



Meta-Analysis of Studies Examining the Effect of STEM Education on Academic Success

Leyla AYVERDİ ¹, Serap ÖZ AYDIN ²

¹ Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi, leyla_ayverdi@hotmail.com
http://orcid.org/ 0000-0003-2142-0330

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, MFBE Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı,
soz@balikesir.edu.tr http://orcid.org/ 0000-0002-0635-0728

Received : 19.06.2020

Accepted : 29.09.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.755111

Abstract – STEM approach is an integrated approach based on co-teaching of science, technology, engineering, and mathematics. The aim of this study is to synthesize the effect of STEM approach on academic achievement and compare the effect size obtained in these studies according to the level of education (primary, secondary, high school, and university), their status of the domestic and foreign study. Meta-analysis method was used the study. In this study, 38 studies in which investigated the effect of STEM education on academic achievement between the years 2012-2018. Their effect size range between -0.107 and 10.567 In the studies examined in the study, it was determined that the effect size of the studies carried out at the primary school level is small and the studies conducted with the primary school group are mostly carried out abroad. Although it was observed that both small and large effect size was encountered in the studies at the secondary and high school level, the medium effect size was limited and university level studies have medium and large effect size. Since the number of studies carried out in our country is limited, especially in primary school level, studies in this level of education may contribute to the literature.

Key words: Meta-analysis, STEM approach, achievement.

Corresponding author: Leyla AYVERDİ, leyla_ayverdi@hotmail.com

Summary

Introduction

STEM approach is a holistic approach to education focused on teaching the disciplines of science, technology, engineering, and math collectively. This approach is aimed at acquiring skills and competencies for individuals from different disciplines. Of this cause, in recent years,

educators have added tremendous emphasis to the STEM approach to provide the 21st-century skills that today 's people should have and to educate versatile individuals. Hence, in recent years, the number of STEM-related research has risen considerably. In these studies, STEM approach developed the 21st-century skills, motivations, questioning learning skills, reflective thinking skills, psycho-motor skills, decision-making skills, career perception, peer learning, attitudes to science and scientific process skills and it has been shown to improve their interest, engineering skills, knowledge permanence, self-efficacy, competence and abilities towards STEM field. The high number of research in this area makes it difficult to investigate all of these resources and to access the information you would like to have. This condition requires the synthesis of the studies carried out on the same matter. In this context, a meta-analysis study will enable evaluation of the studies in the literature as a whole, and will also allow a more realistic examination of the impact of the STEM approach. The purpose of this study is to synthesize the findings of several studies examining the impact of the STEM approach on academic success, and to analyze the effect sizes gathered in those studies as per the level of education (elementary, secondary, high school and university) and the availability of domestic-foreign study.

Methodology

In the study, the meta-analysis method was employed. In the research, 38 studies consisting of 22 domestic and 16 international studies, investigating the impact of STEM education on academic success from January 2012 through December 2018. The screening study was performed on Google Scholar, YÖK Thesis, Web of Science, Eric and Proquest Education Journal using the key concepts of "STEM education," "achievement," "academic achievement," "STEM education," "success" and "academic success." The analyses were based mainly on research summaries. In short, the scope of the analysis does not include studies that are not designed with experimental or quasi-experimental methods that could be included in the study. The entire analyzes were reviewed after examining the summaries, and the studies that did not include the statistical data necessary to assess the effect size were therefore omitted. Once the first scan was performed with the determined keywords, we reached 372 studies. Among these studies, 38 was the number of studies that met the specified requirements. In studies where the size of the effect was measured as Cohen d, the size of the effect was used as it was in the study, the conversion was made in the studies in which the η^2 was estimated and the effect size of the studies where the effect size was not calculated, it was determined by the researchers by using a calculation program.

Results

It was determined in the research that 22 domestic and 16 foreign studies were conducted which included the determined criteria within the date range. The sample sizes range from 26 to 12344. Among the studies, 4 (24%) are primary, 20 (53%) are secondary, 4 (10%) are a high school, and 5 (13%) are university-level research. The effect sizes in the study were determined to vary between , -0.107 and 10.567.

As a result of this study carried out to synthesize the results derived from studies investigating the impact of STEM education on the academic achievement of students, it has been found that while the effect size of some of the studies was quite small, the effect sizes overall were large. Concerning the studies examined in the study, it was seen that the effect size of studies carried out at primary school level was generally small, for the secondary and high school level studies even both large and small effect sizes were observed, it was determined that medium effect size was low and university level studies had medium and large effect sizes. Compared to the effect size obtained in studies in Turkey and abroad, the effect size obtained in studies performed in our country does not include any work which has an effect size under 0.2, and overall it was seen that these studies had medium and large effect sizes. In studies carried out abroad, small and large effect sizes are observed to have a balanced distribution. This situation can be explained by the fact that the studies which inherit non-significant differences between the groups or the ones in which the control group was more successful do not gain recognition in the academic field in our country.

Conclusion and Discussion

In this study, the studies investigating the effects of the STEM approach on the academic success of students were explored and were encountered with particularly large effect sizes in studies conducted in Turkey. Therefore it can be said that the STEM approach had a positive impact on students' academic achievement in Turkey. Small effect sizes were also found in studies carried out abroad. It has been determined that STEM education generally has a positive effect on students' academic achievement both in the current research and in other meta-analysis and meta-synthesis researches in the literature. For the current study and other studies in the literature, the number of studies fulfilling the criteria determined in the research is limited. Increasing the number of experimental studies that evaluate the influence of STEM education on academic success will enable further meta-analysis studies to be carried out.

FeTeMM Eğitiminin Akademik Başarıya Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analizi

Leyla AYVERDİ ¹, Serap ÖZ AYDIN ²

¹ Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi, leyla_ayverdi@hotmail.com
http://orcid.org/ 0000-0003-2142-0330

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, MFBE Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı,
soz@balikesir.edu.tr http://orcid.org/ 0000-0002-0635-0728

Gönderme Tarihi: 19.06.2020

Kabul Tarihi: 29.09.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.755111

Özet – FeTeMM yaklaşımı, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte öğretimine dayanan bütünlük bir yaklaşımdır. Bu çalışmanın amacı, FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların sonuçlarını sentezlemek, bu çalışmalarda elde edilen etki büyüklüklerini öğretim düzeyine (ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) göre ve yurtiçi-yurtdışı çalışma olma durumlarına göre karşılaştırmaktır. Çalışmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada 2012-2018 yılları arasında FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisinin araştırıldığı 38 çalışma incelenmiştir. Etki büyüklüklerinin -0.107 ile 10.567 arasında değiştiği görülmüştür. Çalışmada incelenen araştırmalarda, ilkokul düzeyinde yapılan çalışmaların etki büyüklüğünün küçük olduğu ve ilkokul grubu ile yapılan çalışmaların daha çok yurtdışında yapıldığı belirlenmiştir. Ortaokul ve lise düzeyindeki çalışmalarda hem geniş hem de küçük etki büyüklükleri ile karşılaşılmaya rağmen, orta etki büyüklüğünün az olduğu, üniversite düzeyindeki çalışmaların ise orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle ilkokul düzeyinde ülkemizde yapılan çalışmaların sayısı az olduğundan, bu eğitim kademesinde yapılacak çalışmalar alan yazına katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Meta-analiz, FeTeMM yaklaşımı, başarı.

Sorumlu yazar: Yazarın Adı SOYADI, yazışma adresi ve belirteceği dip notlar (destekleyen kuruluşlar, lisansüstü tez bilgileri, vb.)

Giriş

Yeni keşifler, bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte toplumsal yapı değiştikçe, değişen toplumun ihtiyaç duyduğu bireylerin özellikleri de değişmektedir. Çağımızın toplumunda ihtiyaç duyulan insanın özellikleri incelendiğinde, kendi kültürel değerlerini özümsemiş, farklı alanlarda yeni bilgi ve becerilerle donatılmış, özgüven sahibi ve farklı kültürlerle karşı saygılı bireylere ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Ayrıca bu bireylerin yaratıcı-yenilikçi, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerine sahip, diğer bireylerle iyi iletişim

kuran, işbirliği içinde çalışan kişiler olmaları da istenilen özellikler arasındadır. Bilgi, medya ve teknoloji okur-yazarı olmak, esnek, uyumlu, girişimci, özdenetim sahibi, üretken, bireysel-sosyal olarak sorumluluk alabilen ve liderlik vasfına sahip bireyler olmak da çağımız toplumunda ihtiyaç duyulan özelliklerdir. Bu özellikler 21. Yüzyıl becerileri olarak adlandırılmaktadır (Çepni, Özmen & Ayvacı, 2015; Rotherham & Willingham, 2010).

Hem Avrupa'da hem de Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde pek çok ülke, 21. Yüzyıl becerilerine sahip bireyleri yetiştirmek için öğretim programlarında köklü değişiklikler yapmışlardır. ABD, 90'lı yıllarda öğretim programında; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte ele alındığı bütünlük bir eğitim yaklaşımı benimsemiştir (Bybee, 2010). Bu yaklaşım, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ya da FeTeMM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) adını almaktadır (Bu çalışmada, kelimelerin Türkçe'deki baş harfleri ile ifade edilen FeTeMM kavramı kullanılacaktır). Gelişmiş ülkeler arasındaki bilimsel ve teknolojik yarış ile 21. Yüzyıl becerilerine sahip insanları yetiştirme eğilimi, ABD'de çok sayıda eyalette, öğretmenlerin mühendisliği açıkça derslere entegre etmeleri veya yetenekli ve başarılı öğrencilere eğitim veren FeTeMM okullarının açılmaya başlamasına neden olmuştur. Avrupa'da ise, sorgulamaya dayalı fen eğitimi yaklaşımının bilim ve teknoloji eğitimi süreçlerinde kullanılmasını ve öğrencilerin bilime yönelik ilgilerinin artırılması amacıyla FeTeMM'e yönelik proje çalışmalarının yapılmasını sağlamıştır (Akgündüz ve diğerleri, 2015).

FeTeMM'in ABD'de ortaya çıkmasını çok eski dönemlere dayandıran çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Sanayi Devrimi, Edison'un icatları ve diğer mucitlerin çalışmaları FeTeMM örneği olarak değerlendirilebilir (White, 2014). Ancak, o dönemlerde FeTeMM kavramı kullanılmamıştır (Butz ve diğerleri, 2004). ABD'de 1980'lerden itibaren, fen ve matematik eğitiminin niteliğini artırmaya yönelik çabalarla karşılaşmak mümkündür (National Science Foundation [NSF] and U.S. Department of Education, 1980). 1990'lı yıllarda çok sayıda ulusal komisyon, meslek örgütü, araştırmacı, üniversite, fen ve matematik eğitiminin geliştirilmesi için çağrılarda bulunmuştur (National Research Council [NRC], 1996). FeTeMM kavramının ilk kullanımı SMET (Science Mathematics Engineering and Technology) kısaltmasıyla 1990'lı yıllarda Ulusal Bilim Vakfı (NSF) tarafından olmuştur. 1996 yılında ABD'de Ulusal Fen Eğitimi Standartları (National Science Education Standards) yayımlanmış ve araştırmaya-sorgulamaya dayalı fen eğitimine geçilmesi benimsenmiştir (National Research Council [NRC], 1996). ABD'de eğitim alanında yapılan reform çalışmaları, eğitimin kalitesini yükseltme amacını yerine getirmiştir. Ancak, bilimsel ve teknolojik anlamda ABD, Çin gibi

devletlerle rekabet etmekte yetersiz kalmıştır. Oysa bilim ve teknoloji alanında dünyada söz sahibi olabilmek için; eğitimde teknik bilgi ve becerileri sağlayan, öğrencilerin gerçek hayata karşılaşılabilecekleri problemlere çözümler üretmelerine yardım eden, iş yaşamında ihtiyaç olan becerileri öğrencilere sağlayan bir eğitim yaklaşımına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır (Akgündüz ve diğerleri, 2015). Bu süreçteki çabalara rağmen, beklenen kalitenin yakalanamaması, iş dünyasının ihtiyacı olan nitelikli işgücünün karşılanamaması, iş adamları tarafından eğitim sisteminin ciddi bir şekilde eleştirilmesine neden olmuş ve bunun sonucu olarak ABD, mühendislik becerilerini ön plana çıkaran bir yaklaşımı benimsemiştir (NRC, 1996). Böylece STEM kısaltması ilk defa bugünkü kullanımıyla 2001 yılında NSF tarafından kullanılmıştır (Teaching Institute for Excellence in STEM, 2017). ABD’de bu alandaki önemli girişimler sonucu, 2013 yılında yeniden düzenlenen Yeni Nesil Fen Standartları (Next Generation Science Standarts)’nda FeTeMM yaklaşımı ön plana çıkarılmıştır (NRC, 2013). 2013’te düzenlenen Yeni Nesil Fen Eğitimi Standartları incelendiğinde, önceki standartlara göre, mühendislik uygulamalarının ön plana çıkarıldığını görmek mümkündür. Eleştirel düşünme becerileri gibi 21. Yüzyıl becerilerinin yanı sıra öğrencilerin fen ve matematik okur-yazarı olmalarına yönelik düzenlemelerin olduğunu görmek mümkündür (NGSS, 2013).

ABD’deki bu gelişmelerden sonra, Avrupa’da da fen, teknoloji ve mühendislik alanlarında giderek artan yetişmiş işgücü talebinin oluşması, bu alanlara ilginin azalması ve yakın zamanda ortaya çıkabilecek yetişmiş eleman açığını kapatabilmek amacıyla FeTeMM eğitimine doğru bir yönelim ortaya çıkmıştır. Avrupa’daki pek çok ülkede FeTeMM ile ilgili olarak; FeTeMM stratejik planları hazırlanmış ve buna bağlı olarak öğretim programlarında değişiklikler yapılmıştır. Ayrıca FeTeMM’e yönelik projeler yapılarak çok sayıda rapor yayımlanmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Scientix, inGenious, MaScil, SAILS, Ark of Inquiry ve PROFILES gibi projeler ülkemizin de içinde bulunduğu Avrupa’da yürütülen projeler arasında yer almaktadır.

Türkiye’deki durum incelendiğinde, öncelikle Üniversite düzeyinde FeTeMM çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. İstanbul Aydın Üniversitesi’nde bir STEM Merkezi kurulmuş ve STEM laboratuvarı kurma çalışmaları devam etmektedir. Hacettepe Üniversitesi ise STEM laboratuvarı kurmuştur (Akgündüz ve diğerleri, 2015). Bahçeşehir Üniversitesi’nde bir STEM Laboratuvarı mevcuttur. Milli Eğitim Bakanlığı açısından bakıldığında, Kayseri’de Milli Eğitim Müdürlüğü (MEM)’ne bağlı olarak bir STEM Merkezi kurulmuş, ancak 2016 yılında kapatılmıştır. 2016 yılında Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü tarafından STEM Eğitimi Raporu adı altında bir rapor oluşturulmuştur

(Kurumların ve raporların adında STEM olarak ifade edildiği için bu kısımda STEM kavramı kullanılmıştır). Raporda, 2015-2019 Stratejik Planında FeTeMM'in güçlendirilmesine yönelik amaçlar bulunduğu belirtilmekte ve okullarda 7. ve 8. Sınıfta Teknoloji Tasarım derslerinde gerçekleştirilen çalışmaların FeTeMM mantığına uygun olduğu belirtilmektedir. Ayrıca TÜBİTAK tarafından desteklenen Bilim Fuarları sayesinde gençlerin bu alanlarda çalışmalar yapmasının desteklendiği ve TÜBİTAK tarafından kurulan Bilim Merkezleri'nde de ders dışı zamanlarda FeTeMM etkinliklerinin yapılmasının desteklendiği belirtilmektedir (MEB, 2016).

Kurumsal bazlı çalışmaların yanı sıra, hem yurt içinde hem de yurt dışında farklı araştırmacılar FeTeMM ile ilgili uygulamaya dönük çalışmalar gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmalar FeTeMM eğitiminin, öğrencilerin fen, matematik ve/veya teknolojiye olan ilgilerini ve öz-yeterliliklerini (Almarode ve diğerleri, 2014; Burt, 2014), tutumlarını (Çalışıcı, 2018; Dumanoglu, 2018; Gülhan & Şahin, 2016; Koç, 2017; Yamak, Bulut & Dündar, 2014), 21. Yüzyıl becerilerini (Abdurrahman ve diğerleri, 2019; Bulut, 2019; Özçelik & Akgündüz, 2018), yaratıcı problem çözme becerilerini, yaratıcılıklarını (Ayverdi, 2018; Kim & Choi, 2012), psiko-motor becerilerini (Gülen, 2016), yansıtıcı düşünme becerilerini (Gülen, 2016), kariyer bilincini (Dieker, Grillo & Ramlakhan, 2012; Willis, 2017), işbirlikli çalışmalarını (Barış & Ecevit, 2019; Seren, 2019), fen ve matematik etkinliklerine yönelik olumlu deneyimlerini (Ihrig, Lane, Mahatmya & Assouline, 2018; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), bilimsel süreç becerilerini (Ayverdi, 2018; Barış & Ecevit, 2019; Cotabish, Robinson, Dailey & Hughes 2013; Robinson, Dailey, Hughes & Cotabish, 2014; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), içerik bilgilerini ve kavram bilgilerini (Cotabish, Robinson, Dailey & Hughes 2013; Robinson, Dailey, Hughes & Cotabish, 2014) geliştirdiğini, mühendislik ve teknoloji konusunda bilgi ve becerilerini (Baran, Canbazoglu-Bilici & Mesutoğlu, 2015; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), başarılarını (Ceylan, 2014; Ercan, 2014; Gülen, 2016; Irkıçatal, 2016; Kim, Cross & Cross; 2017; Koyuncu & Kırgız, 2016; Salman-Parlakay, 2017; Yasak, 2017; Yıldırım & Altun, 2015; Yıldırım & Selvi, 2017; Yıldız, Özkaral & Yavuz, 2017; Young, Young ve Ford, 2017) arttırdığını göstermiştir. FeTeMM ile ilgili yürütülen tüm bu çalışmaların ortak amacı; fen, teknoloji, matematik ve mühendislik disiplinlerinin bütünleşik olarak öğretimi ile birlikte ülkelerin ihtiyacı olan nitelikli insan gücünün yetiştirilmesidir. Scott (2009), FeTeMM eğitimiyle ilgili olarak dört esastan söz etmektedir. Bunlar;

- ✓ Teknolojik uygulamaların, fen ve matematik içeriğine entegre edilmesi,
- ✓ Akademik ödevlerle kariyer ve teknik eğitimin desteklenmesi,
- ✓ FeTeMM kavramının başka alanlara da uygulanması,

- ✓ Öğretim programı içinde fen ve matematiğin birleştirilmesidir (Scott, 2009, Akt. Öner & Capraro, 2016).

Scott (2009)'un belirttiği esaslarla birlikte, ülkeler öğretim programlarında yaptıkları düzenlemelerle FeTeMM eğitimi ile akademik başarıyı artırmayı da amaçlanmaktadır. Eğitim kurumlarının temel görevlerinden birinin öğrencilerin akademik gelişimlerine katkı sağlamak olduğu düşünüldüğünde, böyle bir durumun ortaya çıkması da doğal bir süreçtir. Alan yazında FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisinin araştırıldığı çalışmalarda farklı eğitim düzeylerinde öğrenciler ile çalışıldığını görmek mümkündür. Farklı eğitim düzeylerindeki öğrencilerle yapılan çalışmaların sonuçları karşılaştırılırsa FeTeMM eğitime hangi dönemde başlanması gerektiği konusunda fikir yürütmek kolay olabilir. Ayrıca bu alandaki farklı farklı çalışmalar, tüm bu kaynakların incelenmesi ve istenilen bilgiye ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, aynı konuda hazırlanan çalışmaların sentezini gerektirmektedir. Bu bağlamda, yapılacak bir meta-analiz çalışması, literatürdeki çalışmaların bütünsel olarak değerlendirilmesini olanaklı kılacağı gibi FeTeMM yaklaşımının etkilerini de daha gerçekçi bir şekilde değerlendirmeye imkan verecektir.

Son yıllarda, belirli bir konuda birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür (Kablan, Topan & Erkan, 2013). Meta-analiz çalışmaları, araştırmacılara herhangi bir birincil çalışmadan, nicel olmayan çalışmalardan veya anlatı derlemelerinden daha doğru ve daha güvenilir olan sonuçlar sunan araştırmalardır (Rosenthal & DiMatteo, 2001). Meta analiz çalışmaları, bilimsel bilginin birikimli olması nedeniyle bu birikimi bütün olarak görmeye olanak sağlamaları, güçlü bilimsel delillerin kullanılmasıyla politika belirleyicilere rehberlik etmeleri ve alan yazındaki tutarsız sonuçları açıklamaya yardımcı olmaları nedeniyle önemli çalışmalardır (Üstün, 2012). FeTeMM eğitimi özellikle son yıllarda, üzerinde çokça durulan bir yaklaşımdır. Bu çalışmada da FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisine ilişkin çalışmaların sonuçlarının bir bütün olarak değerlendirilmesi ile alan yazına katkı sağlanması beklenmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların sonuçlarının incelenmesi ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir. Amaç doğrultusunda belirlenen alt problemler ise;

FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların etki büyüklükleri nasıldır?

FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların etki büyüklükleri öğretim düzeyine göre (ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) nasıldır?

FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların etki büyüklükleri Türkiye ve yurt dışında yapılan çalışmalarda nasıldır?

Yöntem

Araştırmada, meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz, aynı konuda yapılmış birbirinden bağımsız çok sayıdaki çalışmanın sonuçlarının birleştirilmesi, elde edilen bulguların istatistiksel olarak incelenmesi ve sentezinin yapılması esasına dayanan bir yöntemdir. Bir meta-analiz çalışması şu aşamalarda gerçekleştirilir (Akgöz, Ercan & Kan, 2004).

Verilerin Toplanması ve Analizi

Akgöz, Ercan ve Kan (2004) meta-analiz çalışmasının basamaklarını şöyle ifade etmişlerdir:

1. Problemin tanımlanması,
2. Meta-analize dahil edilecek çalışmalara ait özelliklerin belirlenmesi,
3. Bireysel araştırmaların elde edilmesi,
4. Her bir çalışmanın kodlanması ve sınıflandırılması,
5. Bireysel çalışmaların bulgularının birleştirilmesi,
6. Birleştirilen bulguların ilişkilerinin kurulması,
7. Meta-analiz bulgularının rapor edilmesi.

Bu çalışmada veriler bu basamaklara uygun olarak toplanmış ve analiz edilmiştir.

Problemin Tanımlanması

Son yıllarda yapılan araştırmalar incelendiğinde, FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisini inceleyen çalışmaların sayısının oldukça artmış olduğunu görmek mümkündür. Ancak bu çalışmalar birbirinden bağımsız olarak yapılmış farklı çalışmalardır. Bu çalışmaların bütünsel bir bakış açısıyla incelenmesi ve elde edilen sonuçların sentezinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Meta-Analize Dahil Edilecek Çalışmalara Ait Özelliklerin Belirlenmesi

Araştırma kapsamına dâhil edilecek çalışmalar, FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisini araştıran çalışmalar olarak belirlenmiştir. Bu çalışmaların belirlenmesi, kapsamlı bir literatür incelemesi ile başlamıştır. Literatür incelemesi, 2018 Aralık ayı ve 2019 Ocak ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında incelenecek araştırmalar,

Balıkesir Üniversitesi kütüphanesi üzerinde yapılan taramalar ile belirlenmiştir. Bu bağlamda, Google Akademik, YÖK Tez, Web of Science, Eric ve Proquest Education Journal'da tarama yapılmıştır. Araştırma kapsamında, meta-analize dâhil edilecek çalışmalara ait özellikler şu şekilde belirlenmiştir:

- ✓ 2012-2018 yılları arasında Türkiye’de ve farklı ülkelerde FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisinin araştırıldığı çalışmalar olmaları ilk dahil edilme kriteridir. Çalışmanın başlangıç tarihi olarak 2012 yılının belirlenmesinin nedeni bu yaklaşımın 2012 sonrasında yoğun olarak kullanılmasıdır. Daha öncesinde yapılan çalışmalarda disiplinlerarası yaklaşım olmasına rağmen 2012 sonrasında STEM yada FeTeMM'in akademik başarıya etkisi doğrudan araştırılmıştır.
- ✓ Tarama işlemi, “STEM education”, “achievement”, “academic achievement”, “FeTeMM eğitimi”, “başarı”, “akademik başarı” anahtar kavramları kullanılarak üzerinde gerçekleştirilmiştir.
- ✓ İncelemeler, öncelikle çalışmaların özetleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özette, çalışmada kullanılacak nitelikte deneysel ya da yarı deneysel yöntemlerle tasarlanmamış çalışmalar araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Özetler incelendikten sonra, çalışmanın tümü incelenmiş ve etki büyüklüğünü hesaplayabilmek için gerekli istatistiksel verileri içermeyen çalışmalar da kapsam dışında bırakılmıştır. Etki büyüklüğünü hesaplayabilmek için gerekli istatistiksel verileri içeriyor olmaları çalışmaların sahip olması beklenen özelliklerdir.

Bireysel Araştırmaların Elde Edilmesi

Belirlenen anahtar kelimelerle ilk tarama yapıldığında, 372 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan, belirlenen kriterlere uyan çalışmaların sayısının 38 olduğu görülmüştür.

Her Bir Çalışmanın Kodlanması ve Sınıflandırılması

Araştırma için belirlenen kriterleri sağlayan çalışmalar belirlendikten sonra, PDF uzantılı olarak ortak bir klasöre kaydedilmiştir. Daha sonra, tüm çalışmaları kolayca inceleyebilmek ve bir bütün olarak görebilmek için, Word dokümanına araştırmalar hakkında kısa bilgilerin yer aldığı bir tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan tabloda (Tablo 1) çalışmalara ait tanımlayıcı bilgilere yer verilmiştir: yazar adı, yayın yılı, örneklem büyüklüğü, çalışma grubu, etki büyüklüğü hesaplamak için gerekli istatistiksel değerler (aritmetik ortalama, standart sapma

vb.), etki büyüklüğü ve çalışmanın Türkiye’de mi yurt dışında mı yapıldığına ilişkin bilgi şeklindedir. Sonrasında, her bir çalışmaya ilişkin veriler bu tabloya kodlanmıştır.

Etki büyüklüğü (Cohen d), çalışmada hesaplanmışsa aynen alınmıştır. Eğer hesaplanmamışsa, gerekli istatistiksel veriler kullanılarak https://www.psychometrica.de/effect_size.html üzerinden araştırmacılar tarafından hesaplanmıştır. Eğer Cohen d yerine başka formüllerle etki büyüklüğü hesaplanmışsa, aynı web sayfası üzerindeki dönüşüm formülleri kullanılarak gerekli veri dönüşümleri yapılmıştır.

Araştırmalarda kullanılan t testi gibi testlerde, ortalama ile ortalamanın karşılaştırıldığı bir sabit değer vardır ve test bu değerler arasındaki farkın anlamlı olup olmadığına ilişkin bir bulgu ortaya koyar. Ancak bu farkın büyüklüğüne ilişkin bir veri sunmaz. Bu nedenle etki büyüklüğünün hesaplanması gereklidir. Etki büyüklüğü, farklı çalışmalar için karşılaştırılabilir değerler sunması açısından da önemlidir (Can, 2014).

Etki büyüklüklerini yorumlamada, Cohen (1992)’in yönergelerine uygun olarak hareket edilmiştir. Cohen (1992)’e göre: etki büyüklüğünün küçük (small), orta (medium) ve geniş (large) etki büyüklükleri için kabul edilen değerler sırasıyla .20, .50 ve .80’dir. Dolayısıyla, çalışmaların etki büyüklüğü .20’den küçük ise etkisiz, .20 ile .50 arasında ise küçük, .50 ile .80 arasında ise orta, .80’den büyük ise geniş etki büyüklüğüne sahip olduğu söylenebilir.

Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik gibi farklı alanlardaki akademik başarının ölçüldüğü çalışmalarda birden fazla etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Bu çalışmalar için ortalama etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Kodlama ve analiz güvenilirliğini sağlamak amacıyla veriler araştırmacılar tarafından birinci kez kodlandıktan ve analiz edildikten bir ay sonra öncekilerden bağımsız olarak aynı araştırmacılar tarafından yeniden kodlanmış ve analiz edilmiştir.

Meta-analiz çalışmaları ile ilgili en ciddi eleştirilerden biri olan farklı gruplar, değişkenler ve ölçme teknikleri ile elde edilen çalışmaların karşılaştırılarak ortak etkiye genellenmeye çalışılmasıdır (Üstün ve Eryılmaz, 2014). Bu araştırma kapsamında da incelenen çalışmaların bir kısmında tek grupla çalışılmış, bir kısmında kontrol grubuyla çalışılmıştır. Bazı araştırmalarda parametrik, bazılarında parametrik olmayan analizler kullanılmıştır. Bu nedenle bu meta-analizde farklı gruplardan elde edilen sonuçların tek bir ortak etki büyüklüğü ile ifade edilmesinden kaçınılmış, bunun yerine karşılaştırmalarla sunulmaya çalışılmıştır.

Bireysel Çalışmaların Bulgularının Birleştirilmesi

2012 yılından itibaren ülkemizde ve yurt dışında FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların sonuçlarının incelenmesi ve bu çalışmalardan elde edilen

sonuçların değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular, metodolojik sınırlılıklar içinde değerlendirilmelidir. Bu sınırlılıklar, meta-analizin prosedürlerinden kaynaklanan sınırlılıklardır. Araştırmada sadece birincil yazarlar tarafından sağlanan sonuçlar dikkate alındığından, etki büyüklüğünü hesaplamak için gerekli istatistiksel verileri sağlamayan çalışmaların analiz dışı bırakılması gerekmiştir. Bir diğer sınırlılık, çalışma sayısı ile ilgilidir. Son yıllarda, FeTeMM ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmakla birlikte, söz konusu çalışmaların önemli bir kısmı nicel çalışmalar değildir. Etki büyüklüğü hesaplanabilecek niceliksel kanıt sunan çalışma sayısı oldukça azdır (Becker & Park, 2011). Niceliksel kanıt sağlayan çalışmaların bir kısmı da akademik başarıya etkiyi araştırmadığından çalışmaya dahil edilmemiştir. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların her biri için Cohen d ile hesaplanan etki büyüklükleri kullanılarak çalışmalar birleştirilmiştir.

Birleştirilen Bulguların İlişkilerinin Kurulması

Etki büyüklükleri d'ye dönüştürülen tüm çalışmalar etki boyutlarına göre Türkiye'de ya da yurt dışında gerçekleştirilme durumu ve öğretim kademesine göre değerlendirilmiştir.

Meta-analiz bulgularının rapor edilmesi

Elde edilen bulgular bu çalışma kapsamında raporlaştırılmıştır.

Bulgular ve Yorumlar

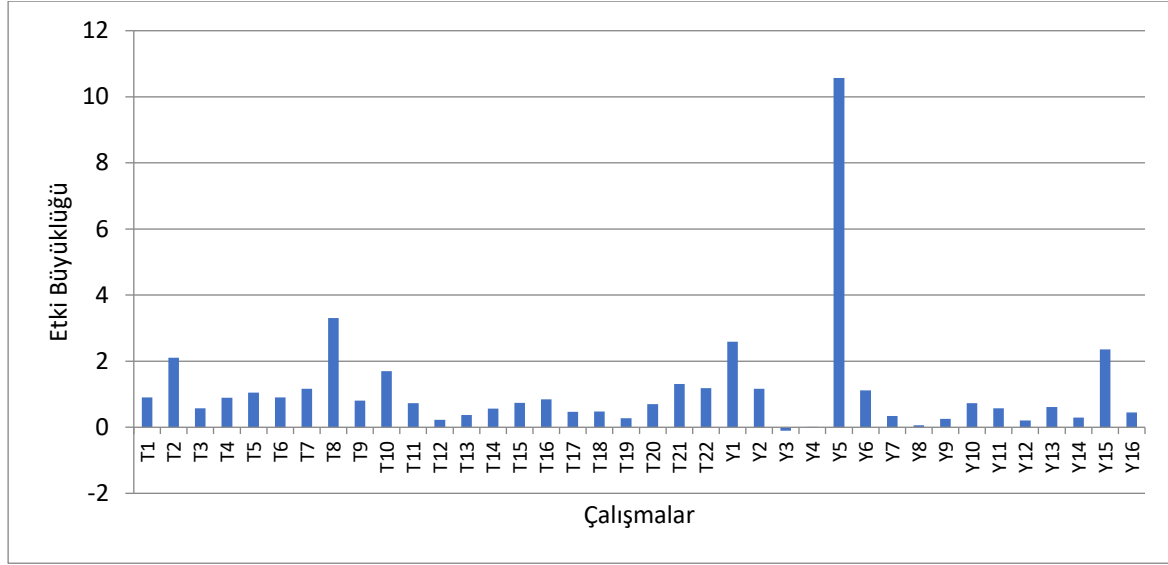
Araştırma kapsamında incelenen 38 çalışma için örneklem büyüklüğü, çalışma grubu, çalışmanın Türk ya da yabancı olma durumu, hesaplanan etki büyüklükleri ve kodlarına ilişkin bulgular Tablo 1'de sunulmuştur:

Tablo 1 Araştırma Kapsamında İncelenen 38 Çalışmanın Özeti

Çalışma	N	Çalışma grubu	Türk/Yabancı	Etki büyüklüğü (d)	Kodu
Acar ve diğerleri (2018)	68	İlkokul	Türk	0.904	T1
Aygen (2018)	65	Üniversite	Türk	2.105	T2
Büyükdere ve Tanel (2018)	67	Üniversite	Türk	0.578	T3
Ceylan (2014)	56	Ortaokul	Türk	0.89	T4
Çalışıcı (2018)	44	Ortaokul	Türk	1.051	T5
Çakır ve Ozan (2018)	53	Ortaokul	Türk	0.904	T6
Çevik ve Abdioğlu (2018)	26	Ortaokul	Türk	1.16	T7
Dedetürk (2018)	158	Ortaokul	Türk	3.301	T8
Dumanoğlu (2018)	88	Ortaokul	Türk	0.806	T9
Ercan (2014)	30	Ortaokul	Türk	1.694	T10
Gülen (2016)	40	Ortaokul	Türk	0.728	T11
Güven ve diğerleri (2018)	30	Ortaokul	Türk	0.221	T12
İnce ve diğerleri (2018)	58	Ortaokul	Türk	0.368	T13
Koyuncu & Kırgız (2016)	35	İlkokul	Türk	0.568	T14
Nağaç (2018)	44	Ortaokul	Türk	0.743	T15
Özdemir (2018)	64	Lise	Türk	0.846	T16
Salman Parlakay (2017)	64	Ortaokul	Türk	0.468	T17
Sarıcan ve Akgündüz (2018)	44	Ortaokul	Türk	0.474	T18
Yasak (2017)	46	Ortaokul	Türk	0.271	T19
Yıldırım & Altun (2015)	83	Üniversite	Türk	0.698	T20
Yıldırım & Selvi (2015)	78	Ortaokul	Türk	1.312	T21
Yıldız ve diğerleri (2017)	38	Ortaokul	Türk	1.184	T22
Boyster (2018)	40	İlkokul	Yabancı	2.592	Y1
Cotabish at all (2013)	1750	İlkokul	Yabancı	1.168	Y2
Irwin (2013)	50	İlkokul	Yabancı	-0,107	Y3
Judson (2014)	12344	İlkokul	Yabancı	0.007	Y4
Kakarndee at all (2018)	40	Ortaokul	Yabancı	10.567	Y5
Kaw & Yalcin (2012)	137	Üniversite	Yabancı	1.115	Y6
McClain (2015)*	274	İlkokul	Yabancı	0.3395	Y7
Mckinnon (2018)	1337	İlkokul	Yabancı	0.058	Y8
Moyer (2012)	223	Ortaokul	Yabancı	0.257	Y9
Nugent at all (2014)	288	Ortaokul	Yabancı	0.725	Y10
Oliveraz (2012)	176	Ortaokul	Yabancı	0.576	Y11
Ragsdale (2014)	1322	Lise	Yabancı	0.205	Y12
Reena (2018)	101	Üniversite	Yabancı	0.609	Y13
Schuchardt & Schunn (2015)	168	Lise	Yabancı	0.291	Y14
Wallace at all (2015)	155	Lise	Yabancı	2.359	Y15
Yoon at all (2014)	831	İlkokul	Yabancı	0.45	Y16

Tablo 1 incelendiğinde, 22 yerli ve 16 yabancı çalışma ile araştırmanın gerçekleştirildiği toplamda 38 farklı etki büyüklüğünün karşılaştırıldığı görülmektedir. Örneklem büyüklüklerinin ise 26 ile 12344 arasında değiştiği görülmektedir. Çalışmalardan 9 (%24)'u ilkokul, 20 (%53)'si ortaokul, 4 (%10)'ü lise ve 5 (%13)'i üniversite düzeyinde yapılan çalışmalardır.

Araştırmanın ilk alt problemi, FeTeMM Eğitiminin akademik başarıya etkisini inceleyen çalışmalardaki etki büyüklüklerinin nasıl olduğunun incelenmesidir. Çalışmadaki etki büyüklükleri, -0.107 ile 10.567 arasında değişmektedir. Çalışmaların etki büyüklükleri Grafik 1'de sunulmuştur:



Grafik1 Araştırmalar İçin Hesaplanan Etki Büyüklükleri

Grafik 1 incelendiğinde, 38 etki büyüklüğünden 12 tanesinin (T2, T5, T7, T8, T10, T21, T22, Y1, Y2, Y5, Y6, Y15) 1.0'ın üzerinde çok geniş etki büyüklüğüne sahip olduğu, 25 tanesinin (T1, T2, T3, T4, T6, T9, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, Y3, Y4, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13, Y14, Y16) 0 ile 1.00 arasında etki büyüklükleri gösterdiği ve 1 tanesinin (Y3) negatif etki büyüklüğüne sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Araştırmanın ikinci alt problemi, öğretim düzeyine göre (ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) etki büyüklüklerinin incelenmesidir. 38 çalışma için hesaplanan etki büyüklüklerinin öğretim düzeyine göre sınıflandırılması Tablo 2'de sunulmuştur:

Tablo 2 Öğretim Düzeyine Göre Çalışmaların Etki Büyüklükleri

Öğretim düzeyi	Etki büyüklüğü				Toplam çalışma sayısı
	$EB < 0.2$	$0.2 < EB < 0.5$	$0.5 < EB < 0.8$	$EB > 0.8$	
İlkokul	3	2	1	3	9
Ortaokul	0	6	4	10	20
Lise	0	2	0	2	4
Üniversite	0	0	3	2	5
Toplam	3	10	8	17	38

Tablo 2 incelendiğinde, ilkokul düzeyinde hesaplanan 9 etki büyüklüğünden 3 (%33)'ü 0.2'den küçük, 2 (%22)'si 0.2 ile 0.5 arasında ve 1 (% 11)'i 0.5 ile 0.8 arasında ve 3 (%33)'ü 0.8'den büyüktür. Ortaokul düzeyi için hesaplanan 20 etki büyüklüğünden 6 (%30)'sı 0.2 ile 0.5 arasında, 4 (%20)'ü 0.5 ile 0.8 arasında ve 10 (%50)'ü 0.8'den büyüktür. Ortaokul grubu için etki büyüklüğü 0.2'den küçük olan çalışma ile karşılaşılmalıdır. Lise düzeyi için

hesaplanan 4 etki büyüklüğünden 2 (%50)'si 0.2 ile 0.5 arasında ve 2 (%50)'si 0.8'den büyüktür. Lise düzeyi için etki büyüklüğü 0.2'nin altında olan ve 0.5 ile 0.8 arasında olan çalışma ile karşılaşılmamıştır. Üniversite düzeyi için hesaplanan 5 etki büyüklüğünden 3 (% 60)'ü 0.5 ile 0.8 arasında ve 2 (%40)'si 0.8'den büyüktür. Üniversite grubu için etki büyüklüğü 0.5'ten küçük olan çalışma ile karşılaşılmamıştır. Tüm çalışmalardan hesaplan 38 etki büyüklüğünün 3 (%8)'ü 0.2'den küçük, 10 (%26)'u 0.2 ile 0.5 arasında, 8 (% 21)'si 0.5 ile 0.8 arasında ve 17 (%45)'si 0.8'den büyüktür.

Araştırmanın üçüncü alt problemi Türkiye ve yurt dışında yapılan çalışmaların etki büyüklüklerinin incelenmesidir. Etki büyüklerinin çalışmaların yapıldığı yere göre incelenmesine ait bulgular Tablo 3'te sunulmuştur:

Tablo 3 Türkiye ve Yurt Dışında Yapılan Çalışmalarda Hesaplanan Etki Büyüklükleri

Çalışmanın yapıldığı yer	Etki büyüklüğü				Toplam çalışma sayısı
	$EB < 0.2$	$0.2 < EB < 0.5$	$0.5 < EB < 0.8$	$EB > 0.8$	
Türkiye	0	5	5	12	22
Yurt dışı	3	5	3	5	16
Toplam	3	10	8	17	38

Tablo 3 incelendiğinde, Türkiye'de yapılan çalışmalar için hesaplanan 22 etki büyüklüğünden 5 (%23)'i 0.2 ile 0.5 arasında, 5 (% 23)'i 0.5 ile 0.8 arasında ve 12 (%54)'si 0.8'den büyüktür. 0.2'den küçük etki büyüklüğü ile karşılaşılmamıştır. Yurt dışında yapılan çalışmalar için etki büyüklükleri incelendiğinde 3 (%19)'ü 0.2'den küçük, 5 (%31)'i 0.2 ile 0.5 arasında, 3 (% 19)'ü 0.5 ile 0.8 arasında ve 5 (%31)'i 0.8'den büyüktür.

Sonuç ve Tartışma

FeTeMM eğitiminin öğrencilerin akademik başarısına etkisini inceleyen çalışmalardan elde edilen bulguları sentezlemek amacıyla yapılan bu araştırma sonucunda, çalışmaların bir kısmının etki büyüklüğünün çok küçük olmasına karşın, önemli bir kısmından elde edilen etki büyüklüklerinin büyük olduğu ortaya çıkmıştır. Becker ve Park (2011), yaptıkları meta-analiz çalışmasında disiplinlerarası yaklaşımının akademik başarıya etkisini araştıran 28 çalışma incelemişler ve bütünleştirici yaklaşımın öğrenci başarısı üzerinde olumlu etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, 2011 yılı öncesindeki disiplinlerarası araştırmalar incelenmiş ve sadece farklı ülkelerde yapılanlar ele alınmıştır. Yıldırım (2016) yaptığı çalışmada, FeTeMM eğitiminin yaratıcılığa, problem çözme becerilerine, tutuma, ilgi alanlarına ve öğrenci başarısına etkisini inceleyen çalışmalara odaklanmış ve bu bağlamda

akademik başarı ile ilgili 8 çalışma incelemiştir. Çalışmalardan 4'ünün FeTeMM eğitiminin akademik başarıyı geliştirmeye katkısının olduğunu, 4 çalışmanın ise akademik başarıyı artırmada etkili olmadığını belirlemiştir.

Saraç (2018), FeTeMM eğitiminin öğrenme çıktılarına etkisini incelediği meta-analiz çalışmasında, 2010-2017 yılları arasında yapılan çalışmaların etki büyüklüklerini karşılaştırmış ve akademik başarıdaki etki büyüklüğünün orta düzeyde olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada akademik başarı 27 çalışma üzerinden incelenmiştir. Mevcut çalışmada ise 38 çalışma ile karşılaşılan etki büyüklükleri daha çok geniş etki büyüklükleridir. Orta ve küçük etki büyüklükleri de vardır. Son yıllarda Türkiye'de bu alanda yapılan çalışmaların sayısının artması ve ülkemizde yapılan çalışmalarda daha çok geniş etki büyüklüğüne sahip çalışmaların yapılması bu iki çalışma arasındaki farkın nedeni olabilir.

FeTeMM eğitime yönelik olarak yapılan çalışmaların (bilimsel süreç becerileri, akademik başarı, tutumlar, algılar vb.) incelendiği başka bir çalışmada incelenen 6 çalışmanın FeTeMM'in akademik başarıya etkisinin incelendiği çalışmalar olduğu görülmüştür. Analize dahil edilen çalışmalardan birinde FeTeMM yaklaşımının akademik başarıda etkisinin olmadığı belirlenirken diğer çalışmalarda akademik başarı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır (Herdem ve Ünal, 2018). Gerek mevcut çalışmada gerek literatürdeki diğer meta-analiz ve meta-sentez araştırmalarında, genel olarak FeTeMM eğitiminin öğrencilerin akademik başarısı üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Mevcut çalışmada incelenen araştırmalarda, ilkökul düzeyinde yapılan çalışmaların genel olarak etki büyüklüğünün küçük olduğu, ortaokul ve lise düzeyindeki çalışmalarda hem büyük hem de küçük etki büyüklükleri ile karşılaşılmasına rağmen, orta etki büyüklüğünün az olduğu, üniversite düzeyindeki çalışmaların ise orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Becker ve Park (2011)'in çalışmasında, ilkökul ve üniversite düzeyinde üç etki büyüklüğündeki çalışmaların sayısının eşit olduğu, buna karşın ortaokul ve lise düzeyinde elde edilen sonuçların bu çalışma ile benzer olduğu görülmüştür. Becker ve Park (2011) çalışmalarının sonuçlarına dayanarak, disiplinler arası yaklaşıma erken yaşlarda başlanmasını tavsiye etmektedirler. Türkiye'de yapılan çalışmalardan sadece üçü ilkökul düzeyinde yapılmış çalışmadır. Bunlardan biri orta etki büyüklüğüne, diğer ikisi ise geniş etki büyüklüğüne sahiptir. Ülkemizde bu yaş grubu ile yapılan çalışmaların sayısının artması FeTeMM eğitime erken başlamak konusunda daha doğru yorumlar yapılabilmesine yardımcı olabilir.

Türkiye ve yurt dışında yapılan çalışmalarda elde edilen etki büyüklükleri karşılaştırıldığında ülkemizdeki çalışmalarda etki büyüklüğü 0.2'nin altında hiç çalışma

olmadığı ve genel olarak çalışmaların orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Yurt dışında yapılan çalışmalarda ise, küçük ve geniş etki büyüklüklerinin dengeli bir dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Bu durum, gruplar arasındaki farkın anlamlı olmadığı ya da kontrol grubunun daha başarılı olduğu çalışmaların ülkemizde akademik alanda çok fazla kabul görmemesi ile açıklanabilir.

Etki büyüklükleri genel olarak incelendiğinde, etkisiz olan çalışmalarda örneklem büyüklüklerinin fazla olduğu ve bu çalışmaların daha çok STEM okullarında yapılan çalışmalar olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarda kontrollü bir deney yaparak müdahale grubundaki başarının belirlenmesi yerine daha çok STEM okullarının etkiliği incelenmiştir. Orta ve geniş etkiye sahip çalışmalarda ise küçük örneklem grupları kullanılmış ve sürecin araştırmacının kontrolünde olduğu detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bu tür gruplarda yapılan çalışmaların sonuçlarının da birbirinden farklı olması kullanılan etkinliklerin niteliklerinin birbirinden farklı olması, çalışma grubunun motivasyonu, kişisel özellikleri, çevresel faktörler vb. koşullardan kaynaklanıyor olabilir.

Mevcut araştırmada da, literatürdeki diğer çalışmalarda da araştırmada belirlenen kriterleri sağlayan çalışma sayısının sınırlı olduğu söylenebilir. FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini inceleyen deneysel çalışmaların sayısının artması, daha büyük kapsamlı meta-analiz çalışmalarının yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Öneriler

Bu çalışmada, FeTeMM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarılarına etkisini inceleyen çalışmalara odaklanılmıştır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda FeTeMM yaklaşımının diğer etkileri (örneğin bilimsel süreç becerileri, tutum, ilgi vb.) üzerine odaklanan çalışmalar yapılabilir. Alan yazında son dönemde FeTeMM yaklaşımı ile birlikte adı sık geçen kavramlardan biri de tasarım odaklı düşünme yaklaşımıdır. Literatürde bu alanda yapılan çalışmaların da analizi yapılarak, FeTeMM ile bu yaklaşımın etkileri karşılaştırılabilir.

Kaynakça

Abdurrahman, A., Ariyani, F., Maulina, H. & Nurulsari, N. (2019). Design and validation of inquiry-based STEM learning strategy as a powerful alternative solution to facilitate gift students facing 21st century challenging. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(1), 33-56.

- Acar, D., Tertemiz, N. & Taşdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training teachers. *International Journal of Elementary Education*, 10 (4), 505-513.
- Akgöz, S., Ercan, İ. & Kan, İ. (2004). Meta-analizi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30 (2) 107-112.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi türkiye raporu: günün modası mı yoksa gereksinim mi?*, İstanbul: Aydın Üniversitesi.
- Almarode, J. T., Subotnik, R. F., Crowe, E., Tai, R. H., Lee, G. M. & Nowlin, F. (2014). Specialized high schools and talent search programs: Incubators for adolescents with high ability in STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 307 –331.
- Ayverdi, L. (2018). *Özel yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde teknoloji, mühendislik ve matematiğin kullanımı: FeTeMM yaklaşımı*. Yayınlanmamış doktora tezi. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Baran, E., Canbazoğlu-Bilici, S. & Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) spotu geliştirme etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED)*, 5(2), 60-69.
- Barış, N. & Ecevit, T. (2019). Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde STEM uygulamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 13(1), 217-233.
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12 (5&6), 23-37.
- Boyster, J. (2018). *The effect of mastery learning and STEM instruction on student achievement*. Ph. D. Thesis. Missouri Baptist University, Missouri.
- Bulut, M. (2019). *Bilim ve Sanat Merkezlerinde STEM uygulaması ve öğretmenlerin stem uygulaması hakkındaki görüşlerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Büyükdere, M. & Tanel, R. (2018). İtme-momentum konularına yönelik FeTeMM etkinliklerinin akademik başarı üzerine etkisi. *Turkish Studies Educational Science*, 13/14, 327-340.
- Bybee, R., W. (2010). What Is STEM Education?. *Science*, 329 (5995), 996-996.

- Burt, S. M. (2014). *Mathematically precocious and female: self-efficacy and stem course choices among high achieving middle grade students*. Ph.D. Thesis. Trevecca Nazarene University School of Education, Nashville.
- Butz, W. P., Kelly, T. K., Adamson, D. M., Bloom, G. A., Fossum, D., & Gross, M. E. (2004). *Will the scientific and technology workforce meet the requirements of the federal government?* (Report). Pittsburgh, PA: RAND.
- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (3. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- 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*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Cohen, J. (1992). A Power primer. *Quantitative methods in psychology. Psychological Bulletin*, 112(1),155-159.
- Cotabish, A., Robinson, A., Dailey, D. & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113 (5), 215-226.
- Çakır, R. & Ozan E. C. (2018). FeTeMM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, yansıtıcı düşünme becerileri ve motivasyonlarına etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38 (3), 1077-1100.
- Çalışıcı, S. (2018). *FeTeMM uygulamalarının 8.sınıf öğrencilerinin çevresel tutumlarına, bilimsel yaratıcılıklarına, problem çözme becerilerine ve fen başarılarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Çepni, S., Özmen, H. & Ayvacı, H. Ş. (2015). Yaşam (bağlam) temelli, beyin temelli öğrenme kuramları, 21. yüzyıl becerileri ve FeTeMM yaklaşımı ve fen bilimleri öğretimindeki uygulamaları. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi* içinde. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Çevik, M & Abdioğlu, C . (2018). Bir bilim kampının 8. sınıf öğrencilerinin STEM başarılarına, fen motivasyonlarına ve üstbilişsel farkındalıklarına etkisinin incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7 (5), 304-327.
- Dedetürk, A. (2018). *6. Sınıf ses konusunda FeTeMM yaklaşımı ile öğretim etkinliklerinin geliştirilmesi, uygulanması ve başarıya etkisinin araştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Dieker, L., Grillo, K. & Ramlakhan, N. (2012). The use of virtual and simulated teaching and learning environments: Inviting gifted students into science, technology, engineering, and

- mathematics careers (STEM) through summer partnerships. *Gifted Education International*, 28(1), 96–106.
- Dumanoglu, F. (2018). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamalarının yedinci sınıf öğrencilerinin akademik başarısına ve tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Gülen, S. (2016). *Fen-teknoloji-mühendislik ve matematik disiplinlerine dayalı argümantasyon destekli fen öğrenme yaklaşımının öğrencilerin öğrenme ürünlerine etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Gülhan, F. & Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik, matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Science*, 13 (1), 602-620.
- Güven, Ç., Selvi, M. & Benzer, S. (2018). 7E Öğrenme modeli merkezli STEM etkinliğine dayalı öğretim uygulamalarının akademik başarıya etkisi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(STEMES'18), 73-80.
- Herdem, K. & Ünal, İ. (2019). STEM Eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 145-163.
- Ihrig, L. M., Lane, E. L., Mahatmya, D. & Assouline, S. G. (2018). STEM excellence and leadership program: increasing the level of STEM challenge and engagement for high-achieving students in economically disadvantaged rural communities. *Journal for the Education of the Gifted*, 41(1) 24 –42.
- İrkıçatal, Z. (2016). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) içerikli okul sonrası etkinliklerin öğrencilerin başarılarına ve fetemm algıları üzerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Irwin, R. (2013). *The Impact Of Technology Integration On Mathematic Achievement*. Missouri Baptist University, Missouri.
- 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. *Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik ve Sanat Eğitimi Dergisi*, 1(1),65-78.

- Judson, E. (2014). Effects of transferring to STEM-focused charter and magnet schools on student achievement. *The Journal of Educational Research*, 107, 255–266.
- Kablan, Z., Topan, B. & Erkan, B. (2013). Sınıf içi öğretimde materyal kullanımının etkililik düzeyi: Bir meta-analiz çalışması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(3), 1629-1644.
- Kakarndee, N., Kudthalang, N. & Jansawang, N. (2018). The integrated learning management using the STEM education for improve learning achievement and creativity in the topic of force and motion at the 9th grade level. *Procedia-International Conference for Science Educators and Teachers (ISET) AIP Conf.* 1923, 030024-1–030024-10; <https://doi.org/10.1063/1.5019515>
- Kaw, A. & Yalcin, A. (2012). Measuring student learning using initial and final concept test in an STEM course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(4), 435–448.
- Kim, G.S. & Choi, S.Y., (2012). The effect of creative problem solving ability and scientific attitude through the science based STEAM program in the elementary gifted students. *Elementary Science Education*, 31(2), 216-226.
- Kim, M., Cross, J. & Cross, T. (2017). Program development for disadvantaged high-ability students. *Gifted Child Today*, 20 (2), 87-95.
- Koç, Y. (2017). *Fen bilimleri dersinde STEM eğitim modeli yaklaşımı kullanarak genç mekatronikcilerin yetiştirilmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Koyuncu, A. & Kırgız, H. (2016). Bilim merkezlerinin öğrencilerin uluslararası sınavlardaki başarılarına etkisi. *İnformal Ortamlarda Araştırmalar Dergisi*, 1 (1), 52-60.
- McClain, M., L. (2015). *The effect of stem education on mathematics achievement of fourth-grade underrepresented minority students*. Ph. D. Thesis. Capella University, Minnesota.
- Mckinnon, F. R. (2018). *The effects of STEM education on elementary student achievement*. Ph. D. Thesis. Western Illinois University, Iowa.
- MEB. (2016). *STEM eğitimi raporu* (Rapor). Ankara: SESAM Grup A.Ş.
- Moyer (2012), *Probeware in 8th grade science: A quasi-experimental study on attitude and achievement*. Phd. Thesis. Wilmington University, New Castle.
- Nağaç, M. (2018). *6. Sınıf fen bilimleri dersi madde ve ısı ünitesinin öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) eğitiminin öğrencilerin akademik başarısı ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards* (Report). Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2013). *Next generation science standards* (Report). Washington DC: National Academy Press.
- National Science Foundation & Department of Education. (1980). *Science & engineering education for the 1980's and beyond* (NSF Publication No.80-78). Washington DC: U.S. Government Printing Office.
- Next Generation Science Standards. (2013). The next generation science standards. Retrieved December 20, 2016, from [http:// www.nextgenscience.org](http://www.nextgenscience.org).
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N. & Adamchuk, V. I. (2014). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42 (4), 391-408.
- Oliveraz, N. (2012). *The impact of a STEM program on academic achievement of eighth grade students in a south texas middle school*. Master Thesis. Texas A & M University - Corpus Christi, Texas.
- Öner, A. T. & Capraro, R. M. (2016). FeTeMM okulu olmak iyi öğrenci başarısı anlamına mı gelir? *Eğitim ve Bilim*, 41(185), 1-17.
- Özçelik, A. & Akgündüz, D. (2018). Üstün/özel yetenekli öğrencilerle yapılan okul dışı STEM eğitiminin değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 334-351.
- Özdemir, H. (2018). *Meslek Lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili mesleki matematik başarısını geliştirmeye yönelik STEM uygulamaları*. Yayınlanmamış doktora tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Öztürk, N., Bozkurt Altan, E. & Tan, S. (2019). Ortaokul öğrencilerinin “geleceğe hazırlanıyorum: problemlere çözüm arıyorum” projesinin kendilerine katkılarına yönelik değerlendirmelerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 49(225), 153-179.
- Ragsdale, R. N. (2014). *High School engineering/technology education course impact on Georgia standardized achievement scores*. Ph. D. Thesis. Old Dominion University, Virginia.
- Reena, I. (2018). The effect of a STEM-specific intervention program on academic achievement, STEM retention, and graduation rate of at-risk college students in STEM majors at a Texas College. Master Thesis. Lamar University, Texas.

- Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G. & Cotabish, A. (2014). The effects of a science focused stem intervention on gifted elementary students' science knowledge and skills. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 189 –213.
- Rosenthal, R., & DiMatteo, M. R. (2001). Meta-analysis: Recent developments in quantitative methods for literature reviews. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 59-82.
- Rotherham, A. J. & Willingham, D. T. (2010). "21st-Century" skills: Not new, but a worthy challenge. *American Educator*, 34 (1), 17-20.
- Saraç, H. (2018). the effect of science, technology, engineering and mathematics-stem educational practices on students' learning outcomes: A meta-analysis study. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17 (2), 125-142.
- Salman-Parlakay, E. (2017). *FeTeMM (STEM) uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin sorgulayıcı öğrenmelerine, motivasyonlarına ve "canlılar dünyasını gezelim ve tanıyalım" ünitesindeki akademik başarılarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Sarıcan, G. & Akgündüz, D. (2018). The impact of integrated STEM education on academic achievement, reflective thinking skills towards problem solving and permanence in learning in science education. *Cypriot Journal of Educational Science*, 13(1), 94-113.
- Schuchardt, A. M. & Schunn, C. D. (2015). Modeling scientific processes with mathematics equations enhances student qualitative conceptual understanding and quantitative problem solving. *Science Education*, 100, 290-320.
- Seren, S. (2019). *Üstün yetenekli öğrencilerle STEM etkinliklerinin tasarlanması ve STEM etkinliklerinde 3 boyutlu teknolojilerin kullanılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Teaching Institute for Excellence in STEM. (2017). What is STEM Education? Retrieved December 30, 2017, from <https://www.tiesteach.org/>
- Üstün, U. (2012). *To what extent is problem-based learning effective as compared to traditional teaching in science education? A meta-analysis study*. Ph. D. Thesis. METU, Ankara.
- Üstün, U. ve Eryılmaz, A. (2014). Etkili araştırma sentezleri yapabilmek için bir araştırma yöntemi: Meta-analiz. *Eğitim ve Bilim*, 39 (174), 1-32.
- Wallace, E. W., Perry, J. C., Ferguson, R. L. & Jackson, D. K. (2015). The careers in health and medical professions program (CHAMPS): An impact study of a university-based STEM+H outreach program. *Journal of Science Education Technology*, 24, 484–495.
- White (2014). Florida Association of Teacher Educators: What Is STEM Education and Why Is It Important? Retrieved from <http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf>

- Willis, A. J. (2017). *Women's choice in college stem majors: impact of ability tilt on women students' educational choice*. Ph. D. Thesis. Minnesota State University, Mankato, Minnesota.
- Yamak, H., Bulut, N. ve Dündar, S. (2014). 5. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *Gazi üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265.
- Yasak, M. T. (2017). *Tasarım temelli fen eğitiminde, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamaları: Basınç konusu örneği*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Yıldırım, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practice*, 7(34), 23-33.
- Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 28-40.
- Yıldırım, B. & Selvi, M. (2017). STEM Uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldız, D., Özkaral, T. & Yavuz, M. (2017). Türkçe – teknoloji – sanat - sosyal bilgiler (2t2s): Bütünleşik öğrenme uygulaması. *Journal of Education and Future*, 12, 1-17.
- Yoon, S. Y., Dyehouse, M., Lucietto, A. M., Diefes-Dux, H. A. & Capobianco, B. M. (2014). The effects of integrated science, technology, and engineering education on elementary students' knowledge and identity development. *School Science and Mathematics*, 114 (8), 380-391.
- Young, J. L., Young, J. R. & Ford, D. Y. (2017). Standing in the gaps: examining the effects of early gifted education on black girl achievement in STEM. *Journal of Advanced Academics*, 28(4), 290 –312.



FeTeMM Eğitiminin Akademik Başarıya Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analizi

Leyla AYVERDİ ¹, Serap ÖZ AYDIN ²

¹ Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi, leyla_ayverdi@hotmail.com
http://orcid.org/ 0000-0003-2142-0330

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, MFBE Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı,
soz@balikesir.edu.tr http://orcid.org/ 0000-0002-0635-0728

Gönderme Tarihi : 19.06.2020

Kabul Tarihi : 29.09.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.755111

Özet – FeTeMM yaklaşımı, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte öğretimine dayanan bütünlük bir yaklaşımdır. Bu çalışmanın amacı, FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisini araştıran çalışmaların sonuçlarını sentezlemek, bu çalışmalarda elde edilen etki büyüklüklerini öğretim düzeyine (ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) göre ve yurtiçi-yurtdışı çalışma olma durumlarına göre karşılaştırmaktır. Çalışmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada 2012-2018 yılları arasında FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisinin araştırıldığı 38 çalışma incelenmiştir. Etki büyüklüklerinin -0.107 ile 10.567 arasında değiştiği görülmüştür. Çalışmada incelenen araştırmalarda, ilkokul düzeyinde yapılan çalışmaların etki büyüklüğünün küçük olduğu ve ilkokul grubu ile yapılan çalışmaların daha çok yurtdışında yapıldığı belirlenmiştir. Ortaokul ve lise düzeyindeki çalışmalarda hem geniş hem de küçük etki büyüklükleri ile karşılaşılmasına rağmen, orta etki büyüklüğünün az olduğu, üniversite düzeyindeki çalışmaların ise orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle ilkokul düzeyinde ülkemizde yapılan çalışmaların sayısı az olduğundan, bu eğitim kademesinde yapılacak çalışmalar alan yazına katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Meta-analiz, FeTeMM yaklaşımı, başarı.

Corresponding author: Leyla AYVERDİ, leyla_ayverdi@hotmail.com

Geniş Özet

Giriş

FeTeMM yaklaşımı, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte öğretimine dayanan entegre bir eğitim yaklaşımıdır. Bu yaklaşım farklı disiplinlere ait

becerileri bireylere kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle günümüz insanının sahip olması gereken 21. yüzyıl becerilerini öğrencilere kazandırmak ve çok yönlü bireyleri yetiştirmek noktasında eğitimciler FeTeMM yaklaşımına son yıllarda oldukça fazla önem vermektedirler. Dolayısıyla, FeTeMM ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmaların sayısı oldukça artmıştır. Bu çalışmalarda FeTeMM yaklaşımının, öğrencilerin 21. Yüzyıl becerilerini, motivasyonlarını, sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarını, yansıtıcı düşünme becerilerini, psiko-motor becerilerini, karar verme becerilerini, kariyer bilincini, akran öğrenmesini, fen bilimlerine karşı tutumlarını ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiğini, FeTeMM alanlarına yönelik ilgilerini, mühendislik becerilerini, bilginin kalıcılığını, öz yeterlilik, yeteneklerini ve akademik başarılarını arttırdığı gösterilmiştir. Bu alandaki çalışma sayısının fazla olması, tüm bu kaynakların incelenmesi ve istenilen bilgiye ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, aynı konuda hazırlanan çalışmaların sentezini gerektirmektedir. Bu bağlamda, yapılacak bir meta-analiz çalışması, literatürdeki çalışmaların bütünsel olarak değerlendirilmesini olanaklı kılacağı gibi FeTeMM yaklaşımının etkilerini de daha gerçekçi bir şekilde değerlendirmeye imkan verecektir. Bu çalışmanın amacı, FeTeMM yaklaşımının akademik başarıya etkisini araştıran çok sayıdaki çalışmanın sonuçlarını sentezlemek, bu çalışmalarda elde edilen etki büyüklüklerini öğretim düzeyine (ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) göre ve yurt içi-yurt dışı çalışma olma durumlarına göre karşılaştırmaktır.

Yöntem

Çalışmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada 2012 Ocak - 2018 Aralık dönemi arasında FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisinin araştırıldığı 22 yurt içi, 16 yurt dışı olmak üzere 38 çalışma incelenmiştir. Tarama işlemi, “STEM education”, “achievement”, “academic achievement”, “FeTeMM eğitimi”, “başarı”, “akademik başarı” anahtar kavramları kullanılarak Google Akademik, YÖK Tez, Web of Science, Eric ve Proquest Education Journal üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, öncelikle çalışmaların özetleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özette, çalışmada kullanılacak nitelikte deneysel ya da yarı deneysel yöntemlerle tasarlanmamış çalışmalar araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Özetler incelendikten sonra, çalışmanın tümü incelenmiş ve etki büyüklüğünü hesaplayabilmek için gerekli istatistiksel verileri içermeyen çalışmalar da kapsam dışında bırakılmıştır. Belirlenen anahtar kelimelerle ilk tarama yapıldığında, 372 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan, belirlenen kriterlere uyan çalışmaların sayısının 38 olduğu görülmüştür. Etki büyüklüğünün Cohen d olarak hesaplandığı çalışmalarda, söz konusu etki büyüklüğü

çalışmadaki hali ile kullanılmış, η^2 hesaplanan çalışmalarda dönüşüm yapılmış, etki büyüklüğünün hesaplanmadığı çalışmaların etki büyüklüğü araştırmacılar tarafından bir hesaplama programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular

Araştırmada inceleme yapılan tarih aralığında ve belirlenen kriterleri içeren 22 yurtiçi ve 16 yurtdışı çalışma gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Örneklem büyüklüklerinin 12 ile 12344 arasında değiştiği görülmüştür. Çalışmalardan 4 (%24)'ü ilkokul, 20 (%53)'si ortaokul, 4 (%10)'ü lise ve 5 (%13)'i üniversite düzeyinde yapılan çalışmalardır. Çalışmadaki etki büyüklüklerinin, -0.107 ile 10.567 arasında değiştiği belirlenmiştir.

FeTeMM eğitiminin öğrencilerin akademik başarısına etkisini inceleyen çalışmalardan elde edilen bulguları sentezlemek amacıyla yapılan bu araştırma sonucunda, çalışmaların bir kısmının etki büyüklüğünün çok küçük olmasına karşın, önemli bir kısmından elde edilen etki büyüklüklerinin geniş etki olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada incelenen araştırmalarda, ilkokul düzeyinde yapılan çalışmaların genel olarak etki büyüklüğünün küçük olduğu, ortaokul ve lise düzeyindeki çalışmalarda hem büyük hem de küçük etki büyüklükleri ile karşılaşılmasına rağmen, orta etki büyüklüğünün az olduğu, üniversite düzeyindeki çalışmaların ise orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Türkiye ve yurt dışında yapılan çalışmalarda elde edilen etki büyüklükleri karşılaştırıldığında ülkemizdeki çalışmalarda etki büyüklüğü 0.2'nin altında hiç çalışma olmadığı ve genel olarak çalışmaların orta ve geniş etki büyüklüklerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Yurt dışında yapılan çalışmalarda küçük ve büyük etki büyüklüklerinin dengeli bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu durum, gruplar arasındaki farkın anlamlı olmadığı ya da kontrol grubunun daha başarılı olduğu çalışmaların ülkemizde akademik alanda çok fazla kabul görmemesi ile açıklanabilir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada FeTeMM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısına etkisinin araştırıldığı çalışmalar incelenmiş ve özellikle Türkiye'de yapılan çalışmalarda geniş etki büyüklükleriyle karşılaşılmıştır. Dolayısıyla Türkiye'de FeTeMM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısı üzerinde olumlu etkisi olduğu söylenebilir. Yurt dışında yapılan çalışmalarda küçük etki büyüklükleri ile de karşılaşılmıştır. FeTeMM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısına etkisinin araştırıldığı başka bir araştırmada da bu yaklaşımın öğrenci başarısı

üzerinde olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Ancak mevcut araştırmada da literatürdeki diğer çalışmalarda da araştırmada belirlenen kriterleri sağlayan çalışma sayısının sınırlı olduğu söylenebilir. FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini inceleyen deneysel çalışmaların sayısının artması, daha büyük kapsamlı meta-analiz çalışmalarının yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Meta-Analysis of Studies Examining the Effect of STEM Education on Academic Success

Leyla AYVERDİ ¹, Serap ÖZ AYDIN ²

¹ Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi, leyla_ayverdi@hotmail.com
http://orcid.org/ 0000-0003-2142-0330

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, MFBE Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı,
soz@balikesir.edu.tr http://orcid.org/ 0000-0002-0635-0728

Received : 19.06.2020

Accepted : 29.09.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.755111

Abstract – STEM approach is an integrated approach based on co-teaching of science, technology, engineering, and mathematics. The aim of this study is to synthesize the effect of STEM approach on academic achievement and compare the effect size obtained in these studies according to the level of education (primary, secondary, high school, and university), their status of the domestic and foreign study. Meta-analysis method was used the study. In this study, 38 studies in which investigated the effect of STEM education on academic achievement between the years 2012-2018. Their effect size range between -0.107 and 10.567 In the studies examined in the study, it was determined that the effect size of the studies carried out at the primary school level is small and the studies conducted with the primary school group are mostly carried out abroad. Although it was observed that both small and large effect size was encountered in the studies at the secondary and high school level, the medium effect size was limited and university level studies have medium and large effect size. Since the number of studies carried out in our country is limited, especially in primary school level, studies in this level of education may contribute to the literature.

Key words: Meta-analysis, STEM approach, achievement.

Corresponding author: Leyla AYVERDİ, leyla_ayverdi@hotmail.com

Introduction

The personality traits of the individuals required by the changing society also alter as the social structure changes along with discoveries, scientific and technological developments. When examining the personality traits of people in the society of our age, we see a need for people who internalize their own cultural values, are equipped with the new skills and knowledge of different areas, who are self-confident and respect different cultures. Furthermore, creative-innovative individuals who have critical thinking and problem-solving skills, as well as decent interpersonal communication skills and able to work in collaboration

are among the desired individuals. The personal qualities also needed in the society can be stated as being information, media and technology literate, flexible, adaptable, entrepreneurial as well as being self-controlled, productive, responsible both in terms of individual-level and societal level and inheriting leadership qualities. These characteristics are called 21st-century skills (Çepni, Özmen & Ayvacı, 2015; Rotherham & Willingham, 2010).

In many countries both Europe and the USA, radical changes have been put into force in the curriculum to raise the young generation with 21st-century skills. In the 1990s, the USA adopted a holistic approach to education in the curriculum in which the disciplines of science, technology, engineering, and mathematics are addressed together (Bybee, 2010). This approach is called STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). With the scientific and technological competition among developed countries, in several states of the USA, the trend of raising individuals with 21st-century skills has contributed to the establishment of STEM schools, where teachers actively incorporate engineering into courses or teach gifted and talented students. In Europe, efforts are made to ensure that an inquiry-based method to science education is used in the processes of science and technology education and that STEM programs are introduced to raise the curiosity of students in science (Akgündüz et al., 2015).

There is research focused on the development of STEM in the USA dating back to old times. For example, it is possible to recognize the Industrial Revolution, Edison's inventions, and the work of other inventors as STEM cases (White, 2014). However, the STEM concept was not actually used at that time (Butz et al., 2004). In the USA, since the 1980s, attempts have been made to enhance the level of science and mathematics education (National Science Foundation [NSF] and the US Department of Education, 1980). Many national commissions, occupational organizations, scholars, and universities called for the advancement of science and mathematics education in the 1990s (National Research Council [NRC], 1996). The first use of the STEM concept was initiated by the National Science Foundation (NSF) in the 1990s, with the abbreviation SMET (Science Mathematics Engineering and Technology). The National Science Education Standards were released in the USA in 1996 and the shift to science education focused on research and inquiry was introduced (National Research Council [NRC], 1996). Education reform initiatives in the US have achieved the goal of enhancing the quality of education. The USA, however, was not sufficient in terms of scientific and technological competence to compete with countries such as China. Nevertheless, in order to have a voice in the world in the area of science and technology, it has identified that there is a need for an educational approach that includes technological expertise and skills in teaching, allows kids

find answers to real-life challenges they may face, and gives students the skills they should have in business life (Akgündüz et al., 2015). Despite the attempts in this period, the failure to attain the expected standard and the failure to provide the skilled workers demanded by the corporate world caused serious criticism of the education system by businessmen and consequently, the United States introduced an approach that stressed engineering skills(NRC, 1996). Thus, the STEM abbreviation was first utilized by NSF in 2001 with its current form (Teaching Institute for Excellence in STEM, 2017). The STEM method has been brought to the fore in the Next Generation Science Standards in 2013 as a result of major efforts in this field in the USA(NRC, 2013). When the New Generation Science Education Standards released in 2013 are evaluated, it shows that contrary to the previous standards, engineering applications are highlighted. . In addition to embracing 21st-century skills like critical thinking, we can see that regulations are enforced for students to become literate in science and mathematics(NGSS, 2013).

Following these developments in the United States, a tendency towards STEM education has arisen due to the demand for skilled labor in the fields of science, technology, and engineering in Europe, observed decreased interest in these fields, and for fulfilling the qualified personnel shortage that may arise in the immediate future. In several European countries, STEM strategic plans have been formulated and curriculum changes have been made as a result. Besides that, projects were carried out for STEM and several reports were published (Ministry of National Education [MEB], 2016). Projects such as Scientix, inGenious, MaScil, SAILS, Ark of Inquiry, and PROFILES are among the projects in which our country is also included and carried out in Europe.

When we look at the Turkey case, the first studies regarding STEM education have been carried out at the university level. At Istanbul Aydın University, a STEM Center has been founded, and works to set up a STEM laboratory are ongoing. On the other hand, Hacettepe University has established a STEM laboratory (Akgündüz et al., 2015). There is a STEM Laboratory at Bahçeşehir University. A STEM Center was founded in Kayseri under the Directorate of National Education (MEM) from the Ministry of Education's point of view, but it was closed in 2016. In 2016, the Ministry of National Education, General Directorate of Innovation and Education Technologies, published a report under the name of the STEM Education Report (the STEM term was included in this section because it is expressed as STEM in the names of institutions and reports). The report states that the 2015-2019 Strategic Plan has goals for strengthening STEM and activities carried out in the Technology Design courses in

the 7th and 8th-grades are in line with the STEM logic. Also, it is reported that young people are encouraged to practice in these areas thanks to science fairs supported by TUBITAK and that STEM activities are facilitated in extracurricular times in science centers established by TUBITAK (MEB, 2016).

Apart from the institutional studies, numerous researchers, both domestically and globally, are undertaking STEM studies concerning practical means. These studies have shown that STEM education has developed students' interest and self-efficacy in science, mathematics and / or technology (Almarode et al., 2014; Burt, 2014), their attitudes (Çalışıcı, 2018; Dumanoğlu, 2018; Gülhan & Şahin, 2016; Koç, 2017 Yamak, Bulut & Dündar, 2014), 21st century skills (Abdurrahman et al., 2019; Bulut, 2019; Özçelik & Akgündüz, 2018), creative problem solving skills, creativity (Ayverdi, 2018; Kim & Choi, 2012), psychomotor skills (Gülen, 2016), reflective thinking skills (Gülen, 2016), awareness regarding their careers (Dieker, Grillo & Ramlakhan, 2012; Willis, 2017), collaborative working skills (Barış & Ecevit, 2019; Seren, 2019), positive experiences in science and mathematics activities (Ihrig, Lane, Mahatmya & Assouline, 2018; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), scientific process skills (Ayverdi, 2018; Barış & Ecevit, 2019; Cotabish, Robinson, Dailey & Hughes 2013; Robinson, Dailey, Hughes & Cotabish, 2014; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), knowledge of content and concept (Cotabish, Robinson, Dailey & Hughes 2013; Robinson, Dailey, Hughes & Cotabish, 2014), while increased their knowledge and skills in engineering and technology (Baran, Canbazoglu-Bilici & Mesutoğlu, 2015; Öztürk, Bozkurt-Aslan & Tan, 2019), achievements (Ceylan, 2014; Ercan, 2014; Gülen, 2016; Irkıçatal, 2016; Kim, Cross & Cross; 2017; Koyuncu & Kyrgyz, 2016; Salman-Parlakay, 2017; Yasak, 2017; Yıldırım & Altun, 2015; Yıldırım & Selvi, 2017; Yıldız, Özkaral & Yavuz, 2017; Young, Young, & Ford, 2017). The common objective of all these STEM studies is to prepare the skilled workforce that nations need through utilizing the integrated teaching of science, technology, mathematics, and engineering disciplines. Scott (2009) discusses four principles of STEM education. These are as follows;

- ✓ Integration of technological applications into science and mathematics lesson content,
- ✓ Supporting career-focused and technical education with academic assignments,
- ✓ Adoption of STEM concept in other fields,
- ✓ It is the combination of science and mathematics in the curriculum (Scott, 2009, cited by Öner & Capraro, 2016).

Together with the concepts stated by Scott (2009), countries strive to improve their academic achievement through STEM education through the regulations they render in the curricula. Taking into account that contributing to the academic growth of students is one of the core responsibilities of educational institutions, it is quite natural for such a circumstance to occur. In the literature, the students at different educational levels are analyzed in those research investigating the effect of the STEM approach on academic achievement. We may get an idea of when to start STEM education more easily if the outcomes of the studies performed with students from different levels of education are compared. Moreover, having numerous studies in this area make it difficult to analyze all these sources and to acquire the information needed. This situation requires the synthesis of studies that are published on the same subject. In this context, a meta-analysis study to be carried out would make it easier to holistically analyze the literature findings as well as to more realistically evaluate the effects of the STEM approach.

It is possible to come across several studies in recent years that have been conducted independently on a particular topic (Kablan, Topan & Erkan, 2013). Meta-analysis studies are the research type that provides researchers more accurate and reliable results than any primary research, non-quantitative research, or narrative compilation (Rosenthal & DiMatteo, 2001). Meta-analysis studies are valuable because they allow seeing scientific knowledge accumulation to be perceived as a whole, advise policymakers in the use of solid scientific evidence and help understand contradictory findings in the literature (Üstün, 2012). STEM education is an approach that, particularly in recent years, has been extensively discussed. With this study, by evaluating the results of research on the effects of STEM education on academic performance as a whole, it is aimed to contribute to the literature. In this context, the current study seeks to analyze the results of studies examining the effects of STEM education on academic success and to assess the results of these studies. The sub-problems determined in line with the purpose are;

What are the effect sizes of studies that look at the effect of STEM education on academic achievement?

How do the effect sizes of the studies researching the effect of STEM education on academic achievement differ based on the education level (primary school, secondary school, high school, and university)?

What are the effect sizes of studies investigating the effects of STEM education on academic achievement both in Turkey and abroad?

Method

In the research, the meta-analysis method was utilized. Meta-analysis is a method based on integrating the results of several different studies on the same topic, evaluating the findings collected statistically, and synthesizing them. A meta-analysis is performed following stages (Akgöz, Ercan & Kan, 2004).

Data Collection and Analysis

Akgöz, Ercan, and Kan (2004) stated the steps of the meta-analysis as follows:

1. Identifying the problem,
2. Determining the features of the research that should be used in the meta-analysis,
3. Obtaining individual researches,
4. Coding and classifying of each individual research,
5. Combining the findings of these individual research,
6. Establishing the relationships of these combined findings,
7. Reporting the meta-analysis findings.

Data were obtained and analyzed following these steps in this research.

Identifying the Problem

If the research carried out in recent years is reviewed, one can possibly say that the number of studies examining the effects of the STEM approach on academic achievement has substantially increased. These studies, however, are separate studies that are performed independently from each other. These studies need to be analyzed from a holistic perspective and the results collected need to be synthesized.

Determining the Features of the Research that Should be Used in the Meta-analysis

The studies to be included in the framework of the research were identified as studies exploring the effects of the STEM approach on academic achievement. The identification of these studies is started with a comprehensive literature review. The literature review was carried out in December 2018 and January 2019. The literature review is conducted via the library of Balıkesir University to determine the studies to be examined within the framework of the research. In this context, a literature review was performed on the platforms of Google Scholar, YÖK Thesis, Web of Science, Eric, and Proquest Education Journal. Within the scope of the

research, the features of research to be included in the meta-analysis were determined as follows:

- ✓ Being the studies investigating the effect of STEM education on academic achievement in Turkey and different countries between 2012 and 2018 is the first inclusion criterion. The explanation of why 2012 was determined as the start date of the research is because this approach is commonly used after 2012. Although the interdisciplinary approach has existed in previous studies, the effects of STEM on academic achievement after 2012 have been examined directly.
- ✓ The review process was carried out using the key concepts such as "STEM education", "achievement", "academic achievement", "FeTeMM eğitimi", "başarı", "akademik başarı".
- ✓ These examinations were primarily on the abstracts of the relevant research. The scope of the study has not included studies that were not designed with experimental or quasi-experimental methods in the abstract sections. The whole study was examined after reviewing the abstracts, and studies that did not contain the statistical data needed to calculate the effect size were also omitted. Having the necessary statistical data to calculate the effect size is one of the criteria expected.

Obtaining Individual Research

372 studies were reached after the first scan was carried out for the determined keywords. While the number of studies meeting the specified criteria was determined as 38.

Coding and Classifying of Each Individual Research

After the studies were determined which fulfill the requirements, they were stored as PDF files in a common folder. Later, a table containing brief details about the research was created in a Word document to easily review all the studies and to present them as a whole. In this table, (Table 1) we see the descriptive information on the studies: author name, publication year, sample size, study groups, the required statistical values to calculate the effect size (mean, standard deviation, etc.), the effect size and information about whether the study is performed in Turkey or abroad. Afterward, data for each study was coded into this table.

The effect size (Cohen d) retrieved exactly if it was calculated in the study. If not calculated, using the required statistical data, it is calculated by the researchers via https://www.psychometrica.de/effect_size.html. In case of the effect size was determined using other formulas rather than using Cohen d, the required transformations of data were performed by using transformation formulas on the same web page.

In tests such as the t-test used in some studies, there is a fixed value in which the mean and the mean are compared, and this test indicates that whether the difference between these values is significant. However, it does not provide data regarding the size of this difference. Therefore, the effect size must be calculated. In terms of having comparable values for different studies, the effect size is also critical (Can, 2014).

For interpreting the effect sizes, Cohen's (1992) instructions are followed. According to Cohen (1992), the accepted values for small, medium, and large effect sizes are .20, .50, and .80 respectively. Hence, if the effect size of a study is less than .20, it has an ineffective effect size, if it is between .20 and .50, it has a small effect size, if it is between .50 and .80, it has a medium effect size, and lastly, if it is greater than .80, it has a large effect size.

More than one effect size was calculated in studies evaluating academic achievement in different fields such as science, technology, engineering, and mathematics. The mean score of effect sizes was calculated for these studies. The data was re-encoded and re-analyzed by the same researchers a month after, independently from the previous ones, to ensure coding and analysis reliability.

The attempt to generalize the common effect by comparing the studies obtained with various groups, variables and measurement methods is one of the most prominent critiques of meta-analysis studies (Üstün & Eryılmaz, 2014). A single group was included in some of the studies examined within the framework of this review, and some of them were performed with a control group. While some of the studies used parametric analyzes, some of them applied non-parametric analyzes. Therefore, presenting the results obtained from different groups via a single common effect size has been avoided in this meta-analysis, and instead, the results were tried to be presented via comparisons.

Combining the Findings of These Individual Research

The findings obtained from studies aimed at analyzing the outcomes of studies investigating the effects of STEM education on academic achievement and assessing the results obtained from these studies in both our country and abroad since 2012 should be evaluated within methodological limitations. These limitations are due to the meta-analysis procedures. Since the study regarded only the findings presented by the primary authors, studies that did not have the statistical data required to measure the size of the effect had to be omitted. Another limitation is related to the number of studies. While in recent years there have been several studies on STEM, the majority of them are not quantitative studies. There are a few studies that

provide quantitative evidence to calculate the size of the effect (Becker & Park, 2011). Since the effect on academic performance is not examined by some of the studies that provide quantitative evidence, they were not included in the analysis as well. For each of the studies included in the study, the effect sizes calculated with Cohen *d* were used and the studies were combined in this way.

Establishing the Relationships of These Combined Findings

All studies whose effect sizes were transformed into cohen *d* were evaluated according to their effect size, whether they are performed in Turkey or abroad, and the level of education.

Reporting the Meta-analysis Findings

Within the framework of this study, the results obtained were reported.

Findings and Discussion

The results about the sample size, study group, the status of being Turkish or foreign, the calculated effect sizes, and the codes are presented in Table 1 concerning the 38 studies examined within the framework of the study:

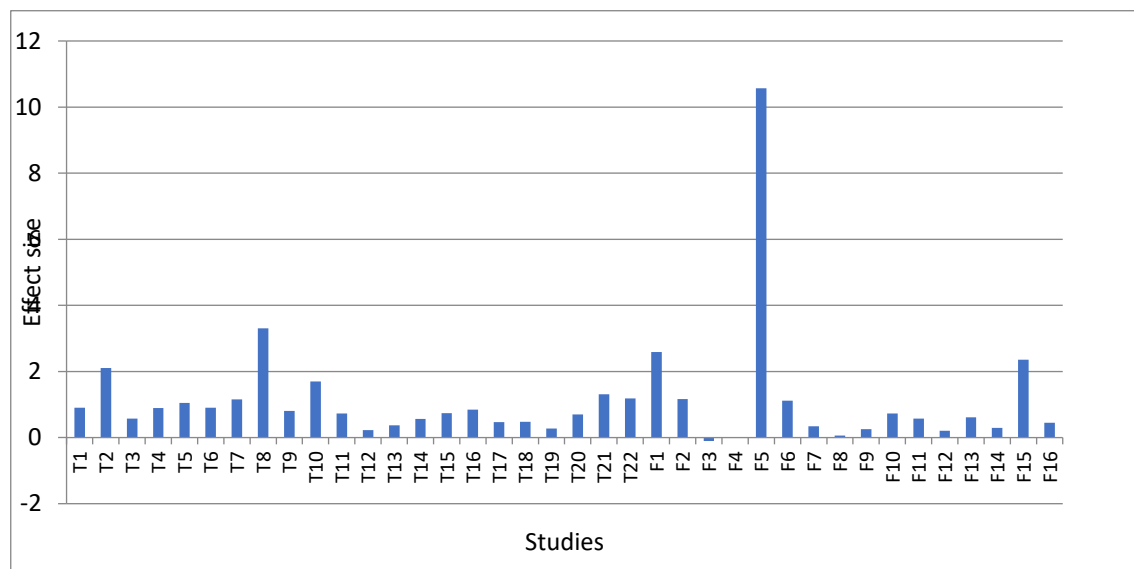
Table 1 Summary of 38 Studies Examined within the Scope of the Study

Study	N	Study Group	Turkish / Foreign	Effect size (d)	Code
Acar et al. (2018)	68	Primary school	Turkish	0.904	T1
Aygen (2018)	65	University	Turkish	2.105	T2
Büyükdere and Tanel (2018)	67	University	Turkish	0.578	T3
Ceylan (2014)	56	Secondary School	Turkish	0.89	T4
Çalışıcı (2018)	44	Secondary School	Turkish	1.051	T5
Cakir and Ozan (2018)	53	Secondary School	Turkish	0.904	T6
Çevik and Abdioğlu (2018)	26	Secondary School	Turkish	1.16	T7
Dedetürk (2018)	158	Secondary School	Turkish	3.301	T8
Dumanoglu (2018)	88	Secondary School	Turkish	0.806	T9
Ercan (2014)	30	Secondary School	Turkish	1.694	T10
Gülen (2016)	40	Secondary School	Turkish	0.728	T11
Güven et al. (2018)	30	Secondary School	Turkish	0.221	T12
Ince et al. (2018)	58	Secondary School	Turkish	0.368	T13
Koyuncu & Kyrgyz (2016)	35	Primary school	Turkish	0.568	T14
Nağaç (2018)	44	Secondary School	Turkish	0.743	T15
Ozdemir (2018)	64	High School	Turkish	0.846	T16
Salman Parlakay (2017)	64	Secondary School	Turkish	0.468	T17
Sarican and Akgündüz (2018)	44	Secondary School	Turkish	0.474	T18
Yasak (2017)	46	Secondary School	Turkish	0.271	T19
Yildirim & Altun (2015)	83	University	Turkish	0.698	T20
Yıldırım & Selvi (2015)	78	Secondary School	Turkish	1.312	T21
Yıldız et al. (2017)	38	Secondary School	Turkish	1.184	T22
Boyster (2018)	40	Primary school	Foreign	2.592	F1
Cotabish et al (2013)	1750	Primary school	Foreign	1.168	F2
Irwin (2013)	50	Primary school	Foreign	-0,107	F3

Judson (2014)	12344	Primary school	Foreign	0.007	F4
Kakarndee et al(2018)	40	Secondary School	Foreign	10.567	F5
Kaw & Yalcin (2012)	137	University	Foreign	1.115	F6
McClain (2015) *	274	Primary school	Foreign	0.3395	F7
Mckinnon (2018)	1337	Primary school	Foreign	0.058	F8
Moyer (2012)	223	Secondary School	Foreign	0.257	F9
Nugent et al (2014)	288	Secondary School	Foreign	0.725	F10
Oliveraz (2012)	176	Secondary School	Foreign	0.576	F11
Ragsdale (2014)	1322	High School	Foreign	0.205	F12
Reena (2018)	101	University	Foreign	0.609	F13
Schuchardt & Schunn (2015)	168	High School	Foreign	0.291	F14
Wallace et al(2015)	155	High School	Foreign	2.359	F15
Yoon et al (2014)	831	Primary school	Foreign	0.45	F16

When Table 1 is analyzed, a total of 38 different effect sizes of 22 domestic and 16 foreign studies were compared. While sample sizes are seen to vary between 26 and 12344. Of the studies, 9 (24%) of them are primary school level, 20 (53%) of them are secondary school level, 4 (10%) of them are high school and 5 (13%) of them are university level.

The first sub-problem of the study is to look at the effect sizes of studies performed on the effect of STEM education on academic achievement. The effect sizes in the study vary between -0.107 and 10.567. Effect sizes of the studies are presented in Graph 1:



Graph1 Calculated Effect Sizes for Studies

When Graph 1 is examined, out of 38 effect sizes, 12 (T2, T5, T7, T8, T10, T21, T22, F1, F2, F5, F6, F15) of them have a very large effect size over 1.0, while 25 of them (T1, T2, T3, T4, T6, T9, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, F3, F4, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F16) have effect sizes between 0 and 1.00 and 1 of them (F3) had a negative effect size.

The study's second sub-problem is to analyze the effect sizes according to the level of education (primary secondary, high school, and university). The classification of calculated effect sizes of these 38 studies by education level is presented in Table 2:

Table 2 Effect Sizes of Studies Based on Education Level

Education level	Effect Size				Total number of studies
	$ES < 0.2$	$0.2 < ES < 0.5$	$0.5 < ES < 0.8$	$ES > 0.8$	
Primary school	3	2	1	3	9
Secondary School	0	6	4	10	20
High School	0	2	0	2	4
University	0	0	3	2	5
Total	3	10	8	17	38

When Table 2 is examined, 3 (33%) of 9 effect sizes calculated at primary school level are less than 0.2, 2 (22%) of them are between 0.2 and 0.5, 1 (11%) of them is between 0.5 and 0.8, and 3 (33%) of them are greater than 0.8. Of the 20 effect sizes calculated for secondary school level, 6 (30%) of them are between 0.2 and 0.5, 4 (20%) of them are between 0.5 and 0.8, and 10 (50%) of them are greater than 0.8. For the secondary school group, no research with an effect size smaller than 0.2 was found. For the 4 effect sizes calculated for high school level, 2 (50%) of them are between 0.2 and 0.5, while 2 (50%) of them are greater than 0.8. No study with an effect size below 0.2 and between 0.5 and 0.8 for high school level was observed. Among the 5 effect sizes calculated for the university level, 3 (60%) of them are between 0.5 and 0.8 and 2 (40%) of them are greater than 0.8. No study with an effect size of less than 0.5 was observed for the university level. Of the 38 effect sizes calculated for all studies examined, 3 (8%) of them are less than 0.2, 10 (26%) of them are between 0.2 and 0.5, 8 (21%) of them are between 0.5 and 0.8, and lastly, 17 (45%) of them are greater than 0.8.

The third sub-problem of the research is to examine the effect size of studies performed in Turkey and abroad. The findings concerning the examination of the effect sizes based on where those studies are performed are presented in Table 3:

Table 3 The calculated effect size for the studies performed in Turkey and Abroad

The location of the study	Effect Size				Total number of studies
	$ES < 0.2$	$0.2 < ES < 0.5$	$0.5 < ES < 0.8$	$ES > 0.8$	
Turkey	0	5	5	12	22
Abroad	3	5	3	5	16
Total	3	10	8	17	38

Table 3 shows that, among 22 effect sizes calculated for studies in Turkey, 5 (23%) of them are between 0.2 and 0.5, 5 (23%) of them are between 0.5 and 0.8, 12 (54%) of them are greater than 0.8. No effect size smaller than 0.2 was observed. When the effect sizes of the studies performed abroad are examined, 3 (19%) of them are less than 0.2, 5 (31%) of them are between 0.2 and 0.5, 3 (19%) of them are between 0.5 and 0.8, and 5 (31%) of them are greater than 0.8.

Conclusion and Discassion

As a result of this analysis that was performed to synthesize the effects of studies investigating the effect of STEM education on student academic achievement, we see that while the effect size of some of the studies was very small, for the significant number of them, the effect sizes were large. In their meta-analysis research, Becker and Park (2011) reviewed 28 studies examining the effect of the interdisciplinary approach on academic achievement and indicated that this integrative approach has a positive impact on students' performance. Interdisciplinary studies prior to 2011 were reviewed in this analysis and only those performed in foreign countries were addressed. In this sense, Yıldırım (2016) concentrated on studies investigating the effect of STEM education on creativity, problem-solving capacity, attitude, interests, and student achievement, and investigated 8 studies on academic achievement. While 4 of the studies showed that STEM education contributed to the increase of academic achievement, the other 4 studies did not increase academic achievement effectively.

In a meta-analysis study in which the effect of STEM education on learning outcomes is analyzed, Saraç (2018) compared the effect sizes of the studies performed between 2010 and 2017 and concluded that the effect size on academic achievement was at a medium level. In this research, the academic achievement concept was examined through 27 studies. While in this present study, the effect sizes of 38 studies are rather large. There are also medium and small effect sizes. The increase in the number of studies conducted in Turkey in this field recently and the fact that studies with larger effect sizes are performed in our country may be the reason for the difference between these two studies.

In another study analyzing research on STEM education (scientific process skills, academic performance, attitudes, perceptions, etc.), it was observed that 6 studies investigated the effect of STEM on academic achievement. It was observed that the STEM strategy had no impact on academic achievement in one of the studies used in the analysis, although other studies stated that it had positive results on academic achievement (Herdem & Ünal, 2018).

Considering the present research, other meta-analyses, and meta-synthesis research found in literature, we can say that STEM education has a positive effect on the students' academic achievement in a general sense.

When we look at the studies analyzed within the scope of this research, we see that the effect size of studies undertaken at the primary school level was relatively small, while both large and small effect sizes were found in secondary school and high school levels, the medium effect size was limited, and lastly, the university-level studies had medium and large effect sizes. Becker and Park(2011) reported that the number of studies at primary and university levels with three effect sizes was equal, while the results collected at secondary and high school levels were similar to this study. Becker ve Park (2011) propose beginning an interdisciplinary approach at an early age based on the findings of their study. Only three of the studies performed in Turkey are at the primary school level. One of them has a medium effect size and the other two have a large effect size. Increasing the number of studies performed in our country with this age group can help make more specific comments on starting STEM education at an early age.

When the effect size obtained in studies performed in our country and as well as studies conducted abroad are compared, we found out that there was no study with an effect size less than 0.2 and generally studies had medium or large effect sizes. While for the studies performed abroad, the small and large effect sizes have a balanced distribution. It can be explained by the fact that the studies in which the difference between the groups are not significant or the control group is more successful are not widely appreciated in the academic field of our country.

In general, when the impact sizes were analyzed, it was found that the sample sizes in the ineffective experiments were large and these studies were mainly carried out in STEM schools. In these studies, rather than assessing the success in the test group by conducting a controlled experiment, the effectiveness of STEM schools was examined. While in the studies with medium and large effects, small sample groups are preferred and it was explained in detail that the process was under the control of the researcher. The differences in the outcomes of the research carried out in these groups can be attributable to the different features of the activities used, the study group's motivation level, personal characteristics, and environmental factors.

We can conclude that the number of studies included in the current research and other literature studies that are fulfilling the determined requirements is limited. Increasing the number of experimental research evaluating the effect of STEM education on academic achievement would allow more comprehensive meta-analysis studies to be performed.

Suggestions

This study concentrates on studies investigating the effects of the STEM approach on the academic achievement of students. Studies focusing on other effects of the STEM approach (eg scientific process skills, attitude, interest, etc.) can be performed in the future. Lately, the design thinking approach is one of the concepts commonly discussed in the literature along with the STEM approach. The results of this approach can also be compared with STEM by also analyzing studies in the literature.

References

- Abdurrahman, A., Ariyani, F., Maulina, H. & Nurulsari, N. (2019). Design and validation of inquiry-based STEM learning strategy as a powerful alternative solution to facilitate gift students facing 21st century challenging. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(1), 33-56.
- Acar, D., Tertemiz, N. & Taşdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training teachers. *International Journal of Elementary Education*, 10 (4), 505-513.
- Akgöz, S., Ercan, İ. & Kan, İ. (2004). Meta-analizi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30 (2) 107-112.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi türkiye raporu: günün modası mı yoksa gereksinim mi?*, İstanbul: Aydın Üniversitesi.
- Almarode, J. T., Subotnik, R. F., Crowe, E., Tai, R. H., Lee, G. M. & Nowlin, F. (2014). Specialized high schools and talent search programs: Incubators for adolescents with high ability in STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 307 –331.
- Ayverdi, L. (2018). *Özel yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde teknoloji, mühendislik ve matematiğin kullanımı: FeTeMM yaklaşımı*. Yayınlanmamış doktora tezi. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Baran, E., Canbazoğlu-Bilici, S. & Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) spotu geliştirme etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED)*, 5(2), 60-69.
- Barış, N. & Ecevit, T. (2019). Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde STEM uygulamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 13(1), 217-233.

- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12 (5&6), 23-37.
- Boyster, J. (2018). *The effect of mastery learning and STEM instruction on student achievement*. Ph. D. Thesis. Missouri Baptist University, Missouri.
- Bulut, M. (2019). *Bilim ve Sanat Merkezlerinde STEM uygulaması ve öğretmenlerin stem uygulaması hakkındaki görüşlerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Büyükdere, M. & Tanel, R. (2018). İtme-momentum konularına yönelik FeTeMM etkinliklerinin akademik başarı üzerine etkisi. *Turkish Studies Educational Science*, 13/14, 327-340.
- Bybee, R., W. (2010). What Is STEM Education?. *Science*, 329 (5995), 996-996.
- Burt, S. M. (2014). *Mathematically precocious and female: self-efficacy and stem course choices among high achieving middle grade students*. Ph.D. Thesis. Trevecca Nazarene University School of Education, Nashville.
- Butz, W. P., Kelly, T. K., Adamson, D. M., Bloom, G. A., Fossum, D., & Gross, M. E. (2004). *Will the scientific and technology workforce meet the requirements of the federal government?* (Report). Pittsburgh, PA: RAND.
- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (3. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- 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*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Cohen, J. (1992). A Power primer. *Quantitative methods in psychology. Psychological Bulletin*, 112(1),155-159.
- Cotabish, A., Robinson, A., Dailey, D. & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113 (5), 215-226.
- Çakır, R. & Ozan E. C. (2018). FeTeMM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, yansıtıcı düşünme becerileri ve motivasyonlarına etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38 (3), 1077-1100.
- Çalışıcı, S. (2018). *FeTeMM uygulamalarının 8.sınıf öğrencilerinin çevresel tutumlarına, bilimsel yaratıcılıklarına, problem çözme becerilerine ve fen başarılarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.

- Çepni, S., Özmen, H. & Ayvaci, H. Ş. (2015). Yaşam (bağlam) temelli, beyin temelli öğrenme kuramları, 21. yüzyıl becerileri ve FeTeMM yaklaşımı ve fen bilimleri öğretimindeki uygulamaları. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi* içinde. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Çevik, M & Abdioğlu, C . (2018). Bir bilim kampının 8. sınıf öğrencilerinin STEM başarılarına, fen motivasyonlarına ve üstbilişsel farkındalıklarına etkisinin incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7 (5), 304-327.
- Dedetürk, A. (2018). 6. Sınıf ses konusunda FeTeMM yaklaşımı ile öğretim etkinliklerinin geliştirilmesi, uygulanması ve başarıya etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Dieker, L., Grillo, K. & Ramlakhan, N. (2012). The use of virtual and simulated teaching and learning environments: Inviting gifted students into science, technology, engineering, and mathematics careers (STEM) through summer partnerships. *Gifted Education International*, 28(1), 96–106.
- Dumanoğlu, F. (2018). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamalarının yedinci sınıf öğrencilerinin akademik başarısına ve tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Gülen, S. (2016). *Fen-teknoloji-mühendislik ve matematik disiplinlerine dayalı argümantasyon destekli fen öğrenme yaklaşımının öğrencilerin öğrenme ürünlerine etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Gülhan, F. & Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik, matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Science*, 13 (1), 602-620.
- Güven, Ç., Selvi, M. & Benzer, S. (2018). 7E Öğrenme modeli merkezli STEM etkinliğine dayalı öğretim uygulamalarının akademik başarıya etkisi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(STEMES'18), 73-80.
- Herdem, K. & Ünal, İ. (2019). STEM Eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 145-163.
- Ihrig, L. M., Lane, E. L., Mahatmya, D. & Assouline, S. G. (2018). STEM excellence and leadership program: increasing the level of STEM challenge and engagement for high-

- achieving students in economically disadvantaged rural communities. *Journal for the Education of the Gifted*, 41(1) 24–42.
- İrkıçatal, Z. (2016). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) içerikli okul sonrası etkinliklerin öğrencilerin başarılarına ve fetemm algıları üzerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Irwin, R. (2013). *The Impact Of Technology Integration On Mathematic Achievement*. Missouri Baptist University, Missouri.
- İnce, K., Mısıır, 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. *Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik ve Sanat Eğitimi Dergisi*, 1(1),65-78.
- Judson, E. (2014). Effects of transferring to STEM-focused charter and magnet schools on student achievement. *The Journal of Educational Research*, 107, 255–266.
- Kablan, Z., Topan, B. & Erkan, B. (2013). Sınıf içi öğretimde materyal kullanımının etkililik düzeyi: Bir meta-analiz çalışması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(3), 1629-1644.
- Kakarndee, N., Kudthalang, N. & Jansawang, N. (2018). The integrated learning management using the STEM education for improve learning achievement and creativity in the topic of force and motion at the 9th grade level. *Procedia-International Conference for Science Educators and Teachers (ISET) AIP Conf.* 1923, 030024-1–030024-10; <https://doi.org/10.1063/1.5019515>
- Kaw, A. & Yalcin, A. (2012). Measuring student learning using initial and final concept test in an STEM course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(4), 435–448.
- Kim, G.S. & Choi, S.Y., (2012). The effect of creative problem solving ability and scientific attitude through the science based STEAM program in the elementary gifted students. *Elementary Science Education*, 31(2), 216-226.
- Kim, M., Cross, J. & Cross, T. (2017). Program development for disadvantaged high-ability students. *Gifted Child Today*, 20 (2), 87-95.
- Koç, Y. (2017). *Fen bilimleri dersinde STEM eğitim modeli yaklaşımı kullanarak genç mekatronikçilerin yetiştirilmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Koyuncu, A. & Kırgız, H. (2016). Bilim merkezlerinin öğrencilerin uluslararası sınavlardaki başarılarına etkisi. *İnformal Ortamlarda Araştırmalar Dergisi*, 1 (1), 52-60.

- McClain, M., L. (2015). *The effect of stem education on mathematics achievement of fourth-grade underrepresented minority students*. Ph. D. Thesis. Capella University, Minnesota.
- Mckinnon, F. R. (2018). *The effects of STEM education on elementary student achievement*. Ph. D. Thesis. Western Illinois University, Iowa.
- MEB. (2016). *STEM eğitimi raporu* (Rapor). Ankara: SESAM Grup A.Ş.
- Moyer (2012), *Probeware in 8th grade science: A quasi-experimental study on attitude and achievement*. Phd. Thesis. Wilmington University, New Castle.
- Nağaç, M. (2018). *6. Sınıflın bilimleri dersi madde ve ısı ünitesinin öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards* (Report). Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2013). *Next generation science standards* (Report). Washington DC: National Academy Press.
- National Science Foundation & Department of Education. (1980). *Science & engineering education for the 1980's and beyond* (NSF Publication No.80-78). Washington DC: U.S. Government Printing Office.
- Next Generation Science Standards. (2013). The next generation science standards. Retrieved December 20, 2016, from [http:// www.nextgenscience.org](http://www.nextgenscience.org).
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N. & Adamchuk, V. I. (2014). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42 (4), 391-408.
- Oliveraz, N. (2012). *The impact of a STEM program on academic achievement of eighth grade students in a south texas middle school*. Master Thesis. Texas A & M University - Corpus Christi, Texas.
- Öner, A. T. & Capraro, R. M. (2016). FeTeMM okulu olmak iyi öğrenci başarısı anlamına mı gelir? *Eğitim ve Bilim*, 41(185), 1-17.
- Özçelik, A. & Akgündüz, D. (2018). Üstün/özel yetenekli öğrencilerle yapılan okul dışı STEM eğitiminin değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 334-351.

- Özdemir, H. (2018). *Meslek Lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili mesleki matematik başarısını geliştirmeye yönelik STEM uygulamaları*. Yayınlanmamış doktora tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Öztürk, N., Bozkurt Altan, E. & Tan, S. (2019). Ortaokul öğrencilerinin “geleceğe hazırlanıyorum: problemlere çözüm arıyorum” projesinin kendilerine katkılarına yönelik değerlendirmelerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 49(225), 153-179.
- Ragsdale, R. N. (2014). *High School engineering/technology education course impact on Georgia standardized achievement scores*. Ph. D. Thesis. Old Dominion University, Virginia.
- Reena, I. (2018). The effect of a STEM-specific intervention program on academic achievement, STEM retention, and graduation rate of at-risk college students in STEM majors at a Texas College. Master Thesis. Lamar University, Texas.
- Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G. & Cotabish, A. (2014). The effects of a science focused stem intervention on gifted elementary students’ science knowledge and skills. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 189 –213.
- Rosenthal, R., & DiMatteo, M. R. (2001). Meta-analysis: Recent developments in quantitative methods for literature reviews. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 59-82.
- Rotherham, A. J. & Willingham, D. T. (2010). "21st-Century" skills: Not new, but a worthy challenge. *American Educator*, 34 (1), 17-20.
- Saraç, H. (2018). the effect of science, technology, engineering and mathematics-stem educational practices on students’ learning outcomes: A meta-analysis study. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17 (2), 125-142.
- Salman-Parlakay, E. (2017). *FeTeMM (STEM) uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin sorgulayıcı öğrenmelerine, motivasyonlarına ve "canlılar dünyasını gezelim ve tanıyalım" ünitesindeki akademik başarılarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Sarıcan, G. & Akgündüz, D. (2018). The impact of integrated STEM education on academic achievement, reflective thinking skills towards problem solving and permanence in learning in science education. *Cypriot Journal of Educational Science*, 13(1), 94-113.
- Schuchardt, A. M. & Schunn, C. D. (2015). Modeling scientific processes with mathematics equations enhances student qualitative conceptual understanding and quantitative problem solving. *Science Education*, 100, 290-320.

- Seren, S. (2019). *Üstün yetenekli öğrencilerle STEM etkinliklerinin tasarlanması ve STEM etkinliklerinde 3 boyutlu teknolojilerin kullanılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Teaching Institute for Excellence in STEM. (2017). What is STEM Education? Retrieved December 30, 2017, from <https://www.tiesteach.org/>
- Üstün, U. (2012). *To what extent is problem-based learning effective as compared to traditional teaching in science education? A meta-analysis study*. Ph. D. Thesis. METU, Ankara.
- Üstün, U. ve Eryılmaz, A. (2014). Etkili araştırma sentezleri yapabilmek için bir araştırma yöntemi: Meta-analiz. *Eğitim ve Bilim*, 39 (174), 1-32.
- Wallace, E. W., Perry, J. C., Ferguson, R. L. & Jackson, D. K. (2015). The careers in health and medical professions program (CHAMPS): An impact study of a university-based STEM+H outreach program. *Journal of Science Education Technology*, 24, 484–495.
- White (2014). Florida Association of Teacher Educators: What Is STEM Education and Why Is It Important? Retrieved from <http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf>
- Willis, A. J. (2017). *Women's choice in college stem majors: impact of ability tilt on women students' educational choice*. Ph. D. Thesis. Minnesota State University, Mankato, Minnesota.
- Yamak, H., Bulut, N. ve DüNDAR, S. (2014). 5. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *Gazi üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265.
- Yasak, M. T. (2017). *Tasarım temelli fen eğitiminde, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamaları: Basınç konusu örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Yıldırım, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practice*, 7(34), 23-33.
- Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 28-40.
- Yıldırım, B. & Selvi, M. (2017). STEM Uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldız, D., Özkaral, T. & Yavuz, M. (2017). Türkçe – teknoloji – sanat - sosyal bilgiler (2t2s): Bütünleşik öğrenme uygulaması. *Journal of Education and Future*, 12, 1-17.

- Yoon, S. Y., Dyehouse, M., Lucietto, A. M., Diefes-Dux, H. A. & Capobianco, B. M. (2014). The effects of integrated science, technology, and engineering education on elementary students' knowledge and identity development. *School Science and Mathematics*, 114 (8), 380-391.
- Young, J. L., Young, J. R. & Ford, D. Y. (2017). Standing in the gaps: examining the effects of early gifted education on black girl achievement in STEM. *Journal of Advanced Academics*, 28(4), 290 –312.