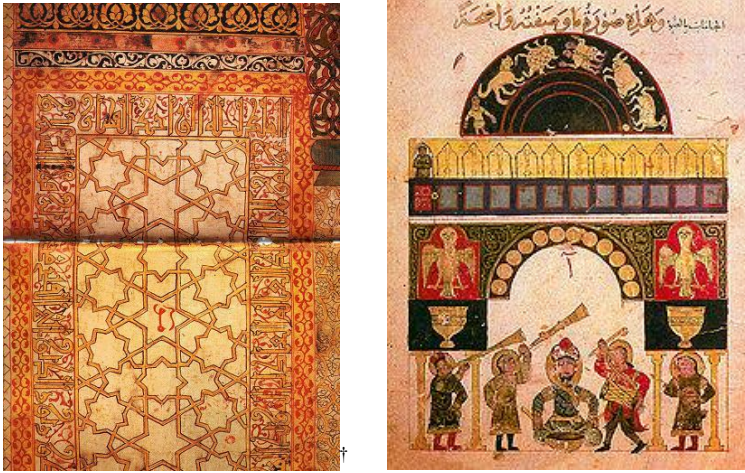
El-Cezerî, kitabın hazırlanışında gerektiği yerlerde alıntılar yapmış ve referanslar göstermiştir. Bu durum, onun bilimsel etiğe sahip olduğunu işaret etmektedir.

"... Bunları altı kategoriye bölünmüş, elli türü içine alan bir kitapta topladım. Tasvirde ve ayrıntılarda olağanüstü bir düzeye ulaştım. Yazdıklarında daha öncekilerden gelen yabancı terimleri kullandım, çünkü onlara bağlılık, dönemimize kadar sürmüştür; diğer terimler, zamanla zorunlu olarak türetilmiştir.

Her dönemde yaşayanlar, kendi dillerini, her grup bilim adamı aralarında anlaştıkları ve alışkın oldukları teknik terimleri kullanmışlardır. Her tür (aracın) şeklini çizdim ve yol göstermek için harflerle işaretledim; aynı zamanda bu harflerin alternatiflerini de koydum..." (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s.2)

El-Cezerî, icatlarını, kitabı okuyan herhangi birinin anlayabileceği ve aynılarını yapabileceği şekilde ölçme kriterleri, kullanılacak malzemeler ve yapılış aşamaları ile tarif etmiştir. Kısaca, El-Cezerî'nin bilimsel süreçlere hâkim olduğu çıkarımı yapılabilir.

Bu özelliklerinin yanında El-Cezerî'nin eseri incelendiğinde, icatlarının göze ve estetiğe hitap eden, sanat unsuru barındıran eserler olduğu görülmektedir. Ayrıca birçok eserinde müzik aletleri kullanmış ve çeşitli düzenekler onların melodik bir şekilde çalışmasını sağlamıştır. Bazı eserlerinde kullandığı robot figürler çeşitli müzik aletlerini aynı anda çalmaktadır. Bunlara ek olarak, saraylar için kapılar tasarlamıştır. Başarılı tasarımları ve estetik çizimleri, onun diğer özelliklerine ek olarak iyi bir sanatçı olduğunu göstermektedir. Şekil 1'de El-Cezerî'nin tasarlamış olduğu bir saray kapısı (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 228) ve fonksiyonel saat (aynı eser, s. 39) gösterilmiştir.



Şekil 1. El-Cezeri'nin Saray Kapısı Tasarımı (Solda) ve Fonksiyonel Saati (Sağda)

El-Cezeri'nin kullandığı ifadelerden fen, mühendislik, teknoloji, matematik ve sanatı birlikte kullanan iyi bir bilim insanı olduğu düşünülebilir. Tarihte El-Cezeri ile benzer özelliklere sahip birçok bilim insanı bulunmaktadır. El-Cezeri bu kurulan bağlantı için uygun bir örnek olarak seçilmiştir. Devam eden bölümde onun çalışmaları arasından seçilen ve fen eğitiminde kullanılabilecek FeTeMM etkinliklerine yer verilmiştir. Söz konusu etkinlikler, basit araç-gereçlerle hazırlanabilecek şekilde sözel olarak tanımlanmış etkinliklerdir. Uygulayıcılar bu etkinlikleri ellerindeki materyal olanaklarına göre hazırlayıp geliştirebilir. Etkinlikler, uygulayıcılar için bir öneri niteliğindedir. Ancak eğitim sürecine etkisi ile ilgili deneysel bir çalışma yapılmamıştır. Yazar tarafından belirlenen bu etkinlikler *Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap*'tan seçilmiş ve tasarımları yapılarak çalışabilirliği denenmiştir.

Aşağıda dört farklı etkinliğe yer verilmiş ve sınıf ortamına nasıl taşınabileceği hakkında fikirler öne sürülmüştür. Verilen örneklerin sınıf ortamında veya öğrenci projelerinde hazırlanması kolay ve basit malzemelerle yapılabilmesine dikkat edilmiştir. Bu çalışmada önerilen etkinlikler fen bilimleri programının uygulama esasları ile benzer özellikler göstermektedir. Örneğin, fen bilimleri dersi öğretim programı incelendiğinde, temel alınan araştırma-sorgulama süreci ile ilgili olarak kolay ulaşılabilen, maliyeti düşük, kullanımı kolay ve güvenlik açısından risk oluşturmayan araç, gereç ve malzemelerin kullanılması ve sınıf ortamında yapılabilecek tarzda tasarlanan informal öğrenme ortamları ve laboratuvar da uygulanabilecek, gerekirse sürece teknolojinin de dâhil edilebildiği etkinlikler kullanılması önerilmiştir (MEB, 2013). Verilen örnekler de, benzer özellikleri taşımaktadır ve fen eğitiminin her basamağında kullanılabilir.

1) Şamandıra Etkinlikleri

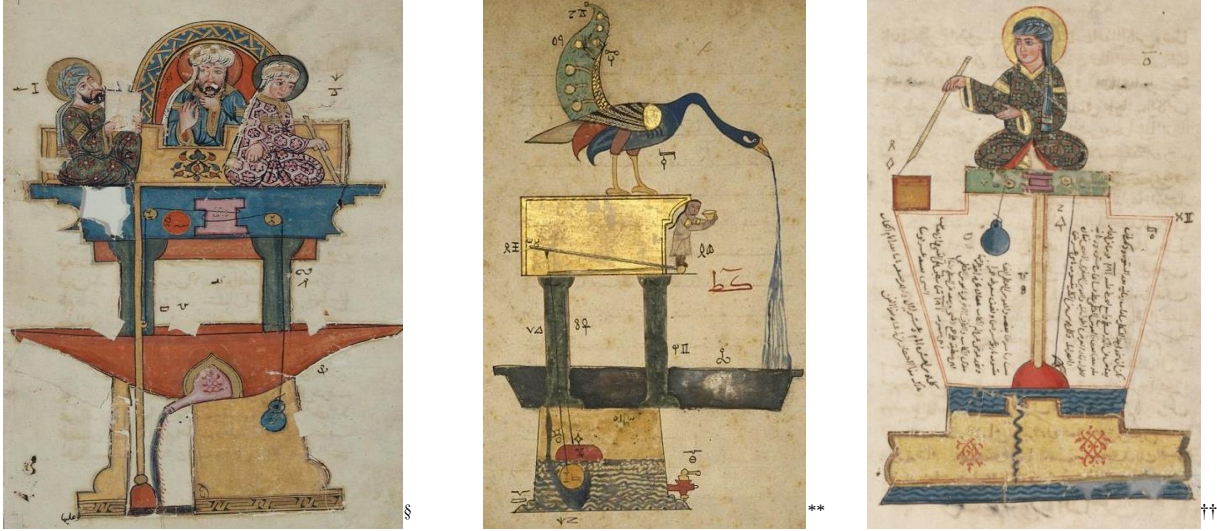
El-Cezeri'nin çalışmaları incelendiğinde, özellikle saatler ve otomatlarla ilgili çalışmalarda, yüzme-batma konusunu doğrudan ilgilendiren birçok tasarımı bulunmaktadır. "Kayık Su Saati"nin (Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 49; Şamandıranın detaylı anlatımı için bkz. s. 91) bir parçası olan şamandıra, yüzme-batma ve özkütle (yoğunluk) konularının işlenişinde kullanılabilir. Şamandıranın bir etkinlik olarak tasarlanabilmesi için boş bir kova, kovanın çapından daha uzun, levha şeklinde bir tahta parçası, makara, ip, çivi, tahta ağırlık ve demir ağırlık kullanılabilir. Kullanılan tahta parçasının demir parçasından daha ağır olmasına dikkat edilmelidir (Örneğin, 200 gram tahta ağırlık ile 100 gram demir ağırlık). Tahta levhaya makara çivi yardımıyla monte edilir. Makaranın serbestçe dönebilmesine dikkat edilmelidir. Daha sonra bir ucunda ahşap, diğer ucunda demir ağırlık bulunan ip, makaranın etrafında iki tur döndürülerek ağırlıklar kovanın içine bırakılır. İpin boyu, 200 gramlık ahşap ağırlık kovanın dibinde, 100 gramlık demir ağırlık ise kovanın üst kısmında ve tahta levhaya yakın, asılı duracak şekilde ayarlanmalıdır. Kovaya yavaşça su doldurulduğunda tahta ağırlığın yoğunluğunun az olması nedeniyle suyla birlikte yükseldiği, demir ağırlığın ise aynı oranda suya battığı gözlenir. Bu sırada makara, ip yardımıyla kendi ekseninde dönme hareketi yapar. Eğer

† http://www.muslimheritage.com/uploads/Overview_on_al-Jazari_Fig12.JPG

‡ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3d/Clock_of_al_Jazari_before_1206.jpg/220px-Clock_of_al_Jazari_before_1206.jpg

makara üzerine bir işaretçi çizilir ve levha üzerinde dolu ve boş konumlar işaretlenirse, kovanın içindeki su miktarının oranı gözlenebilen bir şamandıra mekanizması oluşur.

Bu şamandıra, El-Cezerî'nin birçok icadının temel prensiplerinden birini oluşturmaktadır ve basit malzemelerle ilköğretim düzeyinde rahatlıkla uygulanabilir. El-Cezerî'nin birçok tasarımında kullandığı şamandıra içeren tasvirlerinden bazıları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. El-Cezerî'nin Şamandıra İçeren İcatlarından Bazıları

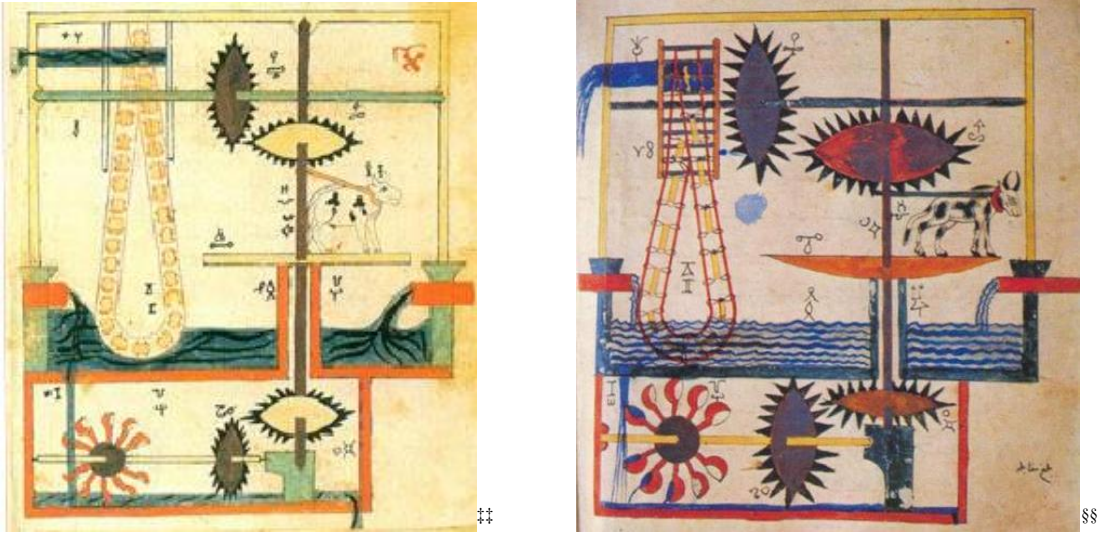
2) Kam Mili Etkinlikleri

El-Cezerî'nin icatlarında sıkça rastlanan bir diğer mekanizma kam milidir (Bkz. Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 46, 88, 124, 216, 218, 221, 225). Kam mili (camshaft), tarih boyunca su ve yel değirmenlerinde kullanılmış, günümüzde ise teknolojik bazı araçların önemli parçalarından biridir. Örneğin otomobillerde kam milleri, tek bir milin birçok silindiri aynı anda hareket etmesini sağladığı gibi, silindirlerin zamanlamalarını da belirlemektedir. Su ve yel değirmenlerinde ise kam mili ile birden fazla öğütücü aynı anda işletilebilmektedir. El-Cezerî kam millerini su çekme aletlerinde ve aynı anda birçok hareketin gerçekleştiği dans ve müzik otomatlarında kullanmıştır. Yazar tarafından etkinliğe dönüştürülen kam mili ile bilimsel oyuncaklar tasarlanabilmektedir. "Camshaft toy" olarak bilinen bu oyuncaklar eğlenceli ve dikkat çekici olmakla birlikte içerisinde büyük bir tarihsel gelişim süreci barındırmaktadır. Kam mili ile tasarlanabilecek oyuncak sayısı çok fazladır. Şekil 3'te El-Cezerî'nin kam mili ile hazırladığı icatlarından bazılarına, Şekil 4'te ise kam mili etkinliği olarak hazırlanabilecek ve bir tırtılın nasıl hareket ettiğini gösteren mekanik bir tırtıl örneği verilmiştir. Şekilde verilen tırtıl örneğinde harekete geçirilen tek bir kam mili aynı anda on farklı hareket oluşturmaktadır. Kam mili oyuncakları genellikle tamamen ahşaptan yapılırsa da, yapılışını kolaylaştırmak adına mukavva da kullanılabilir.

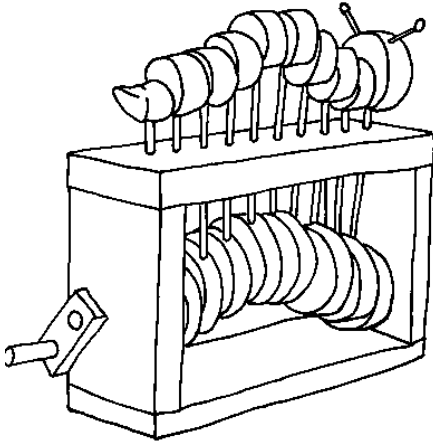
§ <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/cb/69/41/cb6941bcce64d49080149760965114d6.jpg>

** http://67.media.tumblr.com/0165d6671576e403254f264be9ce8f0b/tumblr_n57v94v5pX1rtynt1o7_500.jpg

†† https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Badi_al_Zaman_ibn_al_Razzaz_al_Jazari_-_Manuscript_of_Automata_-_Google_Art_Project.jpg



Şekil 3. El-Cezeri'nin Kam Mili İçeren İcatlarından Bazıları



Şekil 4. Tırtıl Hareketini Temsil Eden Örnek Kam Mili Oyuncağı

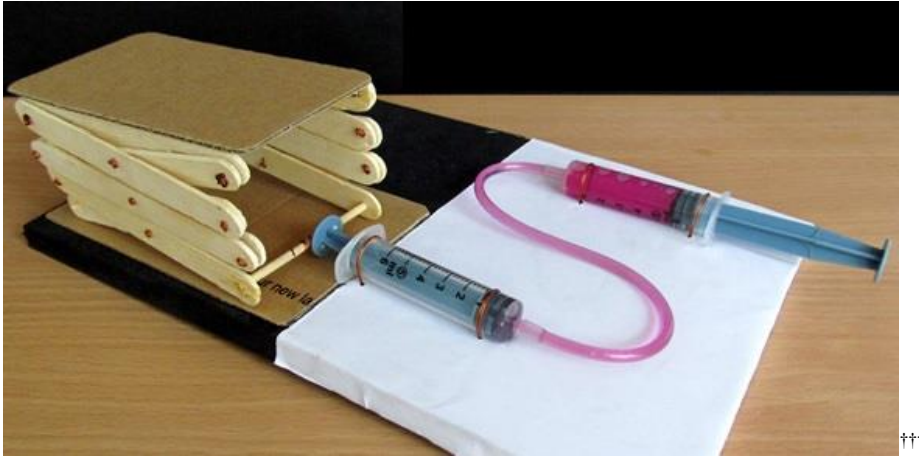
3) Basit Robotik Etkinlikleri

El-Cezeri'nin robotik bilimine büyük katkısı olmuştur. Hazırladığı robotik makinelerin neredeyse tamamında hidrolik düzeneklere rastlanmaktadır (Bkz. Tekeli, Dosay, ve Unat, 2002, s. 16, 48, 122, 142, 198) . Son yıllarda internet kullanımının yaygınlaşması ve internet üzerinden yapılan paylaşımların artmasıyla farklı platformlarda fen öğretmenleri ve öğrencilerinin robotikle ilgili projelerini paylaştıkları görülmektedir. Bu durum, robotiğin ilgi çekici bir alan olduğunu göstermektedir. El-Cezeri'nin çalışmaları bu projelere temel ve altyapı oluşturabilecek niteliktedir. Bu tarz projelerde, sıringalardan ve çıtılardan oluşan basit düzeneklere çeşitli iş makineleri, kaldıraçlar, bazı basit hareketleri yapabilen oyuncak robotlar geliştirilmektedir. Şekil 5'te platforma bırakılan cisimleri sıvı basıncı ile kaldırıp indirebilen ve tek fonksiyonu olan bir kaldıraç; Şekil 6'da ise yine sıvı basıncı ile çalışan ve birçok fonksiyonu olan bir iş makinesi görülmektedir.

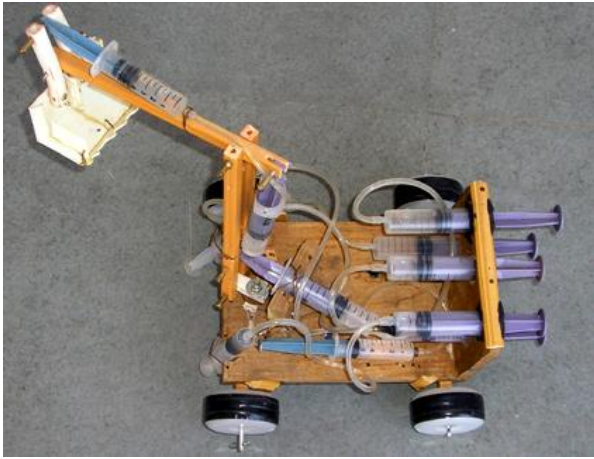
†† https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail_al-Jazari

§§ http://muslimheritage.com/sites/default/files/al_jazari_08.jpg

*** <http://www.mechanical-toys.com/cams.htm>



Şekil 5. Sıvı Basıncı ile Çalışan Kaldıraç Örneği



Şekil 6. Sıvı Basıncı ile Çalışan Çok Fonksiyonlu İş Makinesi Örneği

4) Batan Düzeneklerle İlgili Etkinlikler

El-Cezerî, kitabında sunduğu son tasarımında (Tekeli, Dosay ve Unat, 2002, s. 250), suya bırakılan ve içinde bulunduğu kayık suya battıkça elindeki kavalı çalan bir insan figürünün tasvirini vermiştir. Bu düzenek suya bırakıldıktan sonra kayık su almaya başlar ve aynı anda insan figürünün elindeki kaval çalmaya başlar. Batma ve kaval çalma süreci bu düzenekte tam bir saat sürmektedir. El-Cezerî, bu düzenegin zaman tutma amacıyla kullanıldığını belirtmektedir. Pirinçten yapılmış olan bu düzenegin yoğunluğu içinde bulunan hava deposu nedeniyle suyun yoğunluğundan azdır. Ancak düzenek, kayığın altında bulunan bir delikten hava deposuna yavaşça su almakta ve düzenegin içinde bulunan hava, depoya alttan su doldukça kavalın ucundan çıkmaktadır. Çıkan hava kavalın çalmasını sağlamakta ve bu süreç hava, yerini tamamen suyla değiştirene kadar devam etmektedir. Benzer bir düzenek ilköğretim düzeyinde sınıf ortamında benzer veya farklı şekillerde hazırlanabilir. Hazırlanan düzeneklerde hava çıkış noktasına havalı bir müzik aleti, düdük veya bir rüzgâr gülü bağlanabilir. Bu etkinlik yüzmeye, batmaya, yoğunluk (özkütle) başta olmak üzere birçok konu ve kavramın öğretilmesinde yardımcı olabilir. Şekil 7'de bahsi geçen düzenegin El-Cezerî tarafından çizimi verilmiştir.

††† <http://www.arvindguptatoys.com/toys/Liftingjack.html>

††† <http://www.arvindguptatoys.com/toys/jcbtruck.html>



Şekil 7. Kayıkta Kaval Çalan İnsan Figürü

Yukarıda önerilen etkinliklerin uygulama aşamasında fen, teknoloji, mühendislik, matematik ve sanat alanları uygulayıcının belirleyeceği düzeyde kullanılabilir. Önerilen etkinlikler birçok bilimsel süreç becerisinin birlikte kullanılması ve belli bir tasarım süreci gerektirmesi nedeniyle mühendislik; fen alanlarını doğrudan ilgilendiren konu ve kavram bilgisi içermesi nedeniyle fen; uzunluk ve ağırlıkla ilgili ölçümler ve düzenlemeler yapılması nedeniyle matematik; tasarımların günlük hayatta kullanılabilme ve insan hayatını kolaylaştırabilme özellikleri ve tarihsel süreçte teknolojinin değeri ve rolünün incelenebilmesi nedenleriyle teknoloji; yapılacak tasarımların geliştirilebilir olması, yaratıcılık ve hayal gücü ile kişiye özgü olması nedeniyle de sanat alanlarının vurgulanabileceği etkinliklerdir. Ayrıca etkinliklerde keskin sınırlarla belirlenmiş işlem basamakları verilmemiş, uygulayıcının özgür bir şekilde yaratıcılık ve hayal gücünü tasarımla birleştirilmesi amaçlanmıştır.

Sonuç

Günümüzde fen programları nitelikli bireyler yetiştirmekte zorlanırken, bilim insanlarının sahip oldukları nitelikleri nasıl kazanabildikleri fen programlarının hazırlanması aşamasında incelemeye değer bir konudur. Tarihsel şartlar göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada adı geçen bilim insanları ve daha niceleri örgün eğitim almadan, bilimsel merkezlerin ve bilgi ve araç-gereçlere ulaşımın kısıtlı olduğu, bilime karşı toplumsal baskı olan ve savaşlarda ilk önce kütüphanelerin yok edildiği bir dünyada nitelikli birey olarak boy göstermiş ve bu suretle 21. yüzyıl becerilerine sahip olmayı başarmıştır. Bilim insanlarının disiplinler arası çalışmaları ve bilim yaparken izledikleri yollar, 21. yüzyıl becerilerine sahip öğrenciler yetiştirmeyi hedefleyen fen programları ve FeTeMM eğitimi için önemli bir altyapı olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada bilim tarihinden seçilen etkinliklerin sınıf ortamına uyarlanması ile FeTeMM eğitiminin fen eğitiminde kullanımının kolaylaştırılmasına yönelik etkinlik örneklerine ve önerilere yer verilmiştir. Verilen örnek etkinlikler, El-Cezeri'nin icatları arasından seçilmiştir. El-Cezeri'nin icatlarında bilim, teknoloji, mühendislik, matematik ve sanatı bir arada görmek mümkündür. El-Cezeri, tarihte bilim ve teknolojiye hizmet etmiş pek çok nitelikli bilim insanından birisidir ve onun çalışmaları bu makalenin temel hedefini açıklamak için sadece bir örnektir. Bilim tarihinde sıkça rastlanılabilecek benzer bilimsel çalışmaların fen öğretiminde kullanılması, birçok konu ve kavramın öğretilmesine katkıda bulunacağı gibi FeTeMM alanlarının da bir arada uygulanmasını sağlayacaktır. Tarihten alınıp sınıf ortamına taşınabilecek birçok bilimsel deney ve icat bulunmaktadır. Bu çalışmaları sınıf ortamına ilgi çekici ve öğretici etkinlikler halinde taşımak, büyük oranda uygulayıcıların yaratıcılık ve olanaklarına bağlıdır.

Bilim tarihi, fen eğitimcileri için büyük bir etkinlik okyanusudur. Üstelik bu etkinlikleri sınıf ortamına taşımının neredeyse hiç bir maliyeti yoktur. Etkinliklerin öğrenme çıktıları, daha önce de belirtildiği gibi FeTeMM eğitimi hedeflerine ulaşma yolunda nitelikli bireyler yetiştirmek olarak tanımlanabilir. Türkiye'de yürürlükte olan fen bilimleri dersi öğretim programı, bu çalışmada bahsi geçen becerilerin kazandırılmasını ve sayısız etkinliğin FeTeMM alanlarına uyarlanmasına dair uygun alt yapıya sahiptir. 2017 yılında taslak olarak yayımlanan ve ilerleyen dönemlerde

yürürlüğe girmesi planlanan FeTeMM eğitimi içerikli fen bilimleri programı, bu çalışmada yer alan önerileri destekler niteliktedir.

Bilim tarihinden faydalanmadan, yüksek maliyetli FeTeMM merkezleri, okulları kurmak ve eğitim sistemlerini kökten değiştirmek kritik bir tercihtir. Zira daha önce de belirttiği gibi büyük reformlar büyük maliyet ve zaman gerektirmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, FeTeMM eğitimi ile ilgili reformların yapılmasını desteklemekte, ancak öncelikle sahip olunan kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasının önemine vurgu yapmaktadır.

Kaynakça

- Akaygün, S., & Aslan-Tutak, F. (2016). STEM Images Revealing STEM Conceptions of Pre-Service Chemistry and Mathematics Teachers. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 56-71.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* İstanbul, Türkiye: Aydın Üniversitesi.
- Atkinson, R. D., & Mayo, M. J. (2010). Refueling the US innovation economy: Fresh approaches to science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. *The Information Technology & Innovation Foundation, Forthcoming*.
- Baran, E., Canbazoglu-Bilici, S., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2016). *Moving STEM beyond schools: Students' perceptions about an out-of-school STEM education program*. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 9-19.
- Baran, E., Canbazoglu-Bilici, S., & Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) spotu geliştirme etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 5(2), 60-69.
- Bozkurt-Altan, E., Yamak, H., & Buluş-Kırıkkaya, E. B. (2016). Hizmetöncesi Öğretmen Eğitiminde FeTeMM Eğitimi Uygulamaları: Tasarım Temelli Fen Eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2).
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer Netherlands.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- Çınar, S., Pırasa, N., & Sadoğlu, G. P. (2016). Views of Science and Mathematics Pre-service Teachers Regarding STEM. *Universal Journal of Educational Research*, 4(6), 1479-1487.
- Çınar, S., Pırasa, N., Uzun, N., & Erenler, S. (2016). The Effect of STEM Education on Pre-Service Science Teachers' Perception of Interdisciplinary Education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(Special Issue), 118-142.
- Eger, J. (2013). STEAM... Now!. *The STEAM Journal*, 1(1), 8.
- Gencer, A. S. (2015). Fen Eğitiminde Bilim ve Mühendislik Uygulaması: Fırıldak Etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 5(1), 1-19.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Griffin, P., Care, E., & McGaw, B. (2012). The changing role of education and schools. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 1-15). Springer Netherlands.
- Kuzu, A. (2015). *El-Cezeri: Dünyanın ilk mühendisi*. Parola Yayınları.
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: subject matter without context. *The Electronic Journal of Science Education*, 3(2). Online Erişim: <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/lederman.html>.
- Maeda, J. (2013). STEM+ Art= STEAM. *The STEAM Journal*, 1(1), 34.
- Milli Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı ve kılavuzu*. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü.
- Milli Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, (2013). *İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi öğretim programı*. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı, Temel Eğitim Genel Müdürlüğü, (2017). *Fen bilimleri dersi taslak öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7, 8. sınıflar)*. Ankara.
- Morrison, J. S. (2006). Attributes of STEM education: The students, the academy, the classroom. *TIES STEM Education Monograph Series*. Baltimore: Teaching Institute for Excellence in STEM.

- Platz, J. (2007). How do you turn STEM into STEAM? Add the arts. *Ohio Alliance for Arts Education*. (Online Erişim Tarihi: 1/11/2016, <http://www.ikzadvisors.com/wp-content/uploads/2009/09/STEM-+-ARTS-STEAM.pdf>)
- Rosell, A.R., & Vilumara, P.G. (2010). Antoni Quintana-Mari (1907-1998): A pioneer of the use of history of science in science education. *Science & Education*, 19:925-929.
- Rossi, P. (2009). *Modern bilimin doğuşu*. Literatür Yayınları.
- Rotherham, A. J., & Willingham, D. T. (2010). "21st-Century" Skills. *American Educator*, 17.
- Sönmez, V. (2008). *Bilim felsefesi*. Ankara: Anı.
- Tarnoff, J. (2010). STEM to STEAM—Recognizing the value of creative skills in the competitiveness debate. *The Huffington Post*. (Online Erişim Tarihi: 1/11/2016, http://stematehs.pbworks.com/w/file/46306554/STEM2STEAM_Creativity.pdf)
- Taşar, M. F. (2003). Teaching history and the nature of science in science teacher education programs. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 30-42.
- Tekeli, S., Dosay, M., ve Unat, Y. (2002). El-Cami Beyne'l-ilm ve'l-Amel En-Nafi' Fı Es-Sinaa'ti'l-Hiyel. *Ankara: Türk Tarih Kurumu*.
- Tekeli, S., Kâhya, E., Dosay, M., Demir, R., Topdemir, H. G., Unat, Y., ve Koç-Aydın, A. (2012). *Bilim tarihine giriş*. Ankara: Nobel.
- Turgut, H. (2007). Scientific literacy for all. *Journal of Faculty of Educational Sciences*, 40(2), 233-256.
- Wagner, T. (2008). Rigor redefined. *Educational Leadership*, 66(2), 20-24.
- Watson, A. D., & Watson, G. H. (2013). Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education. *Journal for Quality & Participation*, 36(3), 1-4.
- Yamak, H., Bulut, N., & Dünder, S. (2014). 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2).
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuvar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2).
- Yıldırım, C. (2012). *Bilim tarihi*. İstanbul: Remzi.