



STEM Etkinliklerinin Ortaokul 6. Sınıf Öğrencilerinin Problem Çözme Becerilerine, Eleştirel Düşüncelerine ve STEM'e Yönelik Tutumlarına Etkisinin Araştırılması*

Sibel AÇIŞLI ÇELİK**

•Geliş Tarihi:07.01.2022 •Kabul Tarihi:05.04.2022 • Çevrimiçi Yayın Tarihi:05.04.2022

Öz

Bu çalışmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada deneme öncesi desenlerden tek gruplu ön test-son test modeli kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 2020-2021 eğitim-öğretim yılında bir devlet okulunun 6. sınıfında öğrenim gören 20 öğrenci oluşturmuştur. Uygulama iki aşamalı olarak toplam 5 hafta sürmüştür. İlk aşamanın uygulandığı ilk haftada öğrencilere LEGO Education Spike Prime Seti tanıtılıp kodlama öğretilmiştir. Uygulamanın ikinci aşamasında öğrenciler gruplar halinde dört hafta boyunca Süper Temizlik, Break Dans, Zıp Zıp Çekirgeler Yarışıyor ve Bozuk CNC Makinesi isimli 4 farklı etkinlik yapmışlardır. Araştırmada veri toplama aracı olarak Problem Çözme Envanteri, Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği, STEM Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin analizinden 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerine ve STEM'e yönelik tutumlarına olumlu yönde anlamlı katkı sağlarken, öğrencilerin problem çözme becerilerinde ise anlamlı farklılığa neden olmazken genel olarak problem çözme becerilerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: STEM, problem çözme becerileri, eleştirel düşünme becerileri, STEM'e yönelik tutum

Atıf:

Açışlı Çelik, S. (2022). STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 56, 287-313. doi:10.9779.pauefd.1054678

*Bu araştırma Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje No: 2020.S34.02.01

**Doç. Dr. Artvin Çoruh Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1144-2563, sacisli@artvin.edu.tr

Giriş

2001 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde National Science Education (NSF) eğitim direktörü J. Ramaley tarafından sürdürülebilir ekonomik büyümenin bilim ve teknolojide gerçekleşen girişimlerle mümkün olabileceği iddiasıyla bu alanlarda girişimci ve yaratıcı bireyler yetiştirmek üzere ortaya çıkarılan STEM; Bilim (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) kelimelerinin baş harflerinin kısaltmaları ile oluşmuş bir yaklaşımdır (Bybee, 2010; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Kennedy ve Odell, 2014; Martin-Paez, Aquilera, Perales-Palacios ve Gonzales, 2019; MEB, 2016; Yıldırım & Selvi, 2018). STEM, bir problemin çözümü için farklı öğrenme yaklaşımlarının (probleme dayalı, projeye dayalı, keşfedici ve açıklayıcı) bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerin bir araya gelmesi sonucunda gerçekleştirilen bir eğitim yaklaşımıdır (Fioriello, 2010). STEM, disiplinler arası bir yaklaşımla STEM konu alanlarına ilişkin bilgi, beceri ve inançların geliştirilmesine yönelik bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014). STEM eğitimi, öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunlara mühendislik ve tasarım becerileri ile bilimsel araştırma basamaklarını kullanarak çözmeye çalıştıkları etkili ve kaliteli öğrenme ve üst düzey düşünmeyi içeren bir eğitim olarak ifade edilebilir (Akkaya ve Benzer, 2020; Baran, Canbazoglu Bilici, Mesutoğlu ve Ocak, 2016; Bozkurt-Altan, Yamak ve Buluş-Kırıkkaya, 2016; Yıldırım ve Altun, 2015). Bilimsel araştırma yapabilmenin ve bilimin içeriğindeki düşüncelerin temelini oluşturan bu beceriler üst düzey becerileri olarak adlandırılmaktadır (Bozkurt ve Olgun, 2005). Üst düzey düşünme becerileri; eleştirel düşünme, üst düzey bilişsel süreçler (beceriler), problem çözme, yaratıcı düşünme gibi becerileri kapsamaktadır (Lewis & Smith, 1993). Eleştirel düşünme üst düzey bir düşünme becerisidir ve eleştirel düşünme ile problem çözme iç içe olan becerilerdir (Dewey, 1910). Problem çözme yaratıcı düşünmeyi, eleştirel düşünmeyi gerektiren, yani üst düzey düşünebilmeyi gerektiren bir beceri şeklidir (Erdem ve Genç, 2015; Gürleyürek, 2008). 21. yüzyılda bireylerden beklenen yaratıcılık, eleştirel ve analitik düşünme, problem çözme, işbirliği yapabilme gibi sahip olunması önemli olan becerilerinin gelişimi STEM eğitimi ile mümkün olmaktadır (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Bybee, 2010; Capraro ve Slough, 2008; Jorgenson, Vanosdall, Massey ve Cleveland, 2014; Morrison, 2006; National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC], 2009; NAE & NRC, 2014; Wai, Lubinski ve Benbow, 2010). STEM eğitimi öğrencilerin problem çözme, alternatif çözüm yolları bulma, eleştirel düşünme eğilimlerini olumlu şekilde etkilemekte ve 21. yy. becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır (Gündüz Bahadır ve Özey Köse, 2021; Uçar, 2019). 21.yy bireylerinden beklenen becerilerin başında problem çözme, yaratıcılık, işbirlikli çalışma ve eleştirel düşünme becerileri gelmektedir (Keçeci, Alan ve Kırbag-Zengin, 2017). Eleştirel ve yaratıcı düşünebilen, problem çözme becerilerine sahip, iş birliği yapabilen, teknolojik gelişmeleri takip edip teknolojiyi iyi kullanabilen yani 21. yy yeteneklerine sahip bireylerin yetiştirilmesi büyük öneme sahiptir. STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerilerini (Asıgıgan, 2019; Avan ve diğerleri, 2019; Bryan, Moore, Johnson ve Roehrig, 2016; Ceylan ve Özdilek, 2015; Cho ve Lee, 2013;

Çalışıcı ve Benzer, 2021; Doğan, Aydın ve Kahraman, 2020; İnce, Mısır, Küpeli ve Fırat, 2018; Lederman ve Lederman, 2013; Moore, Johnson, Peter-Burton ve Guzey, 2016; Nağaç, 2018; Parno, Yuliati, ve Ni'mah, 2019; Pekbay, 2017; Saleh, 2016; Snyder ve Snyder, 2008; Topsakal, 2018; Wosu, 2013); eleştirel düşünme eğilimlerini (Asıgığan, 2019; Avan ve diğerleri, 2019; Gülhan ve Şahin, 2016; Özçelik ve Akgündüz, 2018; Snyder ve Snyder, 2008; Topsakal, 2018; Uçar, 2019) ve STEM'e yönelik tutumlarını (Akkaya ve Benzer, 2020; Avan ve diğerleri, 2019; Aydın, Saka ve Guzey, 2017; Baran ve diğerleri, 2016; Gülhan ve Şahin, 2016; Lie, Guzey ve Moore, 2019; Özcan ve Koca, 2019; Pekbay, 2017; Rehmat, 2015; Tseng, Chang, Lou, Chen, 2013; Uğraş, 2018) inceleyen çalışmalar bulunmaktadır.

Öğrencilerin STEM disiplinleri arasında ilişki kurabilmeleri, öğrendikleri bilgileri günlük yaşamda kullanabilmeleri için STEM eğitiminin 5E öğrenme modeli ile entegre edilmesi önerilmektedir (Selvi ve Yıldırım, 2018). 5E öğrenme modeli öğrencinin öğrenme merakını ortaya çıkaran, onların ilgi ve beklentilerine cevap verebilen ve sahip oldukları bilgi ve becerilerinin aktif bir şekilde kullanmalarına imkân sağlayan bir modeldir (Bybee, 1997; Ergin, 2006; Martin, 2006). 5E öğrenme modeli Giriş (Engage), Keşif (Explore), Açıklama (Explain), Genişletme (Elaborate) ve Değerlendirme (Evaluate) aşamalarından oluşmakta olup ismini aşamalarının sayısından ve baş harflerinden almıştır (Açıışlı-Çelik ve Turgut, 2011). Modelin giriş aşaması, etkinliklere katılım ve araştırmanın planlamasını; keşif aşaması, konunun ve kavramların araştırılmasını; açıklama aşaması, konuyu veya kavramı anlamayı; genişletme aşaması, kavramsal bilgiyi yeni durumlara uygulamayı ve değerlendirme aşaması da, tüm etkinlik sürecini ve bu süreçteki kazanımları değerlendirmeyi ifade eder (Akdeniz ve Keser, 2004). STEM eğitiminde 5E öğrenme modelinin kullanılmasıyla öğrenci araştırıp keşfederek konuya odaklanır, bilgileri organize ederek derinlemesine öğrenir ve öğrendiklerini yeni durumlara transfer eder (Selvi ve Yıldırım, 2018). 5E öğrenme modelinin STEM eğitiminde kullanılması ile öğrencinin kendi bilgilerini kendilerinin yapılandırılmalarına yardımcı olunmaktadır (Uçar, 2019). STEM eğitiminin en iyi şekilde uygulanabileceği yöntemlerin başında 5E öğrenme modeli bulunmaktadır (Selvi ve Yıldırım, 2018). STEM eğitiminde 5E öğrenme modeli uygulanırken, modelin giriş aşamasında öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak ve konuya dikkatin çekildiği; keşif aşamasında konunun araştırıldığı; açıklama aşamasında konuyu anlamayı; genişletme aşamasında STEM entegrasyonunun sağlandığı ve bilginin yeni durumlara uygulandığı ve değerlendirme aşamasında ortaya çıkan ürünün değerlendirilmesi yapılır (Yıldırım, 2021).İlgili alan yazında yapılan çalışmalar incelendiğinde robotik kodlama STEM setleri ile yapılan 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu bağlamda araştırmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

- 1) 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6.sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine etkisi var mıdır?
- 2) 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6.sınıf öğrencilerinin eleştirel düşüncelerine etkisi var mıdır?
- 3) 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6.sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarına etkisi var mıdır?

Yöntem

Araştırmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada zayıf deneysel desenlerden tek gruplu ön test-son test modeli kullanılmıştır. Deneysel desenler; deneyi gerçekleştiren araştırmacının “uygulama” olarak adlandırdığı süreçte bağımsız değişken dışındaki diğer tüm koşul ve değişkenlerin sabit tutulması ile deney grubundaki bireyler üzerine ne tür etkide bulunduğu incelenmesi üzerine kuruludur (Ross ve Morrison, 2004).

Araştırmanın örneklemini 2020-2021 eğitim-öğretim yılında bir devlet okulunun 6. sınıfında öğrenim gören 20 öğrenci oluşturmuştur. Çalışma iki aşamalı olarak toplam 5 hafta sürmüştür. Uygulamanın ilk aşamasında öğrencilere STEM eğitimi ve yapılacak etkinlikler hakkında bilgi verilip etkinlikler sırasında kullanacakları robotik kodlama seti tanıtılarak öğrencilere kodlama eğitimi verilmiştir. Uygulamanın ikinci aşamasında öğrenciler 2'şer kişilik gruplar halinde dört hafta boyunca öğrenciler 2'şer kişilik gruplar halinde robotik kodlama STEM setlerinden LEGO Education Spike Prime Setiyle 4 farklı robotik kodlama etkinliği (Süper Temizlik, Break Dans, Zıp Zıp Çekirgeler Yarışıyor ve Bozuk CNC Makinesi) yapmışlardır. Etkinlikler ortaokul öğrencilerinin seviyesine uygun olup araştırmacının rehberliğinde gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada dört hafta süresince öğrencilere yaptırılan Süper Temizlik, Break Dans, Zıp Zıp Çekirgeler Yarışıyor ve Bozuk CNC Makinesi etkinlikleri için geliştirilen STEM etkinliği ders plan örneklerinden Bozuk CNC Makinesi isimli etkinlik örneği aşağıda verilmiştir.

Etkinliğin Adı: Bozuk CNC Makinesi

Hedef: Yaptıkları tasarımdaki olası problemleri tespit etme, sonrasında da problemi giderme

Giriş Aşamasında Yapılan Uygulamalar

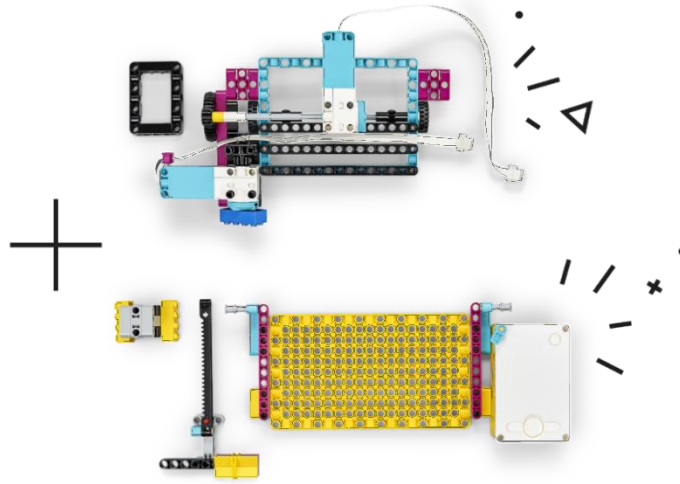
Bu aşamada etkinliğe başlamadan önce öğrencilerde merak uyandırmak için “Bir şey bozulduğunda genellikle ilk tepkiniz ne olur? Bir şeyi onarmadan önce ilk olarak ne yaparsınız? En son onardığınız şey nedir? Problemi nasıl buldunuz? CNC makinesi nedir? Ne için kullanıldığını biliyor musunuz?” soruları sorularak öğrencilerin etkinliğe dikkatleri çekilmeye çalışılmıştır. Öğrenciler soruları

cevaplandırırken öğretmen müdahalede bulunmamıştır. Daha sonra öğrencilere etkinlik hakkında bilgi verilerek yapacakları etkinliğin videosu izlettirilmiştir.

Keşif Aşamasında Yapılan Uygulamalar

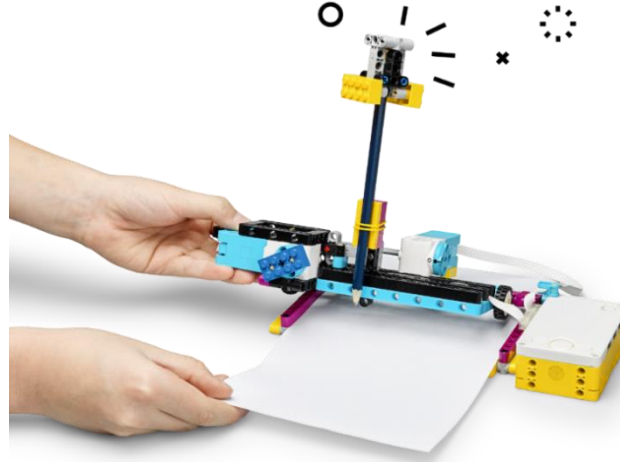
Bu aşamada öğrencilerin bir sorunu çözmek ve olayı açıklayıp çözümlmek için düşünceler üretmeye çalışırlar. Bu aşamada öğrenciler öğretmen rehberliğinde grup halinde CNC makinesini yapmaları için;

1. CNC Makinesinin yapımı için gerekli olan malzemeler öğrencilere verir.
 - a) A Öğrencisi: CNC makinesinin üstü
 - b) B Öğrencisi: CNC makinesinin altı ve iğnesi
2. Kılavuzdaki inşa ipuçları doğrultusunda makineyi inşa ederler. Öğrencilere yaptıkları makinenin çalışmayacağını hatırlatması yapıldı.



Şekil 1. CNC Makinesi yapımı

3. Öğrenciler makineyi yaptıktan sonra onlara kâğıt besleyicideki dişlilerin diş sayılarının birbirine oranı hesaplatılmıştır. Bu dişlilerin ve buldukları oranın, CNC'ye giren kâğıdın hızını nasıl kontrol ettiğini açıklamaları istenmiştir.
4. Öğrencilere “CNC makinesindeki dişlilerin yerlerini değiştirirsek ne olur?” diye sorulmuş ve sonrasında bu durumu denemeleri istenmiştir.
5. Sonrasında öğrenciler eğitmen eşliğinde bilgisayarlarından programı yapıp yüklemişlerdir. Sonrasında öğrenciler programı çalıştırmışlar ve makinenin çalışmadığını görmüşlerdir.
6. Öğrencilere yaptıkları makinenin çalışıp çalışmadığını daha kolay anlamaları için önceden tasarlanıp hazırlanmış olan belge verilmiştir. Öğrencilerden belgeyi makineye yerleştirerek makineyi çalıştırmaları istenmiştir. Öğrenciler makineyi çalıştırdıklarında makinenin çalışmadığını görmüşlerdir. Bu aşamada öğrencilere ipucu olarak “CNC makinesinin parçaları kesmene yardımcı olması gerekiyor, ama senin makinen çalışmıyor. Bir terslik var ama terslik programda değil sorun makineden kaynaklanıyor” denilmiştir.



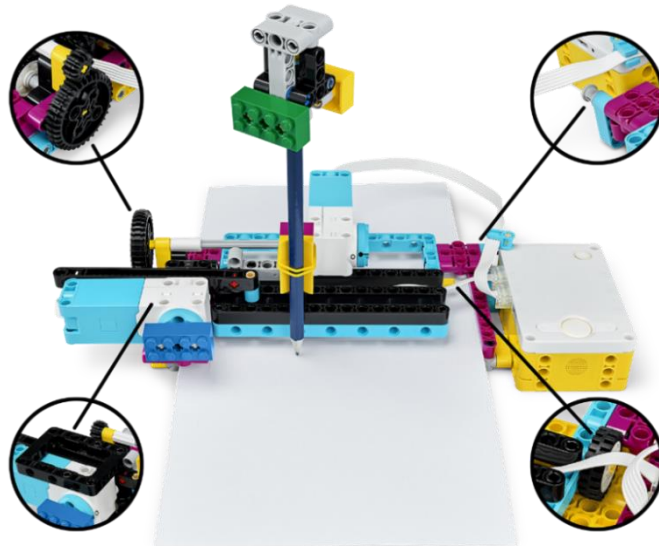
Şekil 2. CNC Makinesi

Açıklama Aşamasında Yapılan Uygulamalar

Öğrenciler edindikleri deneyimler vasıtasıyla yaptıkları CNC makinesinde ve programda gördükleri problemleri ve olası çözümleri hakkında konuşmaları için teşvik edilmiştir. Öğrenciler CNC makinesinin problemlerini grup arkadaşlarıyla tartışıp olası çözüm önerilerini etkinlik kâğıdına yazmışlardır. Bu esnada gruplara buldukları problemlerin resimlerini ya da videosunu çekmeleri ve yaptıkları onarımları belgelendirmeleri istenmiştir. Öğretmen öğrencileri çalışmayan makinenin sorunları ortadan kaldırmak için araştırma yapmalarına, soru sormaları için teşvik etmiştir.

Öğrencilerden bulmaları beklenen CNC makinesinin düzgün çalışması için onarılması gereken 4 problem vardır:

1. Kâğıt besleyicinin tekerleği olmadığı için Y eksen düzgün çalışmaz.
2. CNC makinesinin üstü, altına doğru şekilde bağlanmamıştır.
3. Kâğıt besleyici dişlileri içe dönük olduğu için kâğıt CNC'ye çok hızlı girer.
4. Kurşun kalem taşıyıcı takılmadığı için X eksen düzgün çalışmaz.



Şekil 3. CNC Makinesi problemler ve olası çözümleri

Genişletme Aşamasında Yapılan Uygulamalar

Bu aşamada ilk olarak her gruptan yaptıkları makineleri ve programları değiştirerek CNC makinelerini iyileştirmeleri istenmiştir. Her gruptan makinelerinde yaptıkları iyileştirmeleri içeren sorun giderme rehberi hazırlamaları ve onu diğer sınıf arkadaşlarıyla paylaşmaları istenmiştir. Sonrasında her grup onardıkları yazıcılarına önceden kendilerine verilen kâğıdı yazıcıya yerleştirerek yazdırmışlardır.

Bu aşamada öğrencilerden CNC makinelerini onardıktan sonra makinelerinde üç iyileştirme yapmaları istenmiştir.

1. Öğrencilerden otomatik bir kâğıt besleyici oluşturmak için makinelerine bir renk sensörü ekleyerek CNC makinelerini geliştirmeleri istenmiştir.
2. Öğrencilerden makineleri ile eğrilerde içeren karmaşık şekiller çizmeler istenmiştir.
3. Öğrencilerden makinelerinin motor konumunu sıfırlayacak bir program yapmaları istenmiştir.

Değerlendirme Aşamasında Yapılan Uygulamalar

Bu aşamada her gruba öğretmen tarafından performansları hakkında geri bildirim verilmiştir. Değerlendirme aşamasında öğrencilerin yeni edindikleri bilgiler değerlendirilerek bir sonuca ulaşmaları beklenmektedir. Bu aşamada ilk olarak öğretmen konunun öğrenciler tarafından öğrenilip öğrenilmediğini anlamak için öğrencilere konu ile ilgili sorular sorar sonrasında ise her gruba öğretmen tarafından öğrencilere uygulama boyunca öğrendikleri bilgiler ışığında dönütler verilir konu bitirilmiştir.

Çalışmada gerçekleştirilen Süper Temizlik, Break Dans, Zıp Zıp Çekirgeler Yarışıyor ve Bozuk CNC Makinesi etkinlik uygulamalarından fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 4. Break dans etkinliği



Şekil 5. Zıp zıp çekirge etkinliği



Şekil 6. Süper temizlik etkinliği



Şekil 7. Bozuk CNC makine etkinliği

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu 2020-2021 eğitim-öğretim yılında Artvin il merkezindeki bir devlet ortaokulunun iki şubesinde ortaokul 6. sınıfta öğrenim görenve çalışmaya gönüllü olarak katılan 20 öğrenci oluşturmuştur. Çalışma toplam 5 hafta süreceğinden dolayı ders dışı zamanlarda yapılması

gerektiği için çalışma grubunun belirlenmesindeki temel ölçüt çalışmaya ilgi duymaları ve gönüllü olmalarıdır. Araştırma için benzer bir kontrol grubu seçildiğinde etkinliklerin içeriğinden yani yeni bir etkinlik sürecinin uygulandığı bu süreçte yürütülecek çalışmalardan dolayı araştırma tek grup ile yürütülmüştür. Tek gruplu deneysel desenin yeni bir etkinlik sürecinin geliştirilip uygulandığı araştırmalarda tercih edilmesinin araştırmanın doğasına daha uygun olacağı belirtilmiştir (Creswell, 2014). Çalışmaya katılan öğrencilerin 10'u kız 10'u da erkektir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak problem çözme envanteri, eleştirel düşünme ölçeği ve STEM tutum ölçeği kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan;

Problem Çözme Envanteri

Araştırmada Serin, Serin Bulut ve Saygılı (2010) tarafından geliştirilen 5'li likert tipi, bireyin problem çözme becerileri konusunda kendini algılayışını ölçen problem çözme envanterin de Hiçbir zaman (1), Ender olarak (2), Arada sırada (3), Sık sık (4), Her zaman (5) ifadeleri yer almaktadır. Ölçeğin Problem Çözme Becerisine Güven faktörü 12 maddeden (1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23); Öz Denetim faktörü 7 maddeden (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) ve Kaçınma faktörü 5 maddeden (16, 18, 20, 22, 24) olmak üzere toplam 24 maddeden oluşmakta ve ölçeğin tamamının Cronbach Alfa güvenilirlik katsayısı 0,80 olarak bulunmuştur. Bu araştırmada problem çözme ölçeğinin güvenilirliği Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı 0,944 olarak bulunmuştur.

STEM Tutum Ölçeği

Araştırmada Faber ve diğerleri, (2013) tarafından geliştirilen ve Yıldırım ve Selvi (2015) tarafından Türkçe'ye çevrilen ve öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını ölçen STEM tutum ölçeği 37 madde ve 4 alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçek; Kesinlikle Katılıyorum (5), Katılıyorum (4), Kararsızım (3), Katılmıyorum (2) ve Kesinlikle Katılmıyorum (1) şeklinde 5'li likert tipi bir ölçektir. Ölçeğin alt boyutlarının güvenilirlik katsayısı 0,86-0,89 arasında değer almaktadır. Bu araştırmada STEM tutum ölçeğinin Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı 0,921 olarak bulunmuştur. Ölçeğin Matematik alt boyutu (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) maddelerinden; Fen alt boyutu (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) maddelerinden; Mühendislik ve Teknoloji alt boyutu (18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26) maddelerinden ve 21.Yüzyıl Yetenekleri alt boyutu (27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37) maddelerinden oluşmaktadır.

Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği

Eleştirel düşünme eğilimi ölçeği Ertaş-Kılıç ve Şen (2014) tarafından geliştirilmiş olup beşli likert tipinde 25 madde ve katılım, bilişsel olgunluk ve yenilikçilik olmak üzere toplam 3 alt boyuttan oluşmaktadır. Katılım alt boyutu 11 maddeden (2, 3, 5, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 21), bilişsel olgunluk alt boyutu 7 maddeden (1, 12, 15, 19, 23, 24, 25) ve yenilikçilik alt boyutu da 7 maddeden (4, 6, 10, 11, 14,

20, 22) oluşmaktadır. Bu araştırmada Eleştirel Düşünme Eğilimi ölçeğinin Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı 0,909 olarak bulunmuştur.

Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 22.0 istatistik programı ile değerlendirilmiştir. Araştırmaya katılan çalışanların tanımlayıcı özelliklerinin belirlenmesinde frekans ve yüzde analizlerinden, ölçeğin incelenmesinde ortalama ve standart sapma istatistiklerinden yararlanılmıştır. Araştırma verilerinin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Kurtosis (Basıklık) ve Skewness (Çarpıklık) değerleri ve Shapiro-Wilk Testi anlamlılık düzeyi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Puanların Çarpıklık-Basıklık Değerleri ve Shapiro-Wilk Testi Anlamlılık Düzeyi Sonuçları

Ölçek	Alt boyut	Uygulama	N	Basıklık	Çarpıklık	Shapiro-Wilk		
						İst.	p	
Problem Çözme	Problem Çözme Becerisine Güven	Ön test	20	-0,516	0,270	,967	,695	
		Son test	20	0,474	-0,809	,922	,109	
	Öz Denetim	Ön test	20	-0,877	0,222	,951	,385	
		Son test	20	-0,734	0,528	,926	,130	
	Kaçınma	Ön test	20	-0,156	0,203	,977	,895	
		Son test	20	-0,252	0,208	,975	,848	
	Toplam	Ön test	20	-0,870	-0,346	,957	,484	
		Son test	20	0,527	0,166	,973	,809	
	STEM Tutum	Matematik	Ön test	20	0,742	-0,200	,955	,446
			Son test	20	0,844	0,974	,741	,000
Fen		Ön test	20	-0,002	-0,512	,967	,682	
		Son test	20	0,935	-1,113	,851	,005	
		Ön test	20	0,465	-1,032	,893	,031	

Mühendislik ve Teknoloji	Son test	20	-0,233	-1,001	,855	,006
	Ön test	20	-0,556	-0,473	,949	,346
21.Yüzyıl Yetenekleri	Son test	20	-0,354	-0,589	,948	,336
	Ön test	20	-0,816	-0,376	,955	,445
STEM Tutum Toplam	Son test	20	-0,546	-0,570	,936	,201
	Ön test	20	0,542	-1,030	,894	,032
Katılım	Son test	20	1,051	-1,011	,924	,119
	Ön test	20	0,854	-0,599	,951	,383
Eleştirel Düşünme Eğilimi	Son test	20	-0,691	-0,395	,956	,476
	Ön test	20	0,863	-0,925	,915	,078
Yenilikçilik	Son test	20	-0,856	-0,420	,950	,364
	Ön test	20	1,265	-0,900	,924	,118
Eleştirel Düşünme Eğilimi Toplam	Son test	20	-0,338	-0,610	,942	,266
	Ön test	20	0,863	-0,925	,915	,078

Tablo 1 incelendiğinde problem çözme envanteri ve alt boyutlarının, STEM tutum ölçeği ve alt boyutlarının ve eleştirel düşünme eğilimi ölçeği ve alt boyutlarının ön test-son test verilerinin Shapiro-Wilk testi sonuçları gösterilmiştir. Literatürde, değişkenlerin basıklık çarpıklık değerlerinin +1.5 ile -1.5 (Tabachnick ve Fidell, 2013), +2.0 ile -2.0 (George ve Mallery, 2010) arasında olması normal dağılım olarak kabul edilmektedir. Değişken varyansının bilinmemesi durumunda t-dağılımı; ana kütle normal dağılım göstermiyorsa parametrik olmayan testler uygulanmaktadır (Field, 2009, s.42, 45, 345). Büyük sayılar kanunu ve merkezi limit teoremine göre örneklem olarak yeterli seviyede olmasından dolayı dağılımın normal olduğu varsayılarak analizlere devam edilmiştir (Harwiki, 2013, s.879; İnal ve Günay, 2013; Johnson ve Wichern, 2014).

Tekrarlı ölçümler arasındaki fark eşleşmiş grup t-testi ile analiz edilmiştir. Etki büyüklüğünü hesaplamak için Cohen(d) ve Eta kare(η^2) katsayıları kullanılmıştır. Etki büyüklüğü gruplar arasındaki farkın önemli kabul edilecek büyük bir fark olup olmadığını göstermektedir. Cohen değeri 0.2: küçük;

0.5:orta; 0.8: büyük olarak, eta kare değeri 0.01: küçük; 0.06: orta; 0.14:büyük olarak değerlendirilmektedir (Büyüköztürk ve diğerleri, 2018).

Bulgular

Bu bölümde, araştırma probleminin çözümü için, araştırmaya katılan öğrencilerden ölçekler yoluyla toplanan verilerin analizi sonucunda elde edilen bulgular yer almaktadır. Uygulama öncesinde ön test olarak Problem Çözme Envanteri, Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği ve STEM Tutum Ölçeği uygulanmış, uygulamalar bittiğinde ise 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisini belirlemek amacıyla ölçekler son test olarak uygulanmış olup elde edilen veriler aşağıda sunulmuştur.

Problem çözme becerisine yönelik ön test-son test arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan analiz sonrası bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Problem Çözme Envanteri Ön Test-Son Test Puanlarının Karşılaştırılması*

Ölçümler	Ön test		Son test		N	t	p
	Ort	Ss	Ort	Ss			
Problem Çözme Toplam	70.250	5.875	72.100	10.548	20	-1,043	0,310
Problem Çözme Becerisine Güven	41,400	5,753	43,350	6,945	20	-1,538	0,141
Öz Denetim	14,600	3,185	14,050	4,915	20	0,845	0,409
Kaçınma	10,350	3,014	10,600	3,500	20	-0,483	0,635

Tablo 2 incelendiğinde, problem çözme envanteritoplam ön test değerine ($\bar{x}=70,250$) göre problem çözme envanteri toplam son test değerindeki ($\bar{x}=72,100$) artış anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$). Problem çözme becerisine güven ön test değerine ($\bar{x}=41,400$) göre problem çözme becerisine güven son test değerindeki ($\bar{x}=43,350$) artış anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$). Öz denetim ön test değerine ($\bar{x}=14,600$) göre öz denetim son test değerindeki ($\bar{x}=14,050$) düşüş anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$). Kaçınma ön test değerine ($\bar{x}=10,350$) göre kaçınma son test değerindeki ($\bar{x}=10,600$) artış anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$).

STEM'e yönelik tutum ön test ile STEM'e yönelik tutum son test arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan analiz sonrası bulgular Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. STEM Tutum Ölçeği Ön Test-Son Test Puanlarının Karşılaştırılması

Ölçümler	Ön test		Son test		N	t	p
	Ort	Ss	Ort	Ss			
STEM	137,200	15,713	149,800	15,710	20	-7,703	0,000
Matematik	25,600	2,303	27,950	2,800	20	-3,409	0,003
Fen	33,550	4,651	36,700	4,714	20	-4,336	0,000
Mühendislik ve Teknoloji	34,700	4,680	38,700	5,841	20	-6,203	0,000
21.yüzyıl Yetenekleri	43,350	6,499	46,450	6,337	20	-5,715	0,000

Tablo 3 incelendiğinde, STEM tutum ölçeği toplam ön test değerine ($\bar{x}=137,200$) göre STEM tutum ölçeği toplam son test değerindeki ($\bar{x}=149,800$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-7,703$; $p=.000<.05$; $d=-1,722$; $\eta^2=0,757$). Matematik alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=25,600$) göre matematik alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=27,950$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-3,409$; $p=.003<.05$; $d=-0,762$; $\eta^2=0,380$). Fen alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=33,550$) göre fen alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=36,700$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-4,336$; $p=.000<.05$; $d=-0,970$; $\eta^2=0,497$). Mühendislik ve teknoloji alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=34,700$) göre mühendislik ve teknoloji alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=38,700$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-6,203$; $p=.000<.05$; $d=-1,387$; $\eta^2=0,669$). 21.yüzyıl yetenekleri alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=43,350$) göre 21.yüzyıl yetenekleri alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=46,450$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-5,715$; $p=.000<.05$; $d=-1,278$; $\eta^2=0,632$).

Çalışmada öğrencilerin eleştirel düşünme eğilimi ön test puanları ile eleştirel düşünme eğilimi son test puanları arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan analiz sonrası bulgular Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği Ön Test-Son Test Puanlarının Karşılaştırılması

Ölçümler	Ön test		Son Test		N	t	p
	Ort	Ss	Ort	Ss			
Eleştirel Düşünme Eğilimi	90,700	15,256	107,150	11,490	20	-7,332	0,000
Katılım	39,650	6,862	47,100	5,088	20	-6,750	0,000
Bilişsel Olgunluk	25,900	4,459	29,900	3,194	20	-6,409	0,000

Yenilikçilik	59,850	7,485	64,850	7,242	20	-6,189	0,000
--------------	--------	-------	--------	-------	----	--------	-------

Tablo 4 incelendiğinde, eleştirel düşünme eğilimi ölçeği toplam ön test değerine ($\bar{x}=90,700$) göre eleştirel düşünme eğilimi ölçeği toplam son test değerindeki ($\bar{x}=107,150$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-7,332$; $p=.000<.05$; $d=-1,639$; $\eta^2=0,739$). Katılım alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=39,650$) göre katılım alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=47,100$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-6,750$; $p=.000<.05$; $d=-1,509$; $\eta^2=0,706$). Bilişsel olgunluk alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=25,900$) göre bilişsel olgunluk alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=29,900$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-6,409$; $p=.000<.05$; $d=-1,433$; $\eta^2=0,684$). Yenilikçilik alt boyutu ön test değerine ($\bar{x}=59,850$) göre yenilikçilik alt boyutu son test değerindeki ($\bar{x}=64,850$) artış anlamlı bulunmuştur ($t=-6,189$; $p=0,000<0,05$; $d=-1,384$; $\eta^2=0,668$).

Tartışma ve Sonuç

Araştırmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin analizinden 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerini geliştirmede anlamlı farklılık olmasa da aritmetik ortalamalar incelendiğinde öğrencilerin problem çözme becerilerinde genel olarak artış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerilerinde anlamlı farklılık oluşturmaması, öğrencilerin problem çözme becerilerinin çalışma öncesinde iyi düzeyde olmasından ya da problem çözme becerilerini ölçen ölçme aracının istediğimiz seviyede ölçmeyi gerçekleştirmemesi sebebiyle olabilir. Araştırmada öğrencilerin etkinlikleri yaparken çeşitli problemlerle karşılaşmaları, problemleri tespit etmeleri, araştırmalar yaparak bu problemlere çözüm önerileri sunmaları, çözümlerini deneme çabalarının onların problem çözme becerilerinin gelişimine katkı sağladığı yani yapılan etkinliklerin öğrencilerin problem çözme becerilerine yönelik algılarını olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Bu durum STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmede faydalı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu bağlamda STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiğine dair literatürde yer alan araştırma sonuçları bu araştırmayı destekler niteliktedir (Avan ve diğerleri, 2019; İnce ve diğerleri, 2018; Nağaç, 2018). Bu bağlamda sonuç literatürde yer alan (Ceylan, 2014; Kurt, 2019; Şahin, Ayar ve Adıgüzel, 2014) bazı araştırma sonuçlarıyla da çelişmektedir. Benzer şekilde Aşığışan (2019) oyunlaştırılmış STEM uygulamalarının ilkokul öğrencilerinin eleştirel düşünme eğilimlerine olumlu katkı yaptığını buna karşın problem çözme becerilerinde ön test-son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmamasına karşın öğrenciler ile yapılan görüşmelerin ve yapılan gözlemlere göre öğrencilerin problem çözme algılarının geliştiğini belirtmiştir. Nağaç (2018), madde ve sıvı ünitesinin öğretiminde FeTeMM uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine etkisi olmadığını ifade etmiştir.

Araştırmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarıyla ilgili anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Bu bağlamda yapılan etkinliklerin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına olumlu katkı sağladığını göstermektedir. STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına olumlu katkı sağladığına dair literatürde yer alan birçok çalışma sonucu bu araştırmayı destekler niteliktedir (Akın, 2019; Akkaya ve Benzer, 2020; Avan ve diğerleri, 2019; Aydın ve diğerleri, 2017; Ceylan, 2014; Gülhan ve Şahin, 2016; Hayden, 2011; Lou, Shih, Diez ve Tseng, 2011; Karışan ve Yurdakul, 2017; Kurt, 2019; Özcan ve Koca, 2019; Yamak, Bulut ve Dündar, 2014; Yıldırım, 2018; Yıldırım ve Selvi, 2016). Ayrıca araştırmada STEM tutum ölçeği fen, matematik, 21.yüzyıl yetenekleri ve mühendislik ve teknoloji alt boyutlarında da STEM'e yönelik tutumlarıyla ilgili anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada Baran ve diğerleri, (2016) tasarım döngüsünü kullanarak ortaokul öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarını araştırmışlar ve çalışmalarının sonucunda öğrencilerin olumlu tutumlar sergilediklerini ifade etmişlerdir. Aydın ve diğerleri, (2017) ilkökul 4. ve 8. sınıf öğrencilerinin FeTeMM tutum seviyelerinin katılıyorum seviyesinde olduğunu tespit etmişlerdir. Lou ve diğerleri, (2011) probleme dayalı öğrenmenin STEM eğitime uyarlanmasının 10.sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik olumlu tutum geliştirdiklerini tespit etmişlerdir.

5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinlikleri öğrencilerin karşılaştıkları problemlere eleştirel düşünme becerileri ile çözüm odaklı yaklaşımlarından dolayı öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini olumlu bir şekilde etkilediği görülmüştür. STEM etkinliklerinin ölçeğin katılım, bilişsel olgunluk ve yenilikçilik alt boyutlarında da öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin gelişimine anlamlı seviyede katkı sağladığı yorumu yapılabilir. STEM etkinliklerinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiğine dair literatürde yer alan birçok çalışma sonucu bu araştırmayı destekler niteliktedir (Acar, 2018; Avan ve diğerleri, 2019). İlgili alan yazın incelendiğinde; Snyder ve Snyder (2008) öğrencilerin daha aktif bir şekilde yer aldığı işbirlikli aktivitelerin onların problem çözme becerilerini ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiğini ifade etmiştir. Uçar (2019) argümantasyon ile desteklenmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin gelişimine katkıda bulunduğunu tespit etmiştir. Özçelik ve Akgündüz (2018), üstün yetenekli öğrencilerle yaptığı STEM etkinliklerinin öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık, işbirliği yapma ve iletişim kurma gibi 21. yy becerilerinin gelişimine katkı sağladığını ifade etmiştir. Hacıoğlu ve Gülhan (2021) STEM eğitiminin ortaokul öğrencilerinin eleştirel düşünme eğilimlerini ve STEM algılarını olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Öneriler

Bu çalışmada 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına

etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın amaçları doğrultusunda elde edilen verilerin analiz edilmesinin ardından şu önerilerde bulunulabilir:

- Farklı konularda 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının daha farklı değişkenlerle nitel ve nicel çalışmaların sayısı artırılabilir.
- İleride yapılması planlanan çalışmalarda 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin etkisinin kalıcılık üzerinde ne denli etkili olduğu araştırılabilir.
- Bu araştırma ortaokul 6. Sınıf öğrencileriyle yürütülmüştür. Farklı sınıf seviyelerinde 5E öğrenme modeli ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin akademik başarıya, problem çözme becerilerine ve eleştirel düşünme becerilerine ve STEM tutumlarına etkileri incelenebilir.

Etik Kurul İzin Bilgisi: Bu araştırma, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 29.11.2021 tarihli E-18457941-050.99-31169 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: Yazarın beyan edeceği bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Makalenin hazırlanması ve düzeltilmesi yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kaynakça

- Acar, D. (2018). *FeTeMM eğitiminin ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, eleştirel düşünme ve problem çözme becerisi üzerine etkisi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Açışlı-Çelik, S., & Turgut, Ü. (2011). The examination of the influence of the materials generated in compliance with 5E learning model on physics laboratory applications. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 562-593.
- Akdeniz, A. R., & Keser, Ö. F. (2004). Bütünleştirici öğrenme ortamlarında öğretim etkinliklerinin planlanması ve değerlendirilmesi. *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi, Cilt I*, 41–60, Ankara.
- Akgündüz, D., Ertepinar, H., Ger, A. M., Kaplan Sayı, A. ve Türk, Z. (2015). *STEM eğitimi çalıştay raporu: Türkiye STEM eğitimi üzerine kapsamlı bir değerlendirme*. Akgündüz, D. (Edt.). İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Akın, V. (2019). *FETEMM uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin FETEMM'e yönelik tutumlarına, bilimsel süreç becerilerine ve meslek seçimlerine etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Akkaya, M. M., & Benzer, S. (2020). The effect of STEM practices on academic achievement and attitudes of sixth grade students: an application on the unit of force and motion. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 8(2), 36-47.

- Asıgıgan, S. İ. (2019). *Oyunlaştırılmış STEM uygulamalarının öğrencilerin içsel motivasyon düzeyleri eleştirel düşünme eğilimi ve problem çözme becerisi algıları üzerindeki etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Avan, Ç., Gülgün, C., Yılmaz, A., & Doğanay, K. (2019). STEM eğitiminde okul dışı öğrenme ortamları: Kastamonu bilim kampı. *Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik ve Sanat (J-STEAM) Eğitim Dergisi*, 2(1), 39-51
- Aydın, G., Saka, M. & Guzey, S. (2017). 4., 5., 6., 7. ve 8. Sınıf öğrencilerinin STEM (FeTeMM) tutumlarının bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 787-802.
- Baran, E., Canbazoğlu-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.
- Bozkurt-Altan, E., Yamak, H., ve Buluş-Kırıkkaya, E. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: Tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 212-232.
- Bozkurt, O. ve Olgun, Ö. S. (2005). Fen ve teknoloji eğitiminde bilimsel süreç becerileri. M. Aydoğdu ve T. Kesercioğlu (Ed.), *İlköğretimde fen ve teknoloji öğretimi* (s. 55-70). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2016). Integrated STEM education. In C.c., Johnson, E.e., Peters- Burton & T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap a framework for integrated STEM education* (pp. 23- 37). New York: Routledge.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö. & Köklü, N. (2018). *Sosyal bilimler için istatistik*, Ankara: Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth: UK, Heinemann.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996.
- Capraro, R. M., & Slough, S.W. (2008). *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Ceylan, S. (2014). *Ortaokul fen bilimleri dersindeki asitler ve bazlar konusunda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Bursa.

- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a sample lesson plan for secondary science courses within the STEM education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*,177, 223-228.
- Cho, B., & Lee, J. (2013). The effects of creativity and flow on learning through the STEAM education on elementary scholl contexts, Paper presented et the International Conference of Educational Technology, *Sejong University*, South Korea.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. Thous and Oaks, CA: Sage.
- Çalışıcı, S., & Benzer, S. (2021). The effects of STEM applications on the environmental attitudes of the 8th year students, scientific creativity and science achievements. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 9(1), 24-36.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74–85.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D.C. Heath & Company
- Doğan, A., Aydın, E. & Kahraman, E. (2020). STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin problem çözme becerilerine yönelik algılarına etkisinin incelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi (ESTÜDAM) Eğitim Dergisi*, 5(2), 123-144
- Erdem, A. R., & Genç, G. (2015). Lise öğrencilerinin problem çözme becerileri ile eleştirel düşünme becerileri arasındaki ilişki. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 5(8), 32-44.
- Ergin, İ., (2006). *Fizik eğitiminde 5E modelinin öğrencilerin akademik başarısına, tutumuna ve hatırlama düzeyine etkisine bir örnek: "iki boyutta atış hareketi"*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ertaş-Kılıç, H., & Şen, A. İ. (2014). UF/EMI eleştirel düşünme eğilimi ölçeğini Türkçeye uyarlama çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 39(176), 1-12.
- Faber, M., Unfried, A., Wiebe, E. N., Corn, J. Townsend, L.W. & Collins, T. L. (2013). Student attitudes toward STEM: The development of upper elementary school and middle/ high school student surveys. *ASEE Annual Conference & Exposition*. (pp. 23-1094).
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE Publications Ltd. London, 264-315.
- Fioriello, P. (2010). *Understanding the basics of STEM education*. Retrieved from <http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-ofstem-education>
- George, D., & Mallery, M. (2010). *SPSS for windows step by step: a simple guide and reference, 17.0update 10/e*. Pearson Education, India.

Gonzalez, H. B. & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service, Library of Congress.

Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.

Gündüz Bahadır, E. B. & Özay Köse, E. (2021). STEM eğitimlerinin ortaokul öğrencilerinin bilimsel yaratıcılıklarına ve STEM mesleklerine olan ilgilerine etkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi (ESTÜDAM) Eğitim Dergisi*, 6(1), 12-30.

Gürleyürek, G. C. (2008). *Sınıf öğretmeni adaylarının çeşitli değişkenler açısından eleştirel düşünme eğilimleri, problem çözme becerileri ve akademik başarı düzeylerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.

Hacıoğlu, Y. & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2) , 139-155 . DOI: 10.21891/jeseh.771331

Harwiki, W. (2013). The influence of servant leadership on organizational culture, organizational commitment, organizational citizenship behavior, and employees' performance (study of outstanding cooperatives in east java province, *Indonesia*). *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 5(12): 876-885.

Hayden, K., Ouyang, Y., Scinski, L., Olszewski, B., & Bielefeldt, T. (2011). Increasing student interest and attitudes in STEM: Professional development and activities to engage and inspire learners. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 11(1), 47-69.

İnal, C., & Günay, S. (2013). *Olasılık ve matematiksel istatistik*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara. Sayfa 261; Merkezi Limit Teoremi ve Büyük Sayılar Kanunu Konusu

İnce, K., Mısır, M. E., Küpeli, M. A. & Fırat, A. (2018). 5. sınıf fen bilimleri dersi yer kabuğunun gizemi ünitesinin öğretiminde STEM temelli yaklaşımın öğrencilerin problem çözme becerisi ve akademik başarısına etkisinin incelenmesi. *Journal of STEAM Education*, 1(1), 64-78.

Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2014). *Applied multivariate statistic alanalysis*, (Vol. 6). London, UK: Pearson.

Jorgenson, O., Vanosdall, R., Massey, V. & Cleveland, J. (2014). *Doing good science in middle school: a practical STEM guide. (Expanded 2nd Edition)*. Virginia: National Science Teachers Association.

- Karışan, D. ve Yurdakul, Y. (2017). Mikroişlemci destekli fen-teknoloji-mühendislik matematik (STEM) uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin bu alanlara yönelik tutumlarına etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(1), 37-52.
- Keçeci, G., Alan, B., & Kırbağ-Zengin, F. (2017). 5. sınıf öğrencileriyle STEM eğitimi uygulamaları. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 1-17.
- Kennedy, T. J., and Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. Erişim adresi: <http://www.icasonline.net/seiweb>
- Keser, O. F. ve Akdeniz A. R. (2003). Bütünleştirme öğrenme ortamlarında öğretim etkinliklerinin planlanması ve değerlendirilmesi. *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi. Marmara Üniversitesi, İstanbul*.
- Kurt, M. (2019). *STEM uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, problem çözme becerilerine ve STEM'e karşı tutumlarına etkisi üzerine bir araştırma*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2013). Is it STEM or “S & M” that we truly love? *Journal of Science Teacher Education*, 24, 1237-1240.
- Lewis A., & Smith D. (1993). Teaching for high-order thinking. *Theory into Practice*, 32, (3), 131-137.
- Lie, R., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2019). Implementing engineering in diverse upper elementary and middle school science classrooms: student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 28(2), 104-117.
- Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195–215.
- Martin, D. J. (2006). *Elementary Science Methods. A Constructivist Approach*. Thomson Higher Education 10. Belmont: Davis Drive.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. and Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. doi: 10.1002/sce.21522
- Milli Eğitim Bakanlığı (2016). *STEM eğitim raporu*. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E.E., & Guzey, S.S. (2016). The need for a STEM roadmap. In C.c., Johnson, E.e., Peters-Burton & T.J. Moore (Eds.), *STEM Roadmap a Framework for integrated STEM education* (pp. 3-12). New York: Routledge.

- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education mono graphseries, attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES.
- Nağaç, M. (2018). *6. Sınıf fen bilimleri dersi madde ve ısı ünitesinin öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FETEMM) eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. L. Katehiand M. Feder (Eds.). Washington, D.C.:The National Academies.
- National Academy of Engineering & National Research Council [NAE & NRC]. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies.
- Özcan, H., & Koca, E. (2019). STEM yaklaşımı ile basınç konusu öğretiminin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 44(198), 201-227.
- Özçelik, A., & Akgündüz, D. (2018). Evaluation of gifted/talented students' out-of-school STEM education. *Trakya University Journal of Education Faculty*, 8(2), 334-351.
- Parno, Yuliati, L., & Ni'Mah, B. Q. A. (2019). The influence of PBL-STEM on students' problem solving skills in the topic of optical instruments, *J. Phys. Conf. Ser.*, 1171(1), 0-8.
- Pekbay, C. (2017). *Fen teknoloji mühendislik ve matematik etkinliklerinin ortaokul öğrencileri üzerindeki etkileri*. Yayımlanmamış doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Rehmat, A. P. (2015). *Engineering the path to higher-order thinking in elementary education: a problem-based learning approach for STEM integration*. University of Nevada, Las Vegas.
- Ross, S. M., & Morrison, G. R. (2004). Experimental research methods, *Handbook of research on educational communications and technology*, 2, 1021-43.
- Saleh, A. H. (2016). A proposed unit in the light of STEM approach and its effect on developing attitudes toward (STEM) and problem-solving skills for primary students. *International Interdisciplinary Journal of Education*, 5(7), 186- 217.
- Selvi, M. & Yıldırım, B. (2018). STEM öğretme-öğrenme modelleri: 5E öğrenme modeli, proje tabanlı öğrenme yaklaşımı ve STEM SOS modeli. Çepni, S. (Ed.). *Kuramdan uygulamaya STEM+A+E eğitimi*. Üçüncü Baskı. Ankara. Pegem Yayıncılık, 203-238.
- Serin, O., Serin Bulut, N., & Saygılı, G. (2010). İlköğretim düzeyindeki çocuklar için problem çözme envanteri'nin (ÇPÇE) geliştirilmesi. *İlköğretim Online*, 9(2), 446-458.

- Snyder, L. G., & Snyder, M. J. (2008). Teaching critical thinking and problem solving skills. *The Delta Pi Epsilon Journal*, 50(2), 90-99.
- Şahin, A., Ayar, M. C. & Adıgüzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309–322.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics (sixth)*. Pearson, Boston.
- Topsakal, İ. (2018). *Probleme dayalı STEM eğitiminin öğrencilerin öğrenme iklimlerine, eleştirel düşünme eğilimlerine ve problem çözme becerilerine ilişkin algılarına etkisinin araştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.
- Uçar, R. (2019). *Argümantasyonla zenginleştirilmiş STEM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin “güneş sistemi ve ötesi” ünitesindeki akademik başarılarına, astronomiye yönelik tutumlarına, eleştirel düşünme eğilimlerine ve STEM kariyer ilgilerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Uğraş, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182
- Wai, J., Lubinski, D. and Benbow, C.P. (2010). Accomplishment in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) and its relation to STEM Educational Dose: a 25-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 860-871.
- Wosu, S. N. (2013). *Impact of academic performance improvement (API) skills on math and science achievement gains*. The paper presented at American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Atlanta.
- Yamak, H., Bulut, N. & Dündar, S. (2014). 5. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265.
- Yıldırım, B. (2018). Bağlam temelli öğrenmeye uygun olarak hazırlanmış STEM uygulamalarının etkilerinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36, 1-20.
- Yıldırım, B. (2021). Teoriden pratiğe STEM eğitimi uygulama kitabı. (3. Basım). Ankara: Nobel Yayıncılık.

- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2), 28-40.
- Yıldırım, B. & Selvi, M. (2015). Adaptation of STEM attitude scale to Turkish. *Turkish Studies-International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkishor Turkic*, 10(3), 1107-1120.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2016). Examination of the effects of STEM education integrated as a part of science, technology, society and environment courses. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3684-3695.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2018). Ortaokul öğrencilerinin STEM uygulamalarına yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(STEMES'18), 47-54.



An Investigation on the Effect of STEM Practices on Sixth-Grade Students' Problem-Solving Skills, Critical Thinking, and Attitudes Toward STEM*

Sibel AÇIŞLI ÇELİK**

•Received: 07.01.2022 •Accepted: 05.04.2022 •Online First: 05.04.2022

Abstract

This study examines the effects of STEM practices integrated with the 5E learning model in sixth grades of middle schools on students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. In the study, one group pretest-posttest experimental design is applied. The study sample consists of 20 students enrolled in the sixth grade of a public school in the 2020-2021 academic year. The application lasted for five weeks and took place in two phases. In the first week of the first phase, students were taught the LEGO Education Spike Prime Set and coding. In the second stage of the application, the students did four different activities in groups for four weeks, namely Super Cleanup, Break Dance, Hoppers Race, and Broken CNC Machine. Problem-Solving Inventory, Critical Thinking Disposition Scale, and STEM Attitude Scale were used as data collection tools in the research. The data obtained in the study indicated that STEM practices integrated with the 5E learning model contributed positively to students' critical thinking skills and attitudes toward STEM. At the same time, they did not cause a significant difference in students' problem-solving skills, but there was an increase in their problem-solving skills in general.

Keywords: STEM, problem-solving skills, critical thinking skills, and attitudes toward STEM.

Cited:

Açışlı Çelik, S. (2022). An investigation on the effect of STEM practices on sixth-grade students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. *Pamukkale University Journal of Education*, 56, 287-313. doi:10.9779.pauefd.1054678.

*This research was supported by Artvin Çoruh University Scientific Research Projects Coordinatorship. Project No: 2020.S34.02.01

** Assoc. Prof. Dr. Artvin Coruh University, Faculty of Education, ORCID ID: 0000-0002-1144-2563, sacisli@artvin.edu.tr

Introduction

In 2001, the concept of STEM was introduced in the United States of America by J. Ramaley, the education director of the National Science Education (NSF), with the claim that sustainable economic growth is possible with initiatives in science and technology to raise entrepreneurial and creative individuals in these fields. **STEM** is an approach formed by the abbreviations of the initials of the words **Science, Technology, Engineering, and Mathematics** (Bybee, 2010; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Kennedy & Odell, 2014; Martin-Paez, Aquilera, Perales-Palacios and Gonzales, 2019; MEB, 2016; Yıldırım & Selvi, 2018).

STEM is an educational approach realized due to the combination of different learning approaches (problem-based, project-based, exploratory, and explanatory) in science, technology, engineering, and mathematics disciplines to solve a problem (Fioriello, 2010). With an interdisciplinary approach, STEM is defined as an approach to developing knowledge, skills, and beliefs related to STEM subject areas (Çorlu, Capraro, & Capraro, 2014). STEM education can be expressed as an education that includes effective and high-quality learning and high-level thinking, in which students try to solve the problems they encounter in their daily lives by using engineering and design skills and scientific research steps (Akkaya & Benzer, 2020; Baran, Canbazoglu Bilici, Mesutoğlu & Ocak, 2016; Bozkurt-Altan, Yamak, and Buluş-Kırıkkaya, 2016; Yıldırım and Altun, 2015). These skills, which form the basis of scientific research and the thoughts in the content of science, are called high-level skills (Bozkurt & Olgun, 2005). High-level thinking skills include critical thinking, high-level cognitive processes (skills), problem-solving, and creative thinking (Lewis & Smith, 1993). Critical thinking is a high-level thinking skill, and critical thinking and problem-solving are intertwined skills (Dewey, 1910). Problem-solving is a skill that requires creative thinking and critical thinking, that is, the ability of high-level thinking (Erdem & Genç, 2015; Gürleyürek, 2008). The development of important skills such as creativity, critical and analytical thinking, problem-solving, and cooperation expected from individuals in the 21st Century is possible with STEM education (Akgündüz et al., 2015; Bybee, 2010; Capraro & Slough, 2008; Jorgenson, Vanosdall, Massey & Cleveland, 2014; Morrison, 2006; National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC], 2009; NAE & NRC, 2014; Wai, Lubinski, & Benbow, 2010). STEM education positively affects students' problem-solving, finding alternative solutions, and critical thinking dispositions and enables the development of 21st Century skills (Gündüz Bahadır & Özyay Köse, 2021; Uçar, 2019). Problem-solving, creativity, collaborative working, and critical thinking skills are at the forefront of the skills expected from 21st Century individuals (Keçeci, Alan, & Kırbağ-Zengin, 2017). It is of great importance to raise individuals who can think critically and creatively, have problem-solving skills, cooperate, follow technological developments and use technology well, that is, have 21st Century skills. There are studies examining students' problem-solving skills (Asığan, 2019; Avan et al., 2019; Bryan, Moore, Johnson, & Roehrig, 2016; Ceylan & Özdilek,

2015; Cho & Lee, 2013; Çalışıcı & Benzer, 2021; Doğan, Aydın & Kahraman , 2020; İnce, Mısıır, Küpeli, and Fırat, 2018; Lederman and Lederman, 2013; Moore, Johnson, Peter-Burton, and Guzey, 2016; Nagac, 2018; Parno, Yuliati, and Ni'mah, 2019; Pekbay, 2017; Saleh, 2016; Snyder and Snyder, 2008; Topsakal, 2018; Wosu, 2013); critical thinking dispositions (Aşıkağan, 2019; Avan et al., 2019; Gülhan & Şahin, 2016; Özçelik & Akgündüz, 2018; Snyder & Snyder, 2008; Topsakal, 2018; Uçar, 2019) and their attitudes toward STEM (Akkaya & Benzer, 2020; Avan et al., 2019; Aydın, Saka and Guzey, 2017; Baran et al., 2016; Gülhan and Şahin, 2016; Lie, Guzey and Moore, 2019; Özcan and Koca, 2019; Pekbay, 2017; Rehmat, 2015; Tseng, Chang, Lou, Chen, 2013; Uğraş, 2018). It is recommended that STEM education be integrated with the 5E learning model so that students can establish relationships between STEM disciplines and use the information they learn in daily life (Selvi & Yıldırım, 2018). The 5E learning model is a model that reveals the curiosity of students about learning, responds to their interests and expectations, and allows them to actively use their knowledge and skills (Bybee, 1997; Ergin, 2006; Martin, 2006). **The 5E learning model includes five phases: Engage, Discovery, Explain, Elaborate, and Evaluate**, and is named after the number of phases and their initials (Açışlı-Çelik and Turgut, 2011). **The Engage Phase** of the model includes participation in activities and planning of research; **the Explore Phase** includes the exploration of the subject and concepts; **the Explain Phase** includes understanding the subject or concept; **the Elaborate Phase** refers to applying conceptual knowledge to new situations, and **the Evaluate Phase** refers to evaluating the entire activity process and the achievements in this process (Akdeniz & Keser, 2004). Using the 5E learning model in STEM education, the student focuses on the subject by researching and exploring, learns deeply by organizing the information, and transfers the learned information to new situations (Selvi & Yıldırım, 2018). Using the 5E learning model in STEM education, students are helped to construct their knowledge (Uçar, 2019). The 5E learning model is one of the best ways to implement STEM education (Selvi & Yıldırım, 2018). While applying the 5E learning model in STEM education, prior knowledge of students is revealed, and their attention is drawn to the subject in the Engage Phase of the model; the subject is researched in the Discovery Phase; the subject is understood in the Explain Phase; STEM integration is achieved, and knowledge is applied to new situations in the Elaborate Phase and the resulting product is evaluated in the Evaluate Phase (Yıldırım, 2021). When the studies in the related literature were examined, no study investigated the effects of STEM practices integrated with the 5E learning model made with robotic coding STEM sets on students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. In this context, it is aimed to determine the effect of STEM practices integrated with the 5E learning model on the problem-solving skills, critical thinking, and attitudes of sixth-grade students toward STEM. For this purpose, answers to the following questions were sought:

- 1) Do STEM practices integrated with the 5E learning model affect middle school sixth-grade students' problem-solving skills?

2) Do STEM practices integrated with the 5E learning model affect the critical thinking of sixth-grade students?

3) Do STEM practices integrated with the 5E learning model affect the attitudes of sixth-grade students toward STEM?

Method

This study examines the effects of STEM practices integrated with the 5E learning model in sixth-grades of middle schools on students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. The quantitative research method was applied in the study. The one-group pre-test-post-test model, one of the weak experimental designs, was used. Experimental designs are based on keeping all other conditions and variables constant except for the independent variable and examining what kind of effect they have on the individuals in the experimental group (Ross & Morrison, 2004).

The study sample consists of 20 students enrolled in the sixth grade of a public school in the 2020-2021 academic year. The study lasted for five weeks and took place in two phases. In the first stage of the application, the students were informed about STEM education and the activities to be done. The robotic coding set they would use during the activities was introduced, and coding training was given to the students. In the second stage of the application, for four weeks, students in groups of 2 did four different robotic coding activities (Super Cleanup, Break Dance, Hoppers Race, and Broken CNC Machine) with the LEGO Education Spike Prime Set, one of the robotic coding STEM sets.

The example of the activity is Broken CNC Machine, one of the lesson plan examples of the STEM activity developed for the Super Cleanup, Break Dance, Hoppers Race, and Broken CNC Machine activities, which the students made for four weeks in the research, is given below.

Name of the activity: Broken CNC Machine

Goal: To identify possible problems in their design and then fix the problem

Applications During the Engage Phase

In this phase, before starting the activity, to arouse students' curiosity, it was tried to draw the students' attention to the activity by asking questions: "What is your first reaction when something breaks? What do you do first before you fix something? What was the last thing you repaired? How did you find the problem? What is a CNC machine? Do you know what it's used for?". While the students were answering the questions, the teacher did not intervene. Afterward, the students were given information about the activity and watched the video of the activity they would do.

Applications During the Discovery Phase

In this phase, students try to generate ideas to solve a problem and explain and resolve the event. At this phase, the students are required to make the CNC Machine as a group under the guidance of the teacher;

1. The materials required for the construction of the CNC Machine were given to the students.

- a) Student A: Top of CNC Machine
- b) Student B: The bottom and needle of the CNC Machine

2. They built the machine according to the building tips in the manual. The students were reminded that the machine they built would not work.

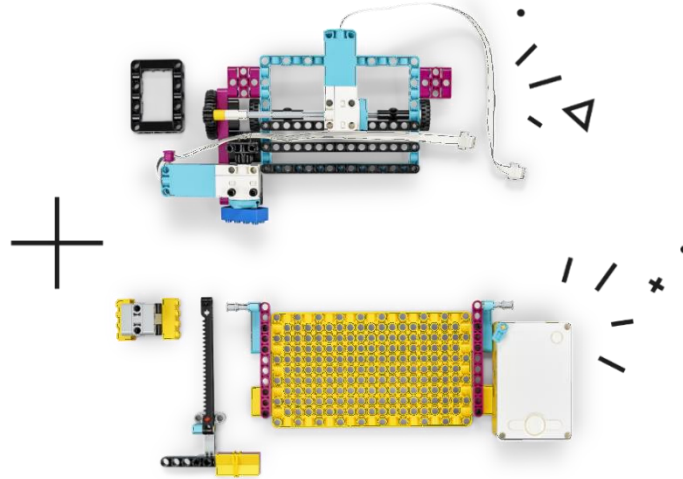


Figure 1. *CNC Machine construction*

3. After the students built the machine, their teacher had them calculate the ratio of the teeth of the gears in the paper feeder to each other. They were asked to explain how these gears and the ratio they found to control the speed of the paper entering the CNC.

4. The question “What happens if we change the gears on the CNC machine?” was asked to the students, and then they were asked to try this situation.

5. Afterwards, the students made and uploaded the program on their computers, accompanied by the instructor. Afterward, the students ran the program and saw that the machine did not work.

6. A pre-designed and prepared document was given to the students so that they could more easily understand whether the machine they built was working or not. Students were asked to operate the machine by placing the document on the machine. When the students started the machine, they saw that it did not work. At this stage, as a tip to the students, “The CNC Machine is supposed to help you cut the parts, but your machine does not work. It is said that there is something wrong, but the problem is not in the program but the machine.

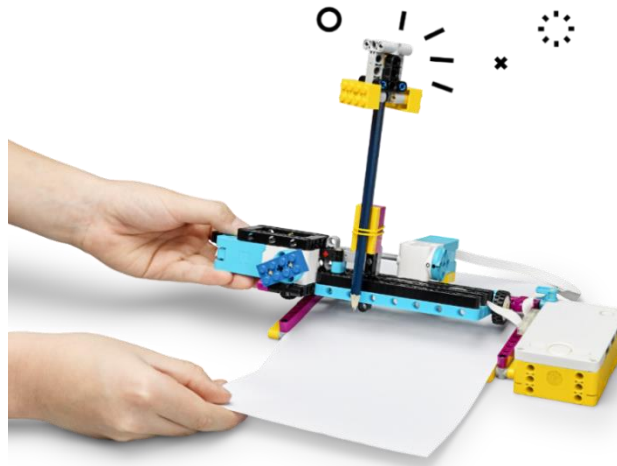


Figure 2. *CNC Machine*

Applications During the Explain Phase

The students were encouraged to talk about the problems and possible solutions they saw in the CNC Machine and the program they made through their experiences. The students discussed the issues of the CNC machine with their group mates and wrote their possible solutions on the activity sheet. Meanwhile, the groups were asked to take pictures or videos of the problems they found and document their repairs. The teacher encouraged the students to do research and ask questions to eliminate the issues of the machine that did not work.

Four problems need to be fixed for the CNC machine to function properly, which students are expected to find:

1. The Y-axis does not work properly because the paper feeder has no wheels.
2. The top of the CNC machine is not properly connected to the bottom.
3. Paper enters the CNC very quickly because the paper feeder gears are turned inwards.
4. The X-axis does not work properly because the pencil carrier is not attached.

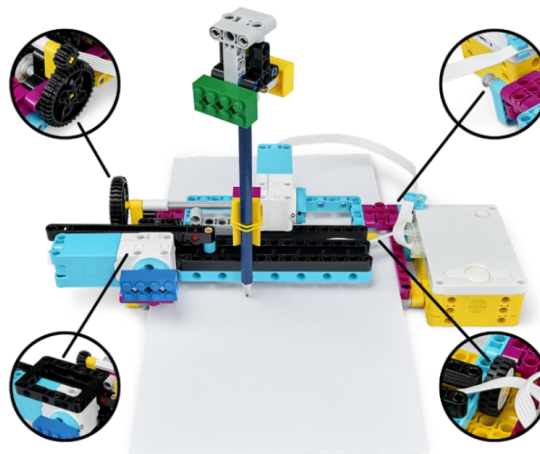


Figure 3. *CNC Machine problems and possible solutions*

Applications During The Elaborate Phase

Each group was first asked to improve their CNC Machines by changing the machines and programs they made in this phase. Each group was asked to prepare a troubleshooting guide containing the improvements they made to their machines and share it with their other classmates. Afterward, each group placed the paper given to them in the printer they repaired and printed it.

Students were asked to make three improvements to their CNC machines after repairing them at this phase.

1. Students were asked to improve their CNC machine by adding a color sensor to their machine to create an automatic paper feeder.
2. Students were asked to draw complex shapes, including curves, with their machines.
3. The students were asked to make a program to reset their machine's motor position.

Applications During the Evaluate Phase

At this phase, each group was given feedback on their performance by the teacher. Students are expected to conclude by evaluating their newly acquired knowledge in the evaluation phase. At this stage, the teacher first asked the students questions about the subject to understand whether the students learned the subject or not, and then gave feedback to the students in each group in the light of the information they learned during the application and finished the subject.

There are photos from the Super Cleanup, Break Dance, Hoppers Race, and Broken CNC Machine activities carried out in the study.



Figure 4. Break dance activity



Figure 5. Hoppers race activity

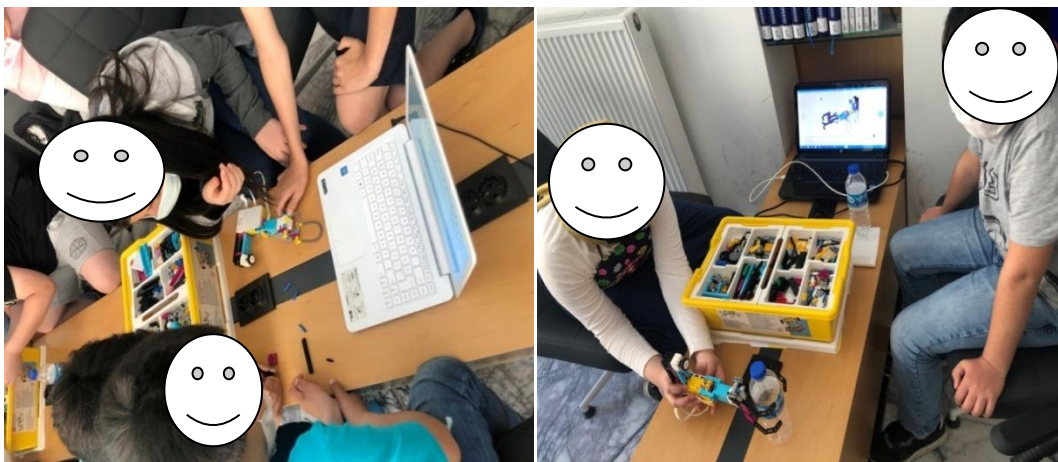


Figure 6. Super cleanup activity

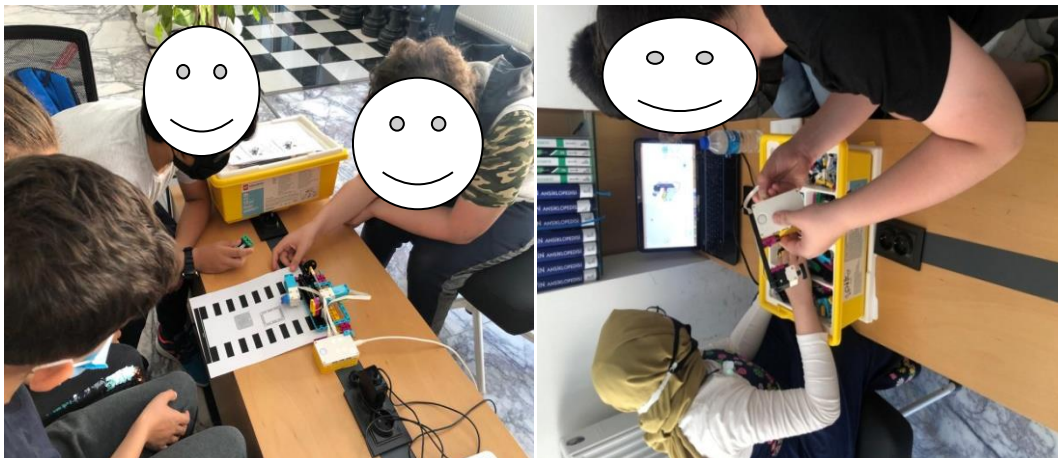


Figure 7. Broken CNC machine activity

Study Group

The research study group consisted of 20 students studying in the sixth grade of middle school in two branches of a state middle school in the city center of Artvin in the 2020-2021 academic year and voluntarily participated in the study. Since the study takes five weeks and must be done outside of the

classroom, the main criterion for determining the study group is their interest in the study and their volunteering. The research was carried out with a single group. It has been stated that choosing the single-group experimental design in studies where a new activity process is developed and applied would be more appropriate for the nature of the research (Creswell, 2014). Ten of the students participating in the study are girls, and 10 are boys.

Data Collection Tools

Problem-Solving Inventory, Critical Thinking Disposition Scale, and STEM Attitude Scale were used as data collection tools in the research.

Problem-Solving Inventory

The 5-point Likert-type scale developed by Serin, Serin Bulut, and Saygılı (2010) in the study was used in the problem-solving inventory that measures the individual's self-perception of problem-solving skills and included statements are; Never (1), Rarely (2), Sometimes (3), Often (4), Always (5). Confidence in Problem-Solving Skills factor of the scale consists of 12 items (1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23); The Self-Control factor consists of 7 items (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) and the Avoidance factor consists of 5 items (16, 18, 20, 22, 24) and the Cronbach's Alpha reliability coefficient of the entire scale was found to be 0,80. In this study, Cronbach's Alpha reliability coefficient for the reliability of the problem-solving scale was found to be 0.944.

STEM Attitude Scale

The STEM attitude scale, which was developed by Faber et al. (2013) and translated into Turkish by Yıldırım and Selvi (2015), measures students' attitudes toward STEM and consists of 37 items and four sub-dimensions. The scale is a 5-point Likert type scale as; Strongly Agree (5), Agree (4), Neutral (3), Disagree (2), and Strongly Disagree (1). The reliability coefficient of the sub-dimensions of the scale is between 0.86-and 0.89. In this study, the Cronbach's Alpha reliability coefficient for the STEM attitude scale was 0.921. Mathematics sub-dimension consists of (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) items; Science sub-dimension consists of (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) items; Engineering and Technology sub-dimensions consist of (18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26) and 21st Century Skills sub-dimension consists of (27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37) items.

Critical Thinking Disposition Scale

The critical thinking disposition scale was developed by Ertuş-Kılıç and Şen (2014) and consisted of 25 items in a 5-point Likert type scale and a total of 3 sub-dimensions: participation, cognitive maturity and innovativeness. Participation sub-dimension consists of 11 items (2, 3, 5, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 21), cognitive maturity sub-dimension consists of 7 items (1, 12, 15, 19, 23, 24, 25) and the innovativeness sub-dimension consists of 7 items (4, 6, 10, 11, 14, 20, 22). In this study, the Cronbach's Alpha reliability coefficient of the Critical Thinking Disposition scale was 0.909.

Analysis of Data

The data obtained from the research were evaluated with the SPSS 22.0 statistical program. Frequency and percentage analyzes were used to determine the descriptive characteristics of the participants, and mean and standard deviation statistics were used to analyze the scale. The Kurtosis and Skewness values and the Shapiro-Wilk Test significance level results are given in Table 1 to determine whether the research data show a normal distribution.

Table 1. *Skewness-Kurtosis Values of Scores and Shapiro-Wilk Test Significance Result*

Scale	Sub-dimension	Application	N	Kurtosis	Skewness	Shapiro-Wilk		
						Ist.	p	
Problem Solving	Confidence in Problem Solving Ability	Pretest	20	-0,516	0,270	,967	,695	
		Posttest	20	0,474	-0,809	,922	,109	
	Self-Control	Pretest	20	-0,877	0,222	,951	,385	
		Posttest	20	-0,734	0,528	,926	,130	
	Avoidance	Pretest	20	-0,156	0,203	,977	,895	
		Posttest	20	-0,252	0,208	,975	,848	
	Problem Solving Total	Pretest	20	-0,870	-0,346	,957	,484	
		Posttest	20	0,527	0,166	,973	,809	
	STEM Attitude	Mathematics	Pretest	20	0,742	-0,200	,955	,446
			Posttest	20	0,844	0,974	,741	,000
		Science	Pretest	20	-0,002	-0,512	,967	,682
			Posttest	20	0,935	-1,113	,851	,005
Engineering and Technology		Pretest	20	0,465	-1,032	,893	,031	
		Posttest	20	-0,233	-1,001	,855	,006	

21st Century Skills	Pretest	20	-0,556	-0,473	,949	,346
	Posttest	20	-0,354	-0,589	,948	,336
STEM Attitude Total	Pretest	20	-0,816	-0,376	,955	,445
	Posttest	20	-0,546	-0,570	,936	,201
Participation	Pretest	20	0,542	-1,030	,894	,032
	Posttest	20	1,051	-1,011	,924	,119
Cognitive Maturity	Pretest	20	0,854	-0,599	,951	,383
	Posttest	20	-0,691	-0,395	,956	,476
Critical Thinking Disposition Innovativeness	Pretest	20	0,863	-0,925	,915	,078
	Posttest	20	-0,856	-0,420	,950	,364
Critical Thinking Disposition Total	Pretest	20	1,265	-0,900	,924	,118
	Posttest	20	-0,338	-0,610	,942	,266

When Table 1 is examined, Shapiro-Wilk test results of pretest-posttest data of problem-solving inventory and its sub-dimensions, STEM attitude scale and sub-dimensions, critical thinking disposition scale, and sub-dimensions are shown. In the literature, it is accepted as a normal distribution that the kurtosis skewness values of the variables are between +1.5 and -1.5 (Tabachnick & Fidell, 2013), +2.0, and -2.0 (George & Mallery, 2010). If the variable's variance is unknown, t-distribution is used, and if the population does not show a normal distribution, non-parametric tests are applied (Field, 2009, p.42, 45, 345). The analyzes were continued by assuming that the distribution was expected since it was at a sufficient level as a sample according to the law of large numbers and the central limit theorem (Harwiki, 2013, p.879; İnal and Günay, 2013; Johnson and Wichern, 2014).

The difference between repetitive measurements was analyzed with the paired samples t-test. Cohen(d) and Eta squared(η^2) coefficients were used to calculate the effect size. The effect size indicates whether the difference between the groups is large enough to be considered significant. Cohen value 0.2: small; 0.5: medium; 0.8: large, eta-squared value 0.01: small; 0.06: medium; 0.14: is considered as large (Büyüköztürk et al., 2018).

Results

In this section, the findings obtained from the analysis of the data collected through the scales from the students participating in the research for the solution of the research problem are presented. Problem-Solving Inventory, Critical Thinking Disposition Scale, and STEM Attitude Scale were applied as a pre-test before the application. When the applications were finished, the scales were scaled to determine the effect of STEM practices integrated with the 5E learning model in sixth-grades of middle schools on students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. It was applied as a post-test, and the data obtained are presented below.

The results after the analysis were conducted to determine whether there is a significant difference between the pre-test and post-test for problem-solving skills are given in Table 2.

Table 2. Comparison of Problem-Solving Inventory Pre-Test-Post-Test Scores

Measurements	Pre-Test		Post-Test		N	t	p
	Avg	SD	Avg	SD			
Problem-Solving Total	70.250	5.875	72.100	10.548	20	-1,043	0,310
Confidence in Problem-Solving Skills	41,400	5,753	43,350	6,945	20	-1,538	0,141
Self-Control	14,600	3,185	14,050	4,915	20	0,845	0,409
Avoidance	10,350	3,014	10,600	3,500	20	-0,483	0,635

When Table 2 is examined, the increase in the total post-test value of the problem-solving inventory ($\bar{x}=72,100$) was not found significant ($p>.05$) compared to the total pretest value of the problem-solving inventory ($\bar{x}=70,250$). Confidence in problem-solving skills pretest value ($\bar{x}=41,400$) was not found to be significant ($p>.05$). The decrease in the self-control post-test value ($\bar{x}=14.050$) compared to the self-control pre-test value ($\bar{x}=14.600$) was not found significant ($p>.05$). The increase in the avoidance post-test value ($\bar{x}=10.600$) compared to the avoidance pretest value ($\bar{x}=10.350$) was not significant ($p>.05$).

The post-analysis results are given in Table 3 to determine whether there is a significant difference between the attitude toward STEM pre-test and the attitude toward STEM post-test.

Table 3. Comparison of STEM Attitude Scale Pre-Test-Post-Test Scores

Measurements	Pre-Test	Post-Test	N	t	p
--------------	----------	-----------	---	---	---

	Avg	SD	Avg	SD			
STEM	137,200	15,713	149,800	15,710	20	-7,703	0,000
Mathematics	25,600	2,303	27,950	2,800	20	-3,409	0,003
Science	33,550	4,651	36,700	4,714	20	-4,336	0,000
Engineering and Technology	34,700	4,680	38,700	5,841	20	-6,203	0,000
21st Century Skills	43,350	6,499	46,450	6,337	20	-5,715	0,000

When Table 3 is examined, the increase in the total post-test value of the STEM attitude scale ($\bar{x}=149,800$) compared to the total pretest value of the STEM attitude scale ($\bar{x}=137,200$) was found to be significant ($t=-7,703$; $p=.000<.05$; $d=-1.722$; $\eta^2=0.757$). The increase in the mathematics sub-dimension post-test value ($\bar{x}=27.950$) compared to the mathematics sub-dimension pre-test value ($\bar{x}=25.600$) was found to be significant ($t=-3.409$; $p=.003<.05$; $d=-0.762$; $\eta^2=0.380$). The increase in the science sub-dimension post-test value ($\bar{x}=36.700$) compared to the science sub-dimension pre-test value ($\bar{x}=33.550$) was significant ($t=-4.336$; $p=.000<.05$; $d=-0.970$; $\eta^2=0.497$). The increase in the engineering and technology sub-dimension post-test value ($\bar{x}=38.700$) compared to the engineering and technology sub-dimension pre-test value ($\bar{x}=34.700$) was found to be significant ($t=-6.203$; $p=.000<.05$; $d=-1.387$; $\eta^2=0.669$). The increase in the post-test value of the 21st Century abilities sub-dimension ($\bar{x}=46.450$) compared to the pre-test value of the 21st Century abilities sub-dimension ($\bar{x}=43.350$) was found to be significant ($t=-5.715$; $p=.000<.05$; $d=-1.278$; $\eta^2=0.632$).

The results after the analysis were conducted to determine whether there is a significant difference between the students' critical thinking disposition pre-test scores and their critical thinking disposition post-test scores are given in Table 4.

Table 4. Comparison of Pretest-Posttest Scores of the Critical Thinking Disposition Scale

Measurements	Pre-Test		Post-Test		N	t	p
	Avg	SD	Avg	SD			
Critical Thinking Disposition	90,700	15,256	107,150	11,490	20	-7,332	0,000
Participation	39,650	6,862	47,100	5,088	20	-6,750	0,000
Cognitive Maturity	25,900	4,459	29,900	3,194	20	-6,409	0,000

Innovativeness	59,850	7,485	64,850	7,242	20	-6,189	0,000
----------------	--------	-------	--------	-------	----	--------	-------

When Table 4 is examined, the increase in the total post-test value of the critical thinking disposition scale ($\bar{x}=107.150$) compared to the total pre-test value of the critical thinking disposition scale ($\bar{x}=90,700$) was found to be significant ($t=-7.332$; $p=.000<.05$; $d=-1,639$; $\eta^2=0.739$). The increase in the participation sub-dimension post-test value ($\bar{x}=47.100$) compared to the pre-test value of the participation sub-dimension ($\bar{x}=39.650$) was found to be significant ($t=-6.750$; $p=.000<.05$; $d=-1.509$; $\eta^2=0.706$). The increase in the cognitive maturity sub-dimension post-test value ($\bar{x}=29.900$) compared to the cognitive maturity sub-dimension pre-test value ($\bar{x}=25.900$) was found to be significant ($t=-6.409$; $p=.000<.05$; $d=-1.433$; $\eta^2=0.684$). The increase in the innovativeness sub-dimension post-test value ($\bar{x}=64.850$) compared to the innovativeness sub-dimension pre-test value ($\bar{x}=59.850$) was found to be significant ($t=-6.189$; $p=0.000<0.05$; $d=-1.384$; $\eta^2=0.668$).

Discussion and Conclusion

The research examined the effect of STEM practices integrated with the 5E learning model on sixth-grade students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. From the analysis of the data obtained from the research, although there is no significant difference in improving the problem-solving skills of sixth-grade students in STEM practices integrated with the 5E learning model, it was determined that there was a general increase in the problem-solving skills of the students when the arithmetic averages were examined. The fact that STEM practices did not make a significant difference in the students' problem-solving skills maybe because the students' problem-solving skills were at a reasonable level before the study or the measurement tool that measures the problem-solving skills did not measure the desired level. In the research, it is thought that the students' encountering various problems while doing the activities, identifying the problems, offering solutions to these problems by doing research, and trying their solutions contribute to the development of their problem-solving skills, that is, the activities carried out positively affect the students' perceptions of their problem-solving skills. This situation can be interpreted as STEM practices that are beneficial for students to develop their problem-solving skills. In this context, the research results in the literature that STEM practices improve students' problem-solving skills support this research (Avan et al., 2019; İnce et al., 2018; Nağaç, 2018). In this context, the result contradicts some research results in the literature (Ceylan, 2014; Kurt, 2019; Şahin, Ayar & Adıgüzel, 2014). Similarly, Aşıkağan (2019) stated that gamified STEM applications contributed positively to the critical thinking disposition of primary school students. Nağaç (2018) indicated that STEM applications in the teaching of the Matter and Heat unit do not affect the problem-solving skills of sixth-grade students.

In the study, a significant increase was found in the attitudes of sixth-grade students toward STEM in STEM practices integrated with the 5E learning model. It shows that the activities carried

out in this context positively contribute to students' attitudes toward STEM. The results of many studies in the literature that show that STEM practices contribute positively to students' attitudes toward STEM support this research (Akın, 2019; Akkaya and Benzer, 2020; Avan et al., 2019; Aydın et al., 2017; Ceylan, 2014; Gülhan and Şahin, 2016; Hayden, 2011; Lou, Shih, Diez, and Tseng, 2011; Karişan and Yurdakul, 2017; Kurt, 2019; Özcan and Koca, 2019; Yamak, Bulut, and Dündar, 2014; Yıldırım, 2018; Yıldırım and Selvi, 2016). In addition, a significant increase was found in the STEM attitude scale regarding attitudes toward STEM in the sub-dimensions of science, mathematics, 21st Century skills, and engineering and technology. In a similar study, Baran et al. (2016) investigated secondary school students' attitudes toward STEM using the design cycle. As a result of their studies, they stated that students exhibited a positive attitude. Aydın et al. (2017) determined that the STEM attitude levels of primary school 4th and 8th-grade students were at the level of "Agree." Lou et al. (2011) found that the adaptation of problem-based learning to STEM education improved 10th-grade students' positive attitudes toward STEM.

It has been observed that STEM practices integrated with the 5E learning model positively affect students' critical thinking skills, as students approach the problems they encounter in a solution-oriented manner with critical thinking skills in STEM practices integrated with the 5E learning model. It was determined that STEM practices developed students' critical thinking skills in the scale's participation, cognitive maturity, and innovativeness sub-dimensions. In this context, it can be interpreted that STEM practices integrated with the 5E learning model contribute significantly to developing students' critical thinking skills. The results of many studies in the literature that STEM practices improve students' critical thinking skills support this research (Acar, 2018; Avan et al., 2019). When the related literature is examined, Snyder and Snyder (2008) stated that collaborative activities in which students are more actively involved improve their problem-solving and critical thinking skills. Uçar (2019) found that STEM activities supported by argumentation contributed to the development of students' critical thinking skills. Özçelik and Akgündüz (2018) stated that STEM activities with gifted students contributed to the development of 21st Century skills such as critical thinking, creativity, cooperation, and communication. Hacıoğlu and Gülhan (2021) stated that STEM education positively affects secondary school students' critical thinking dispositions and STEM perceptions.

Suggestions

This study investigated the effect of STEM practices integrated with the 5E learning model on middle school sixth-grade students' problem-solving skills, critical thinking, and attitudes toward STEM. Following the analysis of the data obtained for the research, the following suggestions can be made:

- The number of qualitative and quantitative studies with different variables of STEM applications integrated with the 5E learning model on other subjects can be increased.

- In future studies, it can be investigated how the effect of STEM practices integrated with the 5E learning model is effective on permanence.
- This research was conducted with middle school sixth-grade students. The effects of STEM practices integrated with the 5E learning model at different grade levels on academic achievement, problem-solving skills and critical thinking skills, and STEM attitudes can be examined.

Ethical Approval: *The ethical committee approval was obtained for this research from Artvin Çoruh University Scientific Research and Publication Ethics Committee with the decision numbered E-18457941-050.99-31169, dated November 29, 2021.*

Conflict Interest: *The author declares that there is no conflict of interest.*

Authors Contributions: *The preparation and correction of the article was carried out by the author.*

References

- Acar, D. (2018). *The effect of STEM education on academic achievement, critical thinking, and problem-solving skills of primary school 4th-grade students*. Unpublished doctoral thesis, Gazi University, Ankara.
- Açışlı-Çelik, S., & Turgut, Ü. (2011). The examination of the influence of the materials generated in compliance with the 5E learning model on physics laboratory applications. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 562-593.
- Akdeniz, A.R. & Keser, O.F. (2004). Planning and evaluation of teaching activities in integrative learning environments. *XII. Educational Sciences Congress*, Volume I, 41–60, Ankara.
- Akgündüz, D., Ertepinar, H., Ger, A. M., Kaplan Sayı, A. and Türk, Z. (2015). *STEM education workshop report: A comprehensive evaluation on STEM education in Turkey*. Akgündüz, D. (Ed.). İstanbul Aydın University.
- Akin, V. (2019). *The effect of STEM practices on 7th-grade students' attitudes toward STEM, scientific process skills, and career choices*. Unpublished master's thesis. Afyon Kocatepe University, Afyon.
- Akkaya, M. M., & Benzer, S. (2020). The effect of STEM practices on academic achievement and attitudes of sixth-grade students: an application on the unit of force and motion. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 8(2), 36-47.

- Asığığan, S. I. (2019). *The effect of gamified STEM applications on students' intrinsic motivation levels, critical thinking disposition, and perception of problem-solving skills*. Unpublished master's thesis. Bahesehir University, İstanbul.
- Avan, C., Glgn, C., Yılmaz, A., & Doğanay, K. (2019). Out-of-school learning environments in STEM education: Kastamonu science camp. *Science, Technology, Engineering, Mathematics and Art (J-STEAM) Education Journal*, 2(1), 39-51
- Aydın, G., Saka, M. & Guzey, S. (2017). Examination of 4th, 5th, 6th, 7th, and 8th-grade students' STEM attitudes in terms of some variables. *Journal of Mersin University Faculty of Education*, 13(2), 787-802.
- Baran, E., Canbazoğlu-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.
- Bozkurt-Altan, E., Yamak, H., and BuluŖ-Kırıkkaya, E. (2016). A proposal for implementing the STEM education approach in teacher education: Design-based science education. *Trakya University Journal of Education Faculty*, 6(2), 212-232.
- Bozkurt, O. and Olgun, O. S. (2005). Scientific process skills in science and technology education. M. Aydoğdu and T. Kesercioğlu (Ed.), *Science and technology teaching in primary education* (pp. 55-70). Ankara: Anı Publishing.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2016). Integrated STEM education. In C.c., Johnson, E.e., Peters- Burton & T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap a framework for integrated STEM education* (pp. 23- 37). New York: Routledge.
- Büyüköztürk, Ŗ., okluk, . & Kkl, N. (2018). *Statistics for social sciences*, Ankara: Pegem Academy.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth:UK, Heinemann.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996.
- Capraro, R. M., & Slough, S.W. (2008). *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Ceylan, S. (2014). *A study on preparing an instructional design with science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach on acids and bases in a secondary school science course*. Unpublished master's thesis. Uludag University, Bursa.

- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a sample lesson plan for secondary science courses within STEM education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 177, 223-228.
- Cho, B., & Lee, J. (2013) The effects of creativity and flow on learning through the STEM education on elementary school contexts, Paper presented at the International Conference of Educational Technology, *Sejong University*, South Korea.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Çalışıcı, S., & Benzer, S. (2021). The effects of STEM applications on the environmental attitudes of the 8th year students, scientific creativity, and scientific achievements. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 9(1), 24-36.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74–85.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D.C. Heath & Company
- Doğan, A., Aydın, E. & Kahraman, E. (2020). Investigation of the effects of STEM applications on middle school students' perceptions of problem-solving skills. *Eskişehir Osmangazi University Turkish World Application and Research Center (ESTUDAM) Education Journal*, 5(2), 123-144
- Erdem, A. R., & Genç, G. (2015). The relationship between high school students' problem-solving skills and critical thinking skills. *OPUS Journal of International Society Studies*, 5(8), 32-44.
- Ergin, İ., (2006). *An example of the effect of the 5E model on students' academic success, attitude, and recall level in physics education: "shooting action in two dimensions."* Unpublished Doctoral Thesis, Gazi University, Ankara.
- Ertaş-Kılıç, H., & Şen, A. İ. (2014). Adaptation of UF/EMI critical thinking disposition scale into Turkish. *Education and Science*, 39(176), 1-12.
- Faber, M., Unfried, A., Wiebe, E. N., Corn, J. Townsend, L.W. & Collins, T. L. (2013). Student attitudes toward STEM: The development of upper elementary school and middle/high school student surveys. *ASEE Annual Conference & Exposition*. (pp. 23-1094).
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE Publications Ltd. London, 264-315.
- Fioriello, P. (2010). *Understanding the basics of STEM education*. Retrieved from <http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-ofstem-education>
- George, D., & Mallery, M. (2010). *SPSS for windows step by step: a simple guide and reference, 17.0update 10/e*. Pearson Education, India.

- Gonzalez, H. B. & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Gülhan, F. and Şahin, F. (2016). The effect of science-technology-engineering mathematics integration (STEM) on 5th-grade students' perceptions and attitudes about these fields. *Journal of Human Sciences, 13*(1), 602-620.
- Gündüz Bahadır, E. B. & Özay Köse, E. (2021). The effect of STEM education on secondary school students' scientific creativity and interest in STEM professions. *Eskişehir Osmangazi University Turkish World Application and Research Center (ESTUDAM) Education Journal, 6*(1), 12-30.
- Gürleyürek, G. C. (2008). *Investigation of critical thinking dispositions, problem-solving skills, and academic achievement levels of primary school teacher candidates in various variables*. Unpublished master's thesis, Zonguldak Karaelmas University Institute of Social Sciences, Zonguldak.
- Hacıoğlu, Y. & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and health, 7*(2), 139-155. DOI: 10.21891/jeseh.771331
- Harwiki, W. (2013). The influence of servant leadership on organizational culture, organizational commitment, organizational citizenship behavior, and employees' performance (study of outstanding cooperatives in east java province, *Indonesia*). *Journal of Economics and Behavioral Studies, 5*(12): 876-885.
- Hayden, K., Ouyang, Y., Scinski, L., Olszewski, B., & Bielefeldt, T. (2011). Increasing student interest and attitudes in STEM: Professional development and activities to engage and inspire learners. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 11*(1), 47-69.
- İnal, C., & Günay, S. (2013). *Probability and mathematical statistics*. Hacettepe University Press, Ankara. Page 261; Subject of Central Limit Theorem and Law of Large Numbers
- Ince, K., Mısır, M. E., Kupeli, M. A. & Fırat, A. (2018). Investigation of the effect of STEM-based approach on students' problem-solving skills and academic success in teaching the mystery of the earth's crust unit of 5th-grade science course. *Journal of STEAM Education, 1*(1), 64-78.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2014). *Applied multivariate statistical analysis*, (Vol. 6). London, UK: Pearson.
- Jorgenson, O., Vanosdall, R., Massey, V. & Cleveland, J. (2014). *Doing good science in middle school: a practical STEM guide. (Expanded 2nd Edition)*. Virginia: National Science Teachers Association.

- Karışan, D. and Yurdakul, Y. (2017). The effect of micro processor-assisted science-technology-engineering mathematics (STEM) applications on 6th-grade students' attitudes toward these fields. *Adnan Menderes University Faculty of Education Journal of Educational Sciences*, 8(1), 37-52.
- Keçeci, G., Alan, B., & Kırbağ-Zengin, F. (2017). STEM education applications with 5th-grade students. *Ahi Evran University Journal of Kırşehir Education Faculty*, 18, 1-17.
- Kennedy, T. J., and Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science education International*, 25(3), 246-258. Access address: <http://www.icasonline.net/seiweb>
- Keser, O. F. and Akdeniz A. R. (2003). Planning and evaluation of teaching activities in integrative learning environments. XII. Educational Sciences Congress. Marmara University, Istanbul.
- Kurt, M. (2019). *A research on the effects of STEM practices on the academic achievement, problem-solving skills, and attitudes of 6th-grade students toward STEM*. Unpublished master's thesis. Gazi University, Ankara.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2013). Is it STEM or “S & M” that we truly love? *Journal of Science Teacher Education*, 24, 1237-1240.
- Lewis A., & Smith D. (1993). Teaching for high-order thinking. *Theory into Practice*, 32, (3), 131-137.
- Lie, R., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2019). Implementing engineering in diverse upper elementary and middle school science classrooms: student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 28(2), 104-117.
- Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195–215.
- Martin, D. J. (2006). *Elementary Science Methods. A Constructivist Approach*. Thomson Higher Education 10. Belmont: Davis Drive.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. and Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. doi: 10.1002/sce.21522
- Ministry of National Education (2016). *STEM education report*. Ankara: General Directorate of Innovation and Educational Technologies.

- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E.E., & Guzey, S.S. (2016). The need for a STEM roadmap. In C.c., Johnson, E.e., Peters-Burton & T.J. Moore (Eds.), *STEM Roadmap a Framework for integrated STEM education* (pp. 3-12). New York: Routledge.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES.
- Nagac, M. (2018). *Investigation of the effects of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on students' academic success and problem-solving skills in the teaching of the matter and heat unit of the 6th-grade science course*. Unpublished master's thesis. Hatay Mustafa Kemal University, Hatay.
- National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. L. Katehi and M. Feder (Eds.). Washington, D.C.: The National Academies.
- National Academy of Engineering & National Research Council [NAE & NRC]. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies.
- Özcan, H., & Koca, E. (2019). The effect of teaching the subject of pressure using the STEM approach on the academic achievement and attitudes of secondary school 7th-grade students toward STEM. *Education and Science*, 44(198), 201-227.
- Özçelik, A., & Akgündüz, D. (2018). Evaluation of gifted/talented students out-of-school STEM education. *Trakya University Journal of Education Faculty*, 8(2), 334-351.
- Parno, Yuliati, L., & Ni'Mah, B. Q. A. (2019). The influence of PBL-STEM on students' problem-solving skills in the topic of optical instruments, *J. Phys. Conf. Ser.*, 1171(1), 0-8.
- Pekbay, C. (2017). *The effects of science, technology, engineering and mathematics activities on secondary school students*. Unpublished doctoral thesis. Hacettepe University, Ankara.
- Rehmat, A. P. (2015). *Engineering the path to higher-order thinking in elementary education: a problem-based learning approach for STEM integration*. University of Nevada, Las Vegas.
- Ross, S. M., & Morrison, G. R. (2004) Experimental research methods, *Handbook of research on educational communications and technology*, 2, 1021-43.
- Saleh, A. H. (2016). A proposed unit in the light of STEM approach and its effect on developing attitudes toward (STEM) and problem-solving skills for primary students. *International Interdisciplinary Journal of Education*, 5(7), 186- 217.

- Selvi, M. & Yıldırım, B. (2018). STEM teaching-learning models: 5E learning model, project-based learning approach, and STEM SOS model. epni, S. (Ed.). STEM+A+E education from theory to practice. Third Edition. Ankara. Pegem Publishing, 203-238.
- Serin, O., Serin Bulut, N., & Saygılı, G. (2010). Developing a problem-solving inventory (PPI) for primary school children. *Elementary Education Online*, 9(2), 446-458.
- Snyder, L. G., & Snyder, M. J. (2008). Teaching critical thinking and problem-solving skills. *The Delta Pi Epsilon Journal*, 50(2), 90-99.
- Ŗahin, A., Ayar, M. C. & Adıgüzel, T. (2014). STEM-related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309–322.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics (sixth)*. Pearson, Boston.
- Topsakal, I. (2018). *Investigation of the effect of problem-based STEM education on students' perceptions of learning climates, critical thinking dispositions, and problem-solving skills*. Unpublished master's thesis. Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.
- Ucar, R. (2019). *The effect of STEM practices enriched with argumentation on 7th-grade students' academic achievement in the unit "solar system and beyond," their attitudes toward astronomy, critical thinking dispositions, and STEM career interests*. Unpublished Master Thesis. Aydın Adanan Menderes University, Aydın.
- UğraŖ, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182
- Wai, J., Lubinski, D. ve Benbow, C.P. (2010). Accomplishment in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) and its relation to STEM Educational Dose: a 25-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 860-871.
- Wosu, S. N. (2013). *Impact of academic performance improvement (API) skills on math and science achievement gains*. The paper presented at American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Atlanta.
- Yamak, H., Bulut, N. & Dündar, S. (2014). The effect of STEM activities on 5th-grade students' scientific process skills and attitudes toward science. *Journal of Gazi Education Faculty*, 34(2), 249-265.

- Yıldırım, B. (2018). Examining the effects of STEM applications prepared in accordance with context-based learning. *Journal of Atatürk University Kazım Karabekir Education Faculty*, 36, 1-20.
- Yıldırım, B. (2021). STEM education practice book from theory to practice. (3rd Edition). Ankara: Nobel Publishing.
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). Investigation of the effects of STEM education and engineering applications in a science laboratory course. *Al-Jazari Journal of Science and Engineering*, 2(2), 28-40.
- Yıldırım, B. & Selvi, M. (2015). Adaptation of STEM attitude scale to Turkish. *Turkish Studies-International Periodical for the Languages, Literature, and History of Turkish or Turkic*, 10(3), 1107-1120.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2016). Examination of the effects of STEM education integrated as a part of science, technology, society, and environment courses. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3684-3695.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2018). Examination of secondary school students' views on STEM applications. *Anemon Mus Alparslan University Journal of Social Sciences*, 6 (STEMS '18), 47-54.