



Erken Çocuklukta STEM Eğitimi*

STEM Education in Early Childhood

Ahmet Erol¹, Asiye İvrendi²

Makale Geçmişi

Geliş : 27 Mayıs 2020

Düzeltilme : 18 Ocak 2021

Kabul : 10 Şubat 2021

Makale Türü

Derleme Makale

Article History

Received : 27 May 2020

Revised : 18 January 2021

Accepted : 10 February 2021

Article Type

Review Article

Öz: Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayanan (Science, Technology, Engineering, Mathematics – STEM) STEM eğitimi, son zamanlarda erken çocukluk araştırmacıları ve eğitimcilerinin ilgisini çekmektedir. Bu ilginin nedenleri arasında, STEM eğitimi ile ilgili çalışmaların çocukların bilimsel süreç, okula hazır oluş, iletişim, problem çözme ve yaratıcılık gibi becerilerini desteklediği yönündeki bulguları düşünülebilir. STEM eğitiminin sunduğu bakış açısı erken çocukluk eğitimi çeşitli şekillerde etkilemiştir. Erken çocukluk eğitiminin temel özelliği olan öğrenme merkezlerinin yanında STEM öğrenme merkezleri oluşturulmaya ve resimli çocuk kitapları STEM ile ilişkilendirilerek kullanılmaya başlamıştır. STEM eğitiminin amacına ulaşabilmesi için etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Çocukların gelişim seviyelerine uygun deneyimleri içermesi ve STEM'i oluşturan disiplinlerin yetişkinlerde olduğu gibi değil çocukların gelişim seviyelerine uygun bir şekilde ele alınması önem taşımaktadır. Ancak, özellikle erken çocukluk döneminde STEM eğitimi konusunda yeterli Türkçe kaynağın olmaması ve STEM uygulamalarının çocuk merkezlikten uzak olması STEM eğitiminin etkili bir şekilde uygulamasını engelleyebilmektedir. Bu çalışmada, eğitimcilere ve araştırmacılara erken çocukluk döneminde STEM eğitimine yönelik kavramsal bir çerçeve ve etkili uygulamalar geliştirmelerine rehberlik edebilecek öneriler sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: STEM eğitimi, Erken çocuklukta STEM eğitimi, STEM disiplinleri.

Abstract: STEM education, which is based on the integration of Science, Technology, Engineering and Mathematics disciplines (Science, Technology, Engineering, Mathematics – STEM), has recently attracted the attention of early childhood researchers and educators. Among the reasons for this interest, the findings of studies on STEM education that support children's skills such as science process, school readiness, communication, problem solving, and creativity can be considered. The perspective of STEM education has affected early childhood education in various ways. In addition to the learning centers, which are the main features of early childhood education, STEM learning centers have been established and illustrated children's books have started to be used in association with STEM. In order for STEM education to reach its goal, it should be planned and implemented effectively. These practices should include experiences that are appropriate for children's development levels, and the disciplines that make up STEM should be handled appropriately for children, not as for adults. However, the lack of sufficient Turkish resources on STEM education, especially in early childhood, and the fact that STEM applications are far from child-centered can prevent the effective implementation of STEM education. Therefore, the aim was to provide educators and researchers with suggestions that can guide them to develop a conceptual framework and effective practices for STEM education in early childhood.

Keywords: STEM education, STEM education in early childhood, STEM disciplines.

DOI: 10.24130/eccd-jecs.1967202151265

*Bu çalışma, birinci yazarın doktora tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir.

¹Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Okul Öncesi Eğitimi Anabilim Dalı, ahmete@pau.edu.tr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7538-952X>

²Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Okul Öncesi Eğitimi Anabilim Dalı, aivrendi@pau.edu.tr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0555-9247>

SUMMARY

STEM education is among the approaches that are used for the acquisition of skills needed in 21th century. In recent years, literature provides evidence about the appropriateness of STEM education in early childhood (MacDonald, Huser, Sikder & Danaia, 2019; Tippett & Milford, 2017). It is emphasized that young children are capable of doing all the scientific applications that elementary, middle and high school students can do. From the early years, children can make observations and predictions related to scientific processes, conduct simple experiments and inquiries, collect data, and begin to develop understandings about their inquiries (McClure et al., 2017). Children's skills such as predicting, hypothesis, and analysis develop from early years (Katz, 2010). Children demonstrate these skills by building something, playing with water, installing ramps. In this way, children start to experience science, technology, engineering, and mathematics.

Professional development for STEM education can deepen the content and pedagogical knowledge of educators about STEM disciplines, can have positive contributions to classroom practices and can also improve children's skills (Brenneman, Lange & Nayfeld, 2019; McDonald, 2016; Perry & MacDonald, 2015). Therefore, the purpose of this study is to present a conceptual framework about early childhood STEM education. Conceptual framework includes the following: Explaining STEM disciplines in early childhood, designing learning centers, using illustrated children's books, coding in early childhood, robotic applications, and assessment.

Explaining STEM disciplines in early childhood

The integration of disciplines is important for high-quality early childhood STEM education. It is stated that engineering and technology should be the basis of an integrated STEM education (Householder & Hailey, 2012). Science is the study of natural world (Lange, Brenneman & Mano, 2019) and the effort to understand this world using observation and experiment (Bredenkamp, 2015). Science in early childhood is addressed under three headings: Physical sciences, life sciences, earth and space sciences (Bredenkamp, 2015; Moomav, 2013). "T" in STEM education means learning about technology and learning how to apply it to solve problems, rather than using technology, especially in early childhood (Clements & Sarama, 2016). Technology should not be considered as a content area to be examined by young children, but an important tool to support learning in STEM disciplines and program-wide (Early STEM Matters, 2017). It is more than digital tools. Each product contains a technological process in itself. Technology may be about simple things, such as crayons, plastic boxes, and recycling materials. It can also be more complex items such as digital cameras and tablets (Englehart et al., 2016). According to literature, children experience engineering in early years. For example, children solve problems by putting things on top of each other, trying to unite them, establishing a relationship between the materials, and bringing them back together (Cunningham, 2018). With engineering design, children find the opportunity to apply developmentally appropriate science or mathematics knowledge in the context of solving engineering problems (Bybee, 2010; Lange et al., 2019;

Texley & Ruud, 2018). The engineering design process that can be used for children is explained in five stages: Ask, Imagine, Plan, Design and Develop (Cunningham & Hester, 2007). The content of early mathematics learning includes numbers and operations, algebra, geometry, measurement-evaluation, graphic-data analysis, and probability (Clements & Sarama, 2018; NCTM, 2000). Mathematical skills, such as classification, comparison, pattern, number, measurement, graphic, and process are considered as a powerful tool in the individual's learning, understanding, and discovering the world (Geist, 2009; Haylock & Cockburn, 2014; Seefeldt & Galper, 2008).

Designing learning centers

Rather than typical learning centers, STEM learning centers should be organized as areas where children and teachers can use them to expand their work on a topic and test their hypotheses (Bardige & Russell, 2014). There are some features that should be taken into consideration when designing STEM learning centers. The centers should focus on disciplines such as physical sciences, life sciences, earth and space sciences, and mathematics (Algebra, geometry, number and operations, measurement and data analysis), and enable technology and engineering activities (Moomaw, 2013). They should include resources and open-ended materials from which children can explore, serve multiple purposes, be flexible enough to be reorganized, address children's natural curiosity and inclinations, and be appropriate for their developmental level (Bardige & Russell, 2014).

Using illustrated children's books

In early childhood classrooms, illustrated children's books are used in relation with STEM education. Illustrated children's books can be used to combine many disciplines, such as science, technology, engineering, and mathematics. It is possible to create a problem situation related to the story and to find a solution for this problem situation in the context of STEM disciplines (Texley & Ruud, 2018).

Coding in early childhood and applications

According to Sullivan (2017), robotic applications are an interdisciplinary STEM application that includes engineering design and coding. Researchers emphasize that robotics and coding applications have positive effects on gaining skills in STEM fields and increase curiosity in STEM (Alimisis, 2013; Sullivan, 2017). Robotic coding practices can be linked with STEM education through creating a context of problem solving. This way, children's engineering skills can be supported by giving them an opportunity to create and share projects aimed at solving problems (Bers, 2008).

Assessment in STEM education

STEM experiences and assessment dimensions should be appropriate for the developmental levels of children (Çil & Çepni, 2018). The assessment process in STEM education requires focusing on children's inquiry, thinking and product development skills (MEB, 2016), and assessing the resulting product and learning environment (Texley & Ruud, 2018). In STEM experiences, analytical rubrics are frequently used as an alternative assessment approach to determine children's skills and competencies (Bender, 2018; Odabaşı, 2018).

Suggestions for Effective STEM in Early Childhood

Some considerations should be taken into account for effective STEM education in early childhood. In this education process, the role of teachers and other adults is important, the resources to be offered to children should have certain features, effective questions are necessary, and the activities prepared should reflect the perspective of STEM education.

Conclusion and Discussion

Early childhood literature suggests that STEM education should start in early years (Aronin & Floyd, 2013; Başaran, 2018; Chesloff, 2013; Gonzalez & Kuenzi, 2012). Evidence supporting this suggestion comes from the findings of studies indicating the influence of early STEM education on a variety of skills, such as science process, school readiness, communication, problem solving, and creativity (McClure et al., 2017; Morgan, Farkas, Hillemeier & Maczuga, 2016; Watts, Duncan, Siegler & Davis-Kean, 2014; Alan, 2020; Kavak, 2020; Çilengir Gültekin, 2019). However, for STEM education to be effective, educators need to have content and pedagogical knowledge about STEM (Brenneman, Lange & Nayfeld, 2019; McDonald, 2016; Perry & MacDonald, 2015). Therefore, it is essential for educators to expand their knowledge about what STEM is, how to integrate STEM disciplines appropriately for children, designing learning centers, and assessing STEM experiences.

GİRİŞ

Erken çocukluk eğitiminde, çocukların doğal meraklarından yararlanarak onların öğrenmelerini destekleyecek araştırma temelli yaklaşımların kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (STEM Eğitim Raporu, 2016). Çocukların araştırma, tasarım ve akıl yürütme becerilerini geliştirmek için hangi öğretim yaklaşımlarının etkili olduğu konusunda giderek daha fazla araştırma yapılmakta (Campbell ve diğerleri., 2018; Keulen, 2018) ve STEM eğitimi çocuklara 21. yüzyıl becerilerini kazandırması açısından (Capraro ve Slough, 2008) son yıllarda en fazla önemsenen yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Zan, 2016).

Diğer bir yandan, STEM eğitimin küçük çocuklara uygun olup olmadığı da alanyazında sorgulanmaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmaların ortak bulgusu, bu eğitimin küçük yaşlardan itibaren başlaması gerektiği yönündedir (Aronin ve Floyd, 2013; Başaran, 2018; Chesloff, 2013; Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Çocukların aynı materyali farklı bağlamlarda ve farklı bakış açılarıyla öğrenmeye ihtiyaçları olduğu (Sneideman, 2013), dil ve okuma yazmaya hazırlık gibi disiplinler arası bağlamı içeren STEM eğitiminin etkinliğini artırmak için yaşamın ilk yıllarında başlamasının (Gonzalez ve Kuenzi, 2012) önemli olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca küçük çocukların, gelişimsel olarak ilkököl, ortaokul ve lise öğrencilerinin yapabileceği tüm bilimsel uygulamaları yapabilecekleri vurgulanmaktadır. Çocuklar, erken yıllardan itibaren bilimsel süreçlerle ilişkili olan gözlemler, tahminler, basit deneyler ve sorgulamalar yapabilir, veri toplayabilir ve bunların ne olduğunu anlamaya başlayabilirler (McClure ve diğerleri, 2017). Alanyazında yapılan çalışmalar da STEM yaklaşımının erken çocuklukta etkili olduğunu ortaya koymuştur (Aronin ve Floyd, 2013; Chesloff, 2013).

Çocuklar dünya hakkında doğal bir merak ve kendi kendilerine öğrenme konusunda bir kapasiteye sahip olmalarına rağmen, erken STEM deneyimlerinde yetişkin yardımına ihtiyaç duymaktadırlar (Early STEM Matters, 2017). Ancak araştırmalar, erken çocukluk eğitimcilerinin çocuklar için STEM deneyimlerini uygulama ve planlamada kendilerine güvenmediklerini göstermektedir (Brenneman ve diğerleri, 2019; Greenfield ve diğerleri, 2009). Eğitimcilerin STEM alanlarındaki becerilerine ilişkin inanç, tutum ve kişisel algıları STEM eğitimi uygulamalarını büyük ölçüde etkilemektedir (Atiles, Jones ve Anderson, 2013; Ong ve diğerleri, 2016). Örneğin, Yıldırım (2020) çalışmasında okul öncesi öğretmenlerinin içerik bilgisi eksikliği nedeniyle STEM eğitimi ile ilgili etkinlik planlamakta zorlandıklarını saptamıştır.

STEM eğitimine yönelik mesleki gelişimin, eğitimcilerin STEM disiplinlerine yönelik içerik ve pedagojik bilgilerini derinleştirebileceğini, sınıf uygulamalarına olumlu katkıları olabileceğini ve aynı

zamanda çocukların becerilerini geliştirebileceğini göstermektedir (Brenneman, Lange ve Nayfeld, 2019; McDonald, 2016; Perry ve MacDonald, 2015). Dolayısıyla bu çalışmada, eğitimcilere ve araştırmacılara STEM eğitime yönelik kavramsal bir çerçeve ve çocuklarla STEM uygulamalarına ilişkin öneriler sunulmuştur. Kavramsal çerçeve; erken çocuklukta STEM eğitimi disiplinlerinin açıklamaları, STEM eğitiminde öğrenme merkezlerinin düzenlenmesi, resimli çocuk kitaplarının kullanılması, kodlama ve robotik uygulamalarına yer verilmesi ve STEM eğitiminin değerlendirilmesi ile ilgili bilgilerden oluşmaktadır.

Erken Çocuklukta STEM Eğitimi

STEM eğitimi, disiplinler arası yaklaşımları içinde barındıran bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayanan bir öğretim sürecini ifade etmektedir (Bybee, 2010; Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Bender (2018) ise STEM eğitimi gerçek hayat problemlerini çözmek olarak tanımlamaktadır. Farklı tanımlar olmakla birlikte, genel yargı ise STEM eğitiminin disiplinler arası bağlantılı ve bütüncül bir düşünme şekli olduğu yönündendir (Sneideman, 2013). Erken çocukluk döneminde STEM eğitimi ise; çocukların dünya hakkındaki meraklarının, bütüncül bir şekilde tasarım, düşünme becerisi ve bilimsel bilgi süreçlerini kullanan sistematik araştırmalar yoluyla gelişmesini destekleyen öğrenme ortamlarının oluşturulmasını ifade etmektedir (Yelland, Drake, Sadler ve Department of Education and Training, 2017).

STEM eğitimi, öğrenmenin temel özellikleri olan merak, yaratıcılık, eleştirel düşünme ve iş birliğini gerektirmektedir (Chesloff, 2013). STEM eğitiminin erken çocukluk döneminde etkili öğrenmeyi teşvik etmesi için, çocukların ilgi alanlarının, deneyimlerinin ve ön bilgilerinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (NRC, 2011). Son yıllarda yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi nitelikli erken çocukluk eğitimi bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütüncül olarak desteklemelidir (Brenneman, Lange ve Nayfeld, 2019; Sneideman, 2013). Disiplinleri ayrı ayrı öğretmeye dayanan geleneksel öğretimin çocuklar için uygun olmadığı ve disiplinler arası bağlantıların kurulmasının öğrenmeyi desteklediği ileri sürülmektedir (McClure ve diğerleri, 2017; Sneideman, 2013).

Araştırmalar STEM deneyimlerinin, çocukların yürütücü işlev ve okuryazarlık (McClure ve diğerleri, 2017), iletişim, problem çözme, yaratıcılık ve eleştirel düşünme (Bybee, 2013) gibi becerilerini desteklediğini ve çocukların sonraki okul başarısına katkı sağladığını göstermektedir (Morgan, Farkas, Hillemeier ve Maczuga, 2016; Watts, Duncan, Siegler ve Davis-Kean, 2014). STEM eğitimi yoluyla, muhakeme etme, hipotez oluşturma, tahmin etme, araştırma, anlama becerilerini geliştirmeyi vurgulayan entelektüel hedefler erken çocukluk ortamlarına dâhil edilebilmektedir

(Katz, 2010). Bu süreçlere odaklanan çocuklar için uygun bir bilimsel sorgulama programı, çocukları soru sorma, gözlem yapma, ölçme, sınıflandırma, sıralama, öngörme, çıkarım yapma ve belgelemeye teşvik etmektedir (Kallery, 2004; Katz, 2010).

Ek olarak STEM eğitiminin, çocukların okula hazır oluş düzeyleri (Toran, Aydın ve Etküer, 2020), akademik benlik algıları (Koç, 2019), bilime yönelik motivasyonları (Dilek, Taşdemir, Sami Konca ve Baltacı, 2020) ve mühendislik becerileri (Başaran, 2018) üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. İlgili araştırmaların bulguları, STEM eğitiminin çocukların, problem çözme (Akçay, 2018; Deniz Özgök, 2019; Koç, 2019), bilimsel süreç (Alan, 2020; Kavak, 2020; Ünal, 2019) ve yaratıcılık (Çilengir Gültekin, 2019; Güldemir, 2019) becerilerini etkilediği yönündedir. Yurt dışı ve yurt içi araştırmaların bu tür bulgularına rağmen, birçok erken çocukluk eğitimi sınıflarında çocuklara, okul hazır oluş ve okul başarılarını etkileyebilecek STEM deneyimlerinin sunulmadığı belirtilmektedir (Brenneman ve diğerleri, 2019).

Yurt içi alanyazında, STEM eğitimi inceleyen çok sayıda derleme makale ve kitap bölümünün yayımlandığı görülmektedir (Ata Aktürk ve Demircan, 2017; Akgündüz ve Akpınar, 2018; Çetin ve Demircan, 2020; Çil, 2018; Polat ve Bardak, 2019; Soylu, 2016; Uyanık Balat ve Günşen, 2017; Yaşar Ekici, Bardak ve Yousef Zadeh, 2018; Yücelyiğit ve Aral, 2017). Bu çalışma, erken çocuklukta STEM disiplinlerinin anlamı, STEM eğitiminin erken çocukluk sınıflarına entegrasyonu, STEM eğitiminde öğrenme merkezlerinin düzenlenmesi, resimli çocuk kitaplarının kullanılması, kodlama, robotik uygulamalar ve değerlendirme ile ilgili içerik sunmasıyla benzer çalışmalardan farklılık göstermektedir.

Erken Çocuklukta STEM Disiplinleri

STEM'i oluşturan disiplinler, küçük çocuklar için yetişkinlerde olduğundan farklı bir anlam taşımaktadır. Dolayısıyla, söz konusu disiplinleri çocukların gelişim seviyelerine uygun olarak ele alabilmek için bu disiplinlerin içeriğinin iyi anlaşılması gerekmektedir.

Çocuk İçin Bilim

Bilim, doğal dünyayı inceleme (Lange, Brenneman ve Mano, 2019) ve gözlem ile deneyi kullanılarak anlama çabasıdır (Bredenkamp, 2015). Bilim ile ilgili deneyimlerin erken çocukluk döneminde iki önemli rolü bulunmaktadır: Birincisi, çocuğun okul yılları boyunca derinleştirip genişleteceği kavramsal anlayış ve bilgilere temel oluşturmasıdır. İkincisi ise çocuğun bilimsel araştırma süreçlerini öğrenmesini desteklemesidir (Bredenkamp, 2015).

Archer ve diğerleri (2010) tarafından yapılan bir çalışma, çocukların bilime olan tutumlarının yaşamın ilk yıllarında şekillendiğini ortaya koymaktadır. Çocuklar çevrelerini gözlemlemekten ve keşfetmekten zevk alır, neden, nasıl, nereden ve ne zaman kalıplarını içeren birçok soru sorarlar (Eshach ve Fried, 2005; Trundle, 2015). Düşüncelerini gözden geçirir, yeni sorular sorar ve tekrar denerler (Trundle, 2015). Çocuklar, bilim deneyimlerine kaygı duymadan dahil olabilirler çünkü başarısız olmaktan çekinmezler (Trundle, 2015). Nitekim yapılan araştırmalarda, erken yıllardaki bilim deneyimlerinin çocukların bilimi öğrenmeye ve bilime daha fazla ilgi göstermeye teşvik ettiğini ortaya koymaktadır (Patrick, Mantzicopoulos ve Samarapungavan, 2008). Ancak, erken çocukluk öğretmenlerinin bilimle uğraşmak için çok az zaman harcadıkları (Early ve diğerleri, 2010), harcadıkları zamanın genellikle etkili olmadığı (Tu, 2006) ve çoğu zaman bilimsel öğrenme fırsatlarını kaçırdıkları saptanmıştır (Lange ve diğerleri, 2019).

Erken çocuklukta bilim üç başlıkta ele alınmaktadır: Fiziksel bilimler, yaşam bilimleri, yeryüzü ve uzay bilimleri (Bredenkamp, 2015; Moomav, 2013). *Fiziksel bilimler*; katı ve sıvı maddelerin özelliklerini, nesnelere nasıl hareket ettikleri ile ilgili bilgileri, neden sonuç ilişkisi ile ilgili temel kavramları (Bredenkamp, 2015), manyetizma ve yerçekimi gibi maddeleri etkileyen güçleri içermektedir (MacDonald, 2015; Moomav, 2013). Ağırlık, şekil, boyut, doku, renk, biçim, sıcaklık, kaldırma, itme, üfleme, yüzme ve hareketle ilgili kavramları ele almaktadır (Moomav, 2013).

Yaşam bilimleri; organizmaların özellikleri, yaşam döngüleri ve çevre ile ilgili çalışmaları içermektedir (Bredenkamp, 2015; MacDonald, 2015). Canlıların büyüme döngülerini, bitki ve hayvanların ihtiyaçlarını, habitatları, çeşitli bitki ve hayvanların belirli özelliklerinin gözlemlenmesini kapsamaktadır (Moomav, 2013). Yaşam bilimleri genellikle; bitki ve hayvanların büyümesi ile meydana gelen değişikliklere yönelik farkındalık geliştirmek, bitki ve hayvanlara saygı göstermek, çeşitli bitki ve hayvanların ihtiyaçlarının anlaşılması gibi konuları içerebilir (Bredenkamp, 2015; Moomav, 2013).

Yer ve uzay bilimleri; zaman içindeki değişimlerde dâhil olmak üzere, dünyadaki bileşenlerin özelliklerini, güneş ve ayın değişimlerini kapsamaktadır (Bredenkamp, 2015; MacDonald, 2015). Yer bilimleri standartları genellikle kaya ve toprak gibi malzemelerin incelenmesini, hava, mevsimler ve erozyon gibi çeşitli çevre olaylarını içermektedir (MacDonald, 2015; Moomav, 2013). Gündüz ve geceye bağlı olarak gölgeler, yansımalar ve nesnelere gözlemlenmesi gibi çalışmalar da bu kısımda yer almaktadır (Bredenkamp, 2015; Moomav, 2013).

Çocuk İçin Teknoloji

Teknoloji, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için doğal dünyayı değiştirme ve uyarlamada kullandığı araçlardır (Bredenkamp, 2015). Mevcut teknolojilerin etkili kullanılması da teknoloji içinde değerlendirilmektedir (MacDonald, 2015). Teknoloji, üretkenliği artırmak, bir şeyler yapmak veya hizmet sunmak gibi pratik amaçlar için bilimsel bilginin kullanılmasını içerir (MacDonald, 2015). Günlük yaşamımızda bizi destekleyen, temel ve ileri, dijital olmayan ve dijital insan yapımı tüm nesnelere kapsamaktadır (Early STEM Matters, 2017).

STEM eğitimindeki “T”yi ifade eden teknoloji diğer STEM disiplinlerinin entegrasyonuna bağlı olarak ortaya çıktığı için söz konusu disiplinlerden daha farklı olarak düşünülmesi gerekmektedir. Örneğin, mühendislik ile yakından ilişkilidir. Mühendislik mevcut teknolojiyi kullanırken yeni teknolojilerin ortaya çıkmasını sağlar (Lange ve diğerleri, 2019). STEM eğitimindeki “T”, özellikle erken çocukluk döneminde teknolojiyi kullanmaktan ziyade teknoloji hakkında bilgi edinmek ve sorunları çözmek için nasıl uygulanacağını öğrenmek anlamına gelmektedir (Clements ve Sarama, 2016). Teknoloji, küçük çocuklar tarafından incelenecek bir içerik alanı değil, STEM disiplinlerinde ve program genelinde öğrenmeyi destekleyebilecek önemli bir araç olarak düşünülmelidir (Early STEM Matters, 2017).

Erken çocuklukta teknoloji, tablet gibi dijital ve elektronik araçları kullanmak olarak düşünülmektedir (Lange ve diğerleri, 2019; Texley ve Ruud, 2018) fakat teknoloji dijital araçlardan daha fazlasını içermektedir. Erken çocukluk dönemi STEM eğitimi bağlamında teknoloji, çoğu zaman bir akıllı telefondan, tableten veya sanal oyundan daha basittir (Texley ve Ruud, 2018). Örneğin, bir çocuğun gözlemlerini ölçmek için ihtiyaç duyduğu bir termometre, standart veya standart olmayan ölçme araçları gibi her şey teknolojidir (Lange ve diğerleri, 2019; Texley ve Ruud, 2018). Her ürün kendi içerisinde teknolojik bir süreci barındırmaktadır. Teknoloji basit boya kalemleri, plastik kutular ve geri dönüşüm malzemelerinden dijital kameralar ve tabletler gibi daha karmaşık öğelere kadar değişebilir (Englehart ve diğerleri, 2016). Dolayısıyla, çocukların teknoloji okuryazarlığını edinmeleri için onlara teknolojiyi dijital araçların ötesinde düşünmelerini destekleyici deneyimler sunulmalıdır (Lange ve diğerleri, 2019).

Erken yıllarda çocuklar, teknolojinin kullanımını keşfedebilir, teknolojinin problem çözmedeki rolünü düşünebilir, bilim, mühendislik ve matematik araştırmalarında teknolojiyi kullanabilir, teknoloji ile öğrenebilir ve teknoloji ile eğlenebilirler (Lange ve diğerleri, 2019). Ayrıca, mühendislik tasarım sürecini kullanarak kendi teknolojilerini tasarlayabilirler (Cunningham ve Hester, 2007; Lange ve diğerleri, 2019).

Çocuklarla teknolojinin kullanımı için şu adımlar izlenebilir: Birinci adımda, çocuklar erken okuryazarlıkta bir kitabı kullanmayı öğrenmelerine benzer şekilde teknolojik aletleri kullanmayı öğrenmelidirler. İkinci adımda, çocuklar teknolojiyi çevrelerinde ilgilerini çeken şeyleri keşfetme aracı olarak kullanılmalıdır. Çocukların teknolojiyle etkileşimleri ve dijital medyayı kullanmaları keşfetme, dokümantasyon, araştırma, iletişim ve iş birliğine odaklanmalıdır. Üçüncü adım, ilkökul üçüncü sınıfa kadar olan yılları kapsamaktadır. Bu adım teknolojiyi öğrenmeyi içermekte, kodlama ve bilgi işlemsel düşünmeye giriş için çocuklara fırsatlar sunmayı içermektedir (Early STEM Matters, 2017).

Mühendislik: Çocuklar İçin Tasarım Süreci

STEM eğitimindeki “E” mühendislik tasarım sürecini ifade etmektedir (Texley ve Ruud, 2018). Mühendislik tasarımı, belirlenen kriter ve kısıtlamalar dahilinde istenen bir işlevi yerine getiren ürünlerin veya süreçlerin, bilimsel ve matematiksel ilkeler yoluyla planlanarak organize edilmesi, tasarlanması, geliştirilip test edilmesi, üretilmesi ve çalıştırılmasıdır (Lange ve diğerleri, 2019; Texley ve Ruud, 2018). Başka bir açıdan mühendislik, bireylerin ihtiyaçlarını karşılamak ve sorunlarını çözmek için doğanın enerjisini ve kaynaklarını kullanmaktır (Texley ve Ruud, 2018).

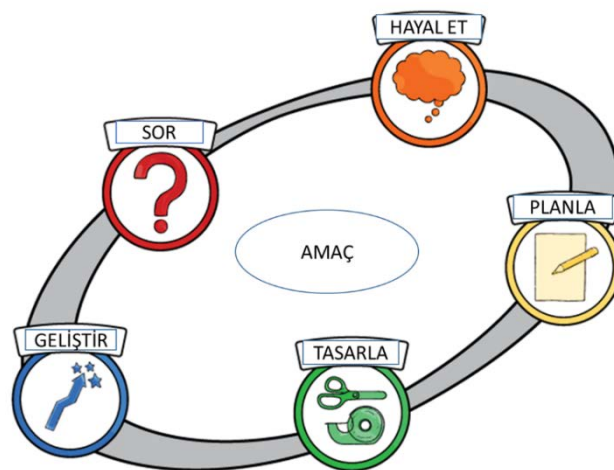
Mühendisler, bir sorunu çözmek için iş birliği yaparlar (Lange ve diğerleri, 2019) ve yaptıkları işi “*sınırlılıklar içinde tasarım yapmak*” şeklinde tanımlarlar (Cunningham 2018; Cunningham ve Hester, 2007). Genel olarak bir mühendis, toplumun ihtiyaç ve isteklerine matematik ve bilimi kullanarak yaratıcı çözümler üreten herkeştir (Wulf, 1999). Bu tanım, çocukların da mühendislik deneyimleri yaşayabileceğini ortaya koymaktadır. Çocuklar erken yıllardan itibaren karşılaştıkları problemleri çözmek için bir şeyleri üst üste koyar, onları birleştirmeye çalışır, materyaller arasında ilişki kurar ve birleştirdiklerini tekrar parçalarlar (Cunningham, 2018). Çocuklar erken mühendislik becerilerini modeller inşa ederek, yeni fikirler deneyerek, yapılar inşa ederek geliştirirler (Lange ve diğerleri, 2019). Bu süreçte alanı, şekilleri boyutları, materyalleri ve yerçekimini deneyimlemek, (Texley ve Ruud, 2018) iş birliği yapmak ve iletişim kurmak için fırsat bulurlar (MacDonald ve diğerleri, 2015).

Mühendislik tasarımı ile çocuklara, mühendislik problemlerinin çözümü bağlamında gelişimsel olarak uygun fen ve matematik bilgilerini uygulama fırsatları doğar (Bybee, 2010; Lange ve diğerleri, 2019; Texley ve Ruud, 2018). Ancak, çoğu erken çocukluk programında icatlarla sınırlı olmak üzere çok az mühendislik uygulama fırsatı bulunmakta (Clements ve Sarama, 2016; Texley ve Ruud, 2018) ve programlar mühendislik tasarımı fırsatlarını kaçırmaktadırlar (Lippard, Lamm, Tank ve Choi, 2019).

Mühendislik, ihtiyacın belirlenmesiyle başlaması ve analizden ziyade sentezle ilgili olması bakımından diğer disiplinlerden ayrılmaktadır. Başta matematik, bilim ve teknoloji olmak üzere diğer birçok disiplinle güçlü bağlantılara sahiptir. Mühendislik tasarım süreci; temel mühendislik bilgi ve becerileri ile fen ve matematik prensiplerinin kullanımını gerekli kıldığı için STEM eğitiminin hedeflediği entegrasyonu doğal olarak sağlamaktadır (Householder ve Hailey, 2012; NAE ve NRC, 2009).

Öğretim ve öğrenme açısından mühendislik uygulamaları, sınıf ortamında uygulanabilen tasarım sürecinin yinelemeli döngüsünü ifade etmektedir (NRC, 2012). Küçük çocuklar için alanyazında mühendislik tasarım süreçlerinin adımlarına ilişkin farklı görüşler bulunmaktadır (Bagiati, 2011; Bagiati, Evangelou, 2015; Cunningham ve Hester, 2007; Dubosarsky ve diğerleri, 2018; McDonald, Wendell, Douglass ve Love, 2015). Üç-beş yaş arası çocuklar için basit ve üç aşamalı bir mühendislik tasarım süreci önerilmektedir. Bu aşamalar; keşfetme, tasarlama ve geliştirme şeklindedir. Bu süreç, çocukları mühendisliğin temel adımlarına dâhil ederken, aynı zamanda onların belirli bir sorunu çözmeye odaklanmalarına yardımcı olmaktadır (<https://info.eie.org/wee-engineer-engineering-design-process>). Ayrıca, McDonald ve diğerleri (2015) okul öncesi dönem çocuklarının (0-5 yaş) STEM eğitimi ile problem çözme becerilerini geliştirmek için mühendislik tasarım süreci ve düşünme becerilerini içeren dört aşamalı bir döngü önermişlerdir. Bu aşamalar; düşün, dene, düzelt ve paylaş şeklindedir.

Cunningham ve Hester (2007), çocuklar için mühendislik tasarım sürecini beş aşama ile açıklamıştır: Sor, Hayal Et, Planla, Tasarla ve Geliştir.



Şekil 1. Mühendislik Tasarım Süreci
(Kaynak: <https://info.eie.org/eie-for-kindergarten-engineering-design-process-EIE>)

Sor: Tasarım süreci “sor” ile başlar. Çocuklar problemi belirlerler. Örneğin, okunan hikâyeden yola çıkarak çocuklardan problemi belirlemeleri istenebilir. Çocuklar, STEM öğrenme merkezini ve malzemeleri incelerler. Tasarım için *kısıtlamalar* ve *kriterler* değerlendirilir. Sürece ilişkin çocukların ön bilgileri dikkate alınır. Bu aşama, “Problem nedir?, Hedefimiz nedir?, Kurallar nelerdir?, Problem hakkında ne biliyoruz” gibi sorular çerçevesinde planlanır.

Hayal Et: Bu aşamada çocuklar, tasarımları için olası çözümleri beyin fırtınası ile belirlerler. Grubun her bir üyesinin fikri dinlenir ve yaratıcı ve yargısız düşünmeye teşvik edilirler. Malzemelerin nasıl kullanılabileceği ve değiştirilebileceği konusunda beyin fırtınası yapılır. Çocuklarla birlikte problemi çözmek için malzemelerin birlikte nasıl kullanılabileceği tartışılır.

Planla: Çocuklar ürettikleri çözüm önerilerini gözden geçirir ve bir çözüm fikrini seçerler. Planladıkları tasarımı çizer ve hangi malzemelere ihtiyaçları olduğunu saptarlar. Ancak, çocuklar tasarım sürecinde çizimlerinin dışına çıkabildikleri için çizim yapmaları zorunlu değildir. Çocuklara nasıl bir tasarım yapacaklarını sözlü olarak anlatma fırsatı verilir. Son olarak, çocuklar hangi malzemeleri nasıl kullanacaklarını planlarlar.

Tasarla: Çocuklar kendi tasarımlarını ve teknolojilerini oluşturmaya başlarlar. Hazırladıkları planı takip ederek malzemelerle tasarımlarını oluştururlar. Tasarımlarını belirlenen kriter ve kısıtlamalar doğrultusunda test eder ve değerlendirirler.

Geliştir: Çocuklar tasarımlarının hangi bölümlerinin iyi çalıştığını veya çalışmadığını eleştirel olarak düşünürler. Tasarımı geliştirmek için fikirlerini söylerler. Diğer arkadaşlarının tasarımlarında problemleri nasıl çözdüklerini incelerler. Tasarım geliştirme ile ilgili fikirlerini kullanarak ilk tasarımlarında iyileştirmeler yaparlar ve yaptıkları değişiklikleri tekrar test ederler. Tasarla, test et, geliştir, test et döngüsü, tasarım başarılı olana kadar devam eder (Cunningham ve Hester, 2007; Lottero-Perdue ve diğerleri, 2016)

Çocuk İçin Matematik

Matematik, nicelik, yapı, şekil ve değişimin araştırmasıdır (Clements ve Sarama, 2018). Bilim, teknoloji ve mühendislik de dâhil olmak üzere günlük yaşamın birçok yönüne katkı sağlamaktadır (Clements ve Sarama, 2018). Matematik öğrenmelerinin içeriği; problem çözme, akıl yürütme, ispat, iletişim, bağlantılar, temsil etme, sayılar ve işlemler, cebir, geometri, ölçme-değerlendirme, grafik-veri analizi ve olasılık şeklinde sınıflandırılmaktadır (Clements ve Sarama, 2018; NCTM, 2000). Sayı/aritmetik boyutu içinde ele alınan sınıflandırma, karşılaştırma, örüntü, sayı, ölçme, grafik,

işlem, eşleştirme, problem çözme, iletişim, bilgi toplama, gibi matematiksel beceriler bireyin öğrenmesinde, dünyayı anlama ve keşfetmesinde güçlü birer araç olarak değerlendirilmektedir (Geist, 2009; Haylock ve Cockburn, 2014; Seefeldt ve Galper, 2008).

Erken çocukluk eğitiminin odak noktası olan sayı-işlemler, geometri, grafik, veri analizi ve ölçme STEM eğitimi için de önemlidir. *Sayı ve işlemler*; küçük miktarları ölçme, nesne kümelerini daha fazla, daha az veya eşit olarak karşılaştırma, sayma, toplama-çıkarma ve materyalleri ayırma (bölme) şeklindedir (Moomav, 2013). İşlem kavramı, toplama ve çıkarma ile ilgili problem çözmeyi, bunların üzerinde gerçek nesnelere ve sözel problemlerle çalışmayı gerektirmektedir (Bredenkamp, 2015).

Cebir; matematiksel kalıpları ve ilişkileri anlamının yanı sıra matematiksel durumları analiz etme, temsil etme ve modellemeyi içermektedir. Çocuklar, malzemeleri sınıflayarak ve düzenleyerek cebirsel ilişkileri kullanırlar. Öğretmenlerin kullandığı matematik dili ve çocuklara sunulan ortamın zenginliği, çocukların problem durumlarını analiz etmelerine yardımcı olmaktadır. Özellikle, çocuklara sunulan somut materyaller onların matematik problemlerini daha iyi anlamalarını sağlamaktadır (Moomav, 2013).

Geometri; şekiller ve uzamsal ilişkiler hakkındaki bilgi, nesnelere uzayda birbiriyle-kendisiyle olan ilişkisi olarak tanımlanmakta ve hareket, simetri, mekânda konum, topoloji, şekiller ve görselleştirme gibi alt boyutları içermektedir (Clements ve Sarama, 2014; Ginsburg ve Pappas, 2016; NAEYC ve NCTM, 2010; Sperry Smith, 2016). Çocuklar için geometri, geometrik şekilleri adlandırmaktan çok daha fazlasıdır. Mekânsal ilişkileri, konum ile ilgili ifadeleri, iki ve üç boyutlu nesnelere özelliklerini anlamayı da içermektedir. Çocuklar, bloklar ve diğer malzemelerle somut deneyimler yaşayarak geometrideki analitik süreçlerin temelini oluştururlar (Moomav, 2013).

Ölçme; nesnelere ölçülebilir niteliklerini anlama, uygun bir ölçü birimi kullanma, sayının ölçmeye uygulanması ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırmalarını içermektedir (Moomav, 2013; Sperry Smith, 2016). Nesnelere boyutuna göre sıralamak veya sınıflamak, küçük çocuklar tarafından sıkça kullanılan bir ölçüm yöntemidir (Moomav, 2013). Çocuklar, standart ölçme sistemlerinin özelliklerini standart olmayan birimleri kullanarak keşfedebilirler (Sperry Smith, 2016).

Veri analizi, grafik oluşturma ve olasılık; bilgi toplamak, bilgileri faydalı bir şekilde düzenlemek, elde edilen bilgiye yönelik sorular sormak ve cevaplamak gibi aşamaları içermektedir. Çocuklar için veriler yaşam deneyimlerinden gelmektedir. Oyuncaklarını gruplara ayırabilir, iki grupta kaç düğme olduğunu karşılaştırabilir veya en sevdikleri meyveyi diğerlerinden ayırabilirler. Öğretmenler,

çocuklara elde edilen bilgileri bir grafik üzerinde düzenlemelerine yardımcı olabilirler. Olasılık ise, bir şeyin mümkün olup olmadığı ile ilgilidir (Moomav, 2013).

Grafikler sayısal bilgiyi görsel olarak sunarlar ve birçok formda kullanılabilirler. Gerçek nesne, resim, çubuk, daire ya da çemberler bunlardan bazılarıdır. Grafiklerde bir başlık veya etiket bulunmalıdır. Çocuklar, grafikler aracılığıyla verileri sınıflayabilir, karşılaştırabilir, farklılıkları belirleyip sonuç çıkarıp tartışabilirler. Bir grafiği oluşturmak için kullanılan beceri, grafiği yorumlamak için gereken becerilerden farklıdır. Çocuklar, bir olayın sonucunu tahmin etme, sınıf koleksiyonları, hava durumu tahmini, tohum sayma, batan yüzen nesnelere gibi konularda grafikler oluşturup yorumlayabilirler (Sperry Smith, 2016).

STEM disiplinleri bir bütün olarak düşünüldüğünde, teknoloji ve mühendisliğin en az anlaşılabilir disiplinler olduğu belirtilmektedir (Clements ve Sarama, 2016). Hâlbuki, teknoloji ve mühendislik tüm STEM alanlarıyla yakından ilişkilidir (MacDonald, Wendell, Douglass ve Love 2015; Lange ve diğerleri, 2019). Birini diğeri olmadan düşünmek zordur. Teknoloji, mühendislik tasarım sürecinin bir sonucudur. Mühendisler, teknolojiyi icat ederler ve aynı zamanda problemleri çözmek için mevcut teknolojileri kullanırlar (Texley ve Ruud, 2018). Çocuklarda mühendisler gibi mevcut teknolojileri yeni bir şekilde kullanabilir ve sorunları çözmek için kendi teknolojilerini tasarlayabilirler (Lange ve diğerleri, 2019).

STEM Eğitiminin Erken Çocukluk Sınıflarına Entegrasyonu

Öğretim programlarının bütünleştirilmesi konusunda alanyazında çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü olmak üzere üç yaklaşım bulunmaktadır (Drake ve Burns, 2004). Kavramlar ve beceriler, çok disiplinli yaklaşımda ortak bir tema içinde her disipline göre ayrı ayrı öğrenilir; disiplinler arası yaklaşımda, iki veya daha fazla disiplin üzerinde derinleştirme ile öğrenilir; disiplinler üstü yaklaşımda ise iki veya daha fazla disiplinden hareketle gerçek dünyadaki problemlere odaklanılarak öğrenilir (English, 2016; Akt: Gencer, Doğan, Bilen ve Can, 2019). Bybee (2013) ise, bütünleşik STEM modellerinin nasıl olabileceğini ve tek disiplinin öğretiminden bütünleşik STEM'e doğru ilerlemesini açıklamıştır. Disiplinlerin entegrasyonu etkili STEM eğitiminin anahtarıdır ve erken çocukluk döneminde çocuklara sunulacak STEM deneyimleri bu entegrasyonu içermelidir.

STEM disiplinlerinin birbiri ile güçlü bağları olmakla birlikte, birbirinden ayıran özellikleri de vardır. STEM disiplinleri sosyal, fiziksel ve doğal dünyaya aktif katılımın önemini vurgulamaktadır. Eğitim yaklaşımları bu disiplinler arasındaki bağlantıları ve farklılıkları benimsemelidir. Bu yolla

öğretmenler, sonraki yıllarda çocuklarda derinlemesine anlamının oluşmasını kolaylaştırmaya ve öğrenmeyi sağlam bir temele oturtmaya yönelik deneyimlerin ve becerilerin edinilmesine rehberlik edebilirler. Dolayısıyla öğretmenler, bu disiplinleri tıpkı gerçek dünyada olduğu gibi bazen ayrı ayrı bazen bütünleştirilmiş gerçekçi ve zengin deneyimler sunmak için erken çocuklukta kullanabilirler (Early STEM Matters, 2017; Gonzalez ve Kuenzi, 2012).

Bütünleştirici STEM eğitiminin merkezinde teknoloji ve mühendislik bulunmaktadır (Householder ve Hailey, 2012). Mühendislik tasarım süreci; temel mühendislik bilgi ve becerileri ile fen ve matematik prensiplerinin kullanımını gerekli kıldığı için bu entegrasyonu doğal olarak sağlamaktadır (Householder ve Hailey, 2012; NAE ve NRC, 2009). Mühendislik ve teknoloji kavramı diğer disiplinlerden ayrı düşünülemez. Mühendisler bir problemi çözmeye işe yarayacak yeni bir ürün ortaya koyabilmek için matematik ve fen gibi disiplinlerden yararlanmaktadır (Morgan, Moon ve Barrosa, 2013).

2013 okul öncesi eğitim programında farklı gelişim alanlarındaki kazanım ve göstergelerin çocukların seviyelerine göre bütünleştirilmiş etkinlikler çerçevesinde ele alınması beklenmektedir (MEB, 2013). Dolayısıyla, programın bu yönü öğretmenlerin STEM eğitimini sınıflarına entegre etme becerilerini destekleyici bir özelliktir. STEM eğitime yer vermede öğretmenlere destek olabilecek birçok eğitim yaklaşımı ve öğrenme modeli bulunmaktadır. Bunlar arasında; 5-E Öğretim Modeli (Bybee, 2014), Problem Tabanlı Öğrenme (John, Sibuma, Wunnava, Anggoro ve Dubosarsky, 2018), Proje Yaklaşımı (Katz, 1994), Sorgulamaya Dayalı Öğrenme (Lange ve diğerleri, 2019) ve Mühendislik Tasarım Süreci (Cunningham ve Hester, 2007) yer almaktadır.

Öğrenme Merkezleri ve STEM Eğitimi

Erken çocukluk eğitimi sınıflarında, çocukların öğrenme deneyimleri yaşadıkları alanlar öğrenme merkezleri olarak adlandırılmaktadır (MEB, 2013). Öğrenme merkezleri, çocuklara küçük grup ortamında uygulamalı deneyimlere katılma fırsatı sunmaktadır (Donegan Ritter, 2015). STEM eğitiminin sunmuş olduğu bakış açısı bu merkezlerin yapısını değiştirmiş ve klasik öğrenme merkezleri yerini STEM öğrenme merkezlerine bırakmaya başlamıştır (Donegan Ritter, 2015).

İyi düzenlenmiş ve planlanmış bir çevrenin öğretici olabileceği ilkesinden hareketle erken çocukluk sınıflarında STEM etkinlikleri planlarken bir öğrenme merkezinin düzenlemesi önemlidir. Tipik öğrenme merkezlerinden ziyade, STEM öğrenme merkezleri çocukların ve öğretmenlerin bir konu hakkındaki çalışmalarını iletirmek ve hipotezlerini test etmek için kullanabilecekleri ortamlar olarak düzenlenmelidir (Bardige ve Russell, 2014). STEM öğrenme merkezlerinin bazı özellikleri taşıması

gerekmektedir. Merkez, fiziksel bilimler, yaşam bilimleri, yer ve uzay bilimleri ve matematik (Cebir, geometri, sayı ve işlemler, ölçüm ve veri analizi) gibi disiplinlere odaklanmalı, teknoloji ve mühendislik çalışmalarına olanak sağlamalıdır (Moomaw, 2013). Merkez, çocukların araştırma ve keşif yapabilecekleri kaynakları ve açık uçlu materyalleri içermeli, birçok amaca hizmet etmeli, yeniden düzenlenecek kadar esnek olmalı, çocukların doğal meraklarına ve eğilimlerine hitap etmeli ve onların gelişim seviyelerine uygun olmalıdır (Bardige ve Russell, 2014). Materyaller çocuklar için erişilebilir olmalı ve doğal ışık alan bir pencereye yakın düzenlenmesine dikkat edilmelidir (Moomaw, 2013). STEM merkezine konulacak materyalleri belirlemede şu sorular dikkate alınabilir: Çocuğu düşünmeye teşvik ediyor mu?, Keşif ve sorgulamaya izin veriyor mu?, Çocuklar materyali kullanarak mevcut problem durumuna çözüm bulabilir mi? (Ruzzı, Eckhoff ve Linder, 2017).

STEM öğrenme merkezlerine standart ve standart olmayan ölçme araçlarının dâhil edilmesi, veri analizi ve grafik oluşturulmasına yönelik materyallerin konulması, matematiğin öğrenme merkezine entegrasyonu ile ilgilidir. Doğada bulunan kozalaklar, kayalar, toprak örnekleri, bitki ve hayvan türleri gibi daha birçok materyal öğrenme merkezine eklenebilir. Dijital araçlar ve video kameralar gibi teknolojik cihazlar çocukların deneyimlerini tekrar gözden geçirip analiz etmelerini olanak tanır ve öğrenmeyi destekler. Resimli çocuk kitaplarının STEM merkezine eklenmesi, çocukların bu merkezdeki keşif fırsatlarını artırabilir (Moomaw, 2013).

Resimli Çocuk Kitapları ve STEM Eğitimi

Resimli çocuk kitapları erken çocukluk döneminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik kavramlarını çocuklara tanıtmak için kullanılabilir (Patrick ve diğerleri, 2008; Sharkawy, 2012) ve bu disiplinlerin bütünleştirilmesini kolaylaştırmaktadır (Ruzzı, Eckhoff ve Linder, 2017). Hikâye ile ilgili bir problem durumunun oluşturulması ve çocukların bu problem durumuna STEM disiplinleri bağlamında çözüm üretmeleri, resimli çocuk kitaplarının STEM eğitime entegrasyonu ile mümkündür. Ancak, STEM eğitimi kapsamında resimli çocuk kitaplarının kullanılabilmesi için keşif ve problem çözmeyi teşvik eden bir içeriğinin olması gerekmektedir (Texley ve Ruud, 2018).

Bu doğrultuda, STEM eğitimi için kitap seçerken şu sorular göz önünde bulundurulabilir: Kitabın STEM disiplinleri ile ilişkisi kurulabilir mi?, Kitap, teknik olarak sağlam ve çocukların gelişim seviyelerine uygun içerik sunuyor mu?, Kitap, etkili bir şekilde çocukların hem sorgulama hem de keşfetme becerilerine katkı sağlıyor mu?, Kitap, gözlem yapma, analiz etme, keşfetme ve nihayetinde bilim hakkında iletişim kurma fırsatı sunuyor mu?, Kitabın günlük yaşam ile ilişkisi kurulabilir mi? (Ruzzı, Eckhoff ve Linder, 2017; Texley ve Ruud, 2018).

Resimli çocuk kitaplarından yola çıkarak tasarlanan STEM etkinlikleri, bilim ve mühendislik uygulamalarını temsil etmelidir. Bu etkinlikler şu unsurları barındırmalıdır: Soru sorma, problem çözme, STEM disiplinlerini bütünleştirerek bir ürün veya fikir tasarlama ve mühendisliği vurgulama, deneme yanılma yoluyla tasarım sürecini gösterme, aşamalı olarak mühendislik çözümleri geliştirme, analiz etme ve tasarım sürecinde gerekli değişiklikleri yapma (Launius, 2017).

Erken Çocuklukta Kodlama, Robotik Uygulamalar ve STEM Eğitimi

Kodlama çocuklara yönelik basit programlama dilini öğretmeyi içermekte ve özel bir dil ya da kodun bir makineye ne yapacağını söylemeyi öğrenme işi olarak tanımlanmaktadır (Bender, 2018). Son yıllarda, kodlama ve robotik uygulamaları STEM eğitiminde popülerlik kazanmıştır. Özellikle, STEM eğitiminde teknoloji ve mühendisliğin ihmal edildiğini düşünen bazı araştırmacılar (Sullivan ve Bers, 2015; Kazakoff, Sullivan ve Bers, 2012), teknoloji ve mühendislik disiplinlerini vurgulamak için kodlama ve robotik uygulamalarına yönelmişlerdir (Wyeth ve Wyeth 2008).

Erken yıllardan itibaren çocukların temel robotik ve kodlama becerilerine hâkim olabileceği araştırmalarla desteklenmektedir (Sullivan ve Bers, 2015). Robotik uygulamalar ve kodlama eğitiminin çocukların sıralama becerilerini olumlu etkilediği görülmüştür (Kazakoff ve diğerleri, 2012). Yapılan araştırmalar, dört yaşından küçük çocukların süreçte bir dizi mühendislik ve robotik kavramını öğrenirken basit robotik projeleri başarılı bir şekilde inşa edebileceğini ve programlayabileceğini göstermektedir (Wyeth ve Wyeth, 2008; Kazakoff ve diğerleri, 2012). Erken çocuklukta kodlama eğitimi; dijital araçsız veya ekransız, dijital araçlarla ve kitlelerle olmak üzere çeşitli şekillerde yürütülmektedir.

Dijital araçsız, ekransız kodlama; bilgisayar biliminin temel kavramlarını, bilgisayar ve diğer dijital araçlar kullanmadan çocuklara öğretebilecek etkinlikler bilgisayarsız kodlama ile ilişkilendirilmektedir (Taub, Ben-Ari ve Armoni, 2009). Bilgisayarsız kodlama etkinlikleri müzik aletleri, renkler, ses gibi çeşitli yollarla gerçekleştirilmektedir. Bu tarz etkinlikler erken çocukluk döneminde robotik kitleler ve bilgisayarla kodlama uygulamalarından önce çocuklara temel kavramları kazandırmak amacıyla kullanılabilir.

Kitlerle kodlama; çocukların kodlama öğrenmelerini desteklemek ve daha birçok becerisini geliştirmek için özel olarak hazırlanmış sistemler, oyuncaklar ve robotlarla yapılan kodlama uygulamalarını içermektedir (Hofmann, 2011). Robotik kodlama kitleleri, çocukların sayı, boyut ve şekil gibi matematiksel kavramları desen blokları, boncuklar ve toplar gibi geleneksel malzemelere göre daha güçlü bir şekilde geliştirmelerine yardımcı olan yeni nesil öğrenme araçlarıdır (Bers, 2010;

Kazakoff ve diğerleri, 2012). Robotik kodlama ile çocuk, kodlama komutlarının etkilerini robotun eylemleri üzerinde doğrudan görebildiği için soyut fikirleri daha somut hale getirebilmektedir (Sullivan ve diğerleri, 2013; Stoeckelmayr, Tesar ve Hofmann, 2011).

Dijital araçlarla kodlama; bilgisayar ve tablet gibi dijital araçlarla yapılan kodlama uygulamalarını içermektedir (Rushkoff, 2010). Robotları hareket ettirmek ve bir şeyler yapmasını sağlamak için onların programlanması gerekir (Bers, 2010). Dijital araçlarla kodlama uygulamalarıyla çocuklar, bilgisayar programlarını (robotların hareket etmesini, çevrelerini algılamasını ve bunlara tepki vermesini sağlayan algoritmalar veya yönergeler) oluşturmayı öğrenirler (Bers, 2010).

STEM eğitimcileri, kodlama ve robotiği iç içe geçmiş olarak değerlendirmektedir (Bender, 2018). Sullivan'a (2017) göre robotik uygulamalar, mühendislik tasarımı ve kodlamayı içeren disiplinler arası STEM uygulamasıdır. Kodlama ve robotik eğitiminin problem çözme bağlamı içinde ele alınması durumunda, çocukların bir probleme çözüm üretmeye yönelik projeler oluşturmasıyla mühendislik becerileri desteklenir (Bers, 2008). Araştırmacılar, robotik ve kodlama uygulamalarının STEM alanlarındaki becerileri kazanmada olumlu etkileri olduğunu ve STEM'e yönelik merak ve ilgiyi artırdığını ifade etmektedir (Alimisis, 2013; Sullivan, 2017). Dolayısıyla, etkili bir kodlama eğitimi için planlama, problem çözme, problemin çözüm adımlarının tanımlanması ve sıralanması gibi beceriler uygulama sürecinde vurgulanmalıdır (Bender, 2018).

Erken Çocukluk STEM Eğitiminde Değerlendirme

STEM uygulamalarının ve değerlendirme boyutunun, çocukların gelişim seviyelerine uygun olması gerekmektedir (Çil ve Çepni, 2018). STEM eğitiminde değerlendirme süreci, çocukların sorgulama, düşünme, araştırma ve ürün geliştirme becerilerine odaklanması (MEB, 2016), ortaya çıkan ürünün ve öğrenme ortamının değerlendirilmesini gerektirmektedir (Texley ve Ruud, 2018). STEM eğitiminde değerlendirme yoluyla çocuklarda düşünme ve beceri geliştirme süreçleri desteklenmektedir (Purzer ve Douglas, 2018).

STEM uygulamalarında, çocukların beceri ve yeterliliklerini belirlemek için analitik rubrikler bir alternatif değerlendirme yaklaşımı olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Bender, 2018; Odabaşı, 2018). Analitik rubrikler; açıkça tanımlanmış ve gözlenebilir ölçütleri düşükten yükseğe, zayıftan güçlüye ya da başka şekillerde sıralanmış nitelik düzeyleriyle eşleştiren puanlama rehberidir (Bender, 2018). Analitik rubriklerin hazırlanmasında değerlendirme kriterlerinin açık olarak belirtilmesi önemlidir (Aşık, Doğanca Küçük ve Çorlu, 2017). Belirlenen yetkinlikler, birden fazla tasarım projesi için kullanılabilir olduğundan, rubrikler çeşitli bağlamlarda yararlı olacak kadar genel, ancak gerçekten anlamlı

sonuçlar üretecek kadar spesifik olmalıdır (Purzer ve Douglas, 2018). Aşağıda, çocukların küçük grup halinde resimli hikâye kitabına dayalı olarak oluşturulan bir STEM çalışmasının süreci ve tasarım kısmına yönelik olan bir rubriğin nasıl hazırlanabileceğine dair örneğin özeti verilmiştir.

Örneğin, havuç toplamayı seven bir tavşan ile ilgili bir hikâye okunduktan sonra çocuklar tavşanın çok fazla havucu bir defada taşıması için bir tasarım yapmayı planlayabilirler. Bu durumda çözülmesi gereken problem, tavşanın çok fazla havucu nasıl taşıyabileceğidir. Çocuklar çözüm önerileri üretirler ve önerilerden biri seçilir. Örneğin, çocuklar havuçları taşımak için bir “paket tasarlama” önerisini seçebilirler. Seçilen çözüm önerisinin ardından tasarımda kullanılacak materyaller ve tasarımın kriter ve kısıtlamaları belirlenir. Bu tasarım için kısıtlama; bant, kraft kâğıdı ve şönil kullanılması şeklinde olabilir. Ayrıca, başka bir kısıtlama da çocukların gelişim seviyesini dikkate alarak kullanılacak bandın ve kâğıdın boyutu standart olmayan birimler (üç karış bant kullanılması gibi) ile belirtilebilir. Bu paketle taşınacak havuç sayısı da kriter olarak ele alınabilir. Öğretmenler, çocukların belirlenen kısıtlama ve kriterlere göre tasarımlarını değerlendirmek için bir rubrik hazırlayabilirler. Rubriğin kriterlerinin bir kısmı şu şekilde olabilir: Çocuklar, paketi kısıtlama ve kriterlere göre tasarlayamazlarsa 1 puan, kısıtlama ve kriterlere göre tasarlar, ancak önemli ölçüde destek sağlanırsa 2 puan, kısıtlama ve kriterlere göre tasarlarlarsa 3 puan verilir.

STEM eğitimi sürecini değerlendirmede portfolyolar da kullanılabilir (Purzer ve Douglas, 2018). Portfolyolar, yapılan çalışmaların sistematik bir şekilde düzenlenmesini içerir (Bredenkamp, 2015). Portfolyolar, sadece öğretmenler için değil, aynı zamanda ebeveynler ve diğer paydaşların çocukların STEM eğitimi sürecindeki gelişimlerini izlemeleri için de faydalı olduğu belirtilmektedir (Purzer ve Douglas, 2018).

2013 okul öncesi eğitimi programında değerlendirme, çocuğun gelişim alanlarında bütünsel olarak gözlenmesi, sonuçlarının raporlaştırılması, hazırlanan ve uygulanan planların ayrıntılı olarak değerlendirilmesi ve öğretmenin kendini değerlendirmesi gibi farklı yönlerden ele alınmıştır. Erken çocukluk eğitiminde çocuğun, programın ve öğretmenin kendini değerlendirme süreçleri iç içedir (MEB, 2013). Programda ifade edilen çocukların değerlendirilmesine ilişkin görüşler erken STEM deneyimleri içinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

Erken Çocuklukta Etkili STEM Eğitimi İçin Öneriler

Erken çocuklukta STEM eğitiminde yararlanılabilecek öneriler beş başlık altında açıklanmıştır: 1) STEM eğitiminin ilkeleri, 2) öğretmenin ve diğer yetişkinlerin rolü, 3) STEM kaynaklarının özellikleri 4) etkili soruların kullanılması ve 5) etkinliklerin özellikleri.

STEM eğitiminin ilkeleri: STEM eğitiminin ilkeleri arasında çocukların fen ve matematik çalışmalarını yapabilecek kapasiteye sahip olmaları, çocukların STEM deneyimlerinde yetişkin desteğinin önemi, iş birliği ve iletişimin STEM' in merkezinde yer alması, yetişkinlerin STEM' e bakış açısının çocukların bakış açısını etkilemediği, STEM eğitiminde kültürün önemli olduğu yer almaktadır (Early STEM Matters, 2017).

STEM eğitiminde öğretmenin ve diğer yetişkinlerin rolü: Öğretmenlerin STEM eğitim sürecinde; fen ve matematik kavramlarını kullanması, çocukların doğal meraklarından yola çıkması, içinde bulunulan çevreyi ve çocukları gözlemlemesi, çocukları soru sormaya teşvik etmesi, çocuklardan öğrenmeye açık olması ve oyunu etkili şekilde kullanması önemlidir (Sneideman, 2013). Ayrıca, çocukların gelişimini desteklemek için, etkili sorular sormaları, çocukların karşılaştıkları sorunları tanımlamalarına yardımcı olmaları, tasarımları başarısız olduğunda onları devam etmeye teşvik etmeleri, çocukların ilgilerini ve meraklarını genişletmeleri önerilmektedir (Early STEM Matters, 2017).

STEM kaynaklarının özellikleri: STEM eğitimi kaynakları, çocuklar için daha anlamlı öğrenmeler oluşturması açısından şu özellikleri içermelidir: Kaynaklar günlük yaşamla ilişkili olmalı, içeriği gelişime uygun olmalı, çocukların duyularını kullanmalarına fırsat vermeli ve problem çözmeye teşvik edici olmalıdır (McClure ve diğerleri, 2017). Her STEM konusuna uygun kitap bulmak zor olabilmektedir. Teknoloji, mühendislik, matematik (Ruzzı, Eckhoff ve Linder, 2017) ve fiziksel bilimler ile ilgili (hareket, kuvvet, astronomi gibi) kitaplar bulmanın, yaşam bilimleri (çevre, bitki ve hayvanlar gibi) ilgili kitap bulmaktan daha zor olduğu belirtilmektedir (Ford 2005; Smolkin, McTigue, Donovan ve Coleman, 2008). Öğretmenler, teknoloji, mühendislik, matematik ve fiziksel bilimler ile ilgili kaynak bulamamaları durumunda yukarıda tartışılan STEM kaynaklarında bulunması gereken özellikleri dikkate alarak kendileri öyküler yazabilirler.

STEM eğitiminde etkili soruların kullanılması: Etkili sorular (Productive questions) fiziksel ya da zihinsel etkinliğe yönelten sorulardır (Martens, 1999). STEM eğitim sürecinde doğru ve etkili sorular kullanılması önemlidir. "Neden" soruları çocuğun test edildiği ve bir doğru cevabın var olduğu hissini yarattığı için bu tarz soruların yerine "Ne" soruları sormanın öğrenmeyi derinleştirme açısından daha etkili olduğu ifade edilmektedir (Martens, 1999; STEM Sprouts Teaching Guide, 2013). Etkili sorular; dikkat (önemli ayrıntılara odaklanma), ölçme ve sayma (gözlemleri kesinleştirme), karşılaştırma (analiz ve Sınıflama) eylem/etki soruları (aşına olunmayan nesnelerin özelliklerini keşfetme), problem çözüme (çözüm üretme) ve mantık yürütme (deneyimleri düşünme ve onlara anlamlı gelecek fikirler oluşturma) soruları olmak üzere çeşitli kategorilere

ayrılabilir (Martens, 1999). Bu kategorilerden yola çıkarak STEM eğitimi sürecinde “Ne yapıyorlar?, Ne fark ettin?, Ne keşfettin?, Ne kadar? Ne sıklıkta?, Ne kadar uzun?, Başka bir yol bulabilir misin?, Başka ne söyleyebilirsin?” gibi sorular öğrenmeyi derinleştirmeye yardımcı olabilecek sorulardır (STEM Sprouts Teaching Guide, 2013).

STEM etkinliklerinin özellikleri: Somut deneyimlere odaklanmalı, tek bir problem üzerinde durmalı, günlük yaşam deneyimlerini içermeli, çocukların ilgi alanına hitap etmeli, çocuklar için anlamlı olmalı, bilimsel süreç becerilerini içermeli ve resimli çocuk kitaplarından yararlanılmalıdır (Sharapan, 2012; Johnson, 2016; Akt: Çil, 2018).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, erken çocukluk eğitimcilerine ve araştırmacılarına STEM eğitime yönelik kavramsal bir çerçeve sunmaktır. STEM eğitimi 21. yüzyıl için ihtiyaç duyulan becerileri kazandırmakta kullanılan yaklaşımlardan birisidir. Son yıllarda STEM eğitiminin erken çocukluk döneminde de etkili bir şekilde kullanılabilmesi (MacDonald, Huser, Sikder ve Danaia, 2019; Tippett ve Milford, 2017) ve bu eğitime erken yıllardan itibaren başlanması gerektiği vurgulanmaktadır (McClure ve diğerleri, 2017).

Erken çocukluk döneminde nitelikli bir STEM eğitimi için STEM disiplinlerinin entegrasyonu önemlidir. Bütünleşik bir STEM eğitiminin temelinde mühendislik ve teknolojinin olması gerektiği ifade edilmektedir (Householder ve Hailey, 2012). Bu entegrasyonun sağlanması için sınıf içinde STEM öğrenme merkezlerinin oluşturulması önemlidir. Düzenlenen bir merkezin STEM öğrenme merkezi olabilmesi için öncelikle bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine ilişkin materyalleri içermesi ve bu disiplinlerinin entegrasyonuna olanak verici olması gerekmektedir. Materyaller; keşfetmeye fırsat vermeli ve problem çözmeye hizmet etmelidir (Moomaw, 2013).

Alanyazın resimli çocuk kitaplarının, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi birçok alanı bir araya getirmek için kullanılabilmesini göstermektedir. Ancak, araştırmacılar her eserin STEM eğitimi açısından uygun olmadığını (Texley ve Ruud, 2018), eserin STEM disiplinleri ile ilişkiyi kurabilecek özellikte olması ve problem çözmeye fırsat vermesi gerektiğini belirtmişlerdir. STEM eğitiminde teknoloji boyutunun ihmal edildiğini düşünen araştırmacılar (Sullivan ve Bers, 2015), dijital çağda yaşadığımızı ve bu teknolojilerin dilini çocuklara öğretmenin bir gereklilik olduğunu ifade etmektedirler. Dijital dünyanın dili olan kodlama eğitimi bu tartışmalar içinde erken çocukluk eğitiminde dikkate alınmaya başlanmıştır (Kazakoff ve diğerleri, 2012; Sullivan ve Bers, 2015).

Öğretim programlarının değerlendirilmesi çocukların kazanımlara ulaşma düzeylerini belirlemek açısından önemlidir. Çocuklarının erken STEM deneyimlerinin nasıl değerlendirilebileceğine ilişkin bilgi etkili STEM programları hazırlamaya hizmet etmektedir (Texley ve Ruud, 2018). Araştırmacılar, STEM eğitiminin bazı ilkeleri olduğunu, öğretmenin ve diğer yetişkinlerin rolünün önemli olduğunu, bu süreçte etkili soruların kullanılmasının önemli olduğunu ve hazırlanan etkinliklerin STEM eğitiminin bakış açısını yansıtması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Sonuç olarak; 21. yüzyıl ihtiyaçları çerçevesinde ortaya çıkan ve erken çocukluk döneminde de etkili bir şekilde kullanılabilmesi önerilen STEM eğitimi yurtiçi alanyazında oldukça yenidir. Bu çalışmada, erken STEM eğitime genel bir çerçeve sunmaya çalışılmıştır. Çalışmanın, STEM eğitimi tanıtmaya, disiplinlerini açıklamaya ve bu doğrultuda uygulamaların gerçekleştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer bir yandan, bu çalışmanın iki temel sınırlılığı bulunmaktadır. Birincisi, erken çocukluk döneminde STEM eğitimi bu çalışmada ele alınan konulardan daha kapsamlıdır. Erken çocukluk STEM eğitiminde öğretmen eğitimi, özel gereksinimli çocuklar, üstün yetenekli çocuklar, aile katılımı ve dış mekânın kullanımı gibi konular çalışma kapsamında ele alınmamıştır. İkincisi, bu çalışmada eğitimcilere kavramsal bir bakışı sunulmasına rağmen erken çocukluk dönemi STEM uygulamalarını planlama boyutuna ve örnek etkinliklere yer verilmemiştir. Gelecekteki çalışmalar, erken çocuklukta STEM yaklaşımı ile ilgili öğretmen eğitime, özel gereksinimli çocuklar için uygulamalara ve erken çocukluk dönemi STEM çalışmalarını planlama ve uygulama sürecine odaklanabilirler.

KAYNAKÇA

- Akçay, B. (2019). *STEM etkinliklerinin anaokuluna devam eden 6 yaş çocukların problem çözme becerilerine etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akgündüz, D., & Akpınar, B.C. (2018). Okul öncesi eğitiminde STEM uygulamaları. İçinde D. Akgündüz (Ed.) *Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi* (s. 135-164). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Alan, Ü. (2020). *Okul öncesi dönem çocuklarına yönelik geliştirilen STEM eğitimi programının etkililiğinin incelenmesi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science & Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J.F., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens identity. *Science Education*.

- Aronin, S., & Floyd, K.K. (2013). Using an iPad in inclusive preschool classrooms to introduce STEM concepts. *Teaching Exceptional Children*, 45(4), 34-39.
- Aşık, G., Doğanca Küçük, Z., & Çorlu, S. (2017). STEM-FeTeMM eğitiminde ölçme değerlendirme yaklaşımı. İçinde S. Çorlu ve E. Çallı (Ed.) *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi: Öğretmenler için temel kılavuz* (s. 21-26). İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık A.Ş.
- Ata Aktürk, A., & Demircan, Ö. (2017). Review of studies on STEM and STEAM education in early childhood. *Abi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 757-776.
- Atiles, J.T., Jones, J.L., & Anderson, J.A. (2013). More than a read-aloud: Preparing and inspiring early childhood teachers to develop our future scientists. *Teacher Education and Practice*, 26(2), 285-299.
- Bagiati, A. (2011). *Early engineering: A developmentally appropriate curriculum for young children*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Retrieved from: ProQuest Dissertations and Thesis Global. (UMI: 3512219).
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2015). Engineering curriculum in the preschool classroom: The teacher's experience. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23(1), 112-128. <https://doi:10.1080/1350293X.2014.991099>
- Bardige, K., & Russel, M. (2014). *A STEM-focused curriculum: Implementation guide*. Sandwich: Heritage Museums & Gardens Inc.
- Başaran, M. (2018). *Okul öncesi eğitimde STEM yaklaşımının uygulanabilirliği (eylem araştırması)* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gaziantep Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Bender, W.N. (2018). *STEM öğretimi için 20 strateji* (A. S. İpek ve B. Yıldız, çev.). Ankara: Nobel Kademi Yayıncılık.
- Bers, M. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York: Teachers College Press (e-book).
- Bers, M.U. (2010). The TangibleK robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2). Retrieved from <http://ecrp.uiuc.edu/v12n2/bers.html>.
- Bredenkamp, S. (2015). *Erken çocukluk eğitiminde etkili uygulamalar* (T. İnan ve H. Z. İnan, çev.). Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık.
- Brenneman, K., Lange, A., & Nayfeld, I. (2019) Integrating STEM into preschool education; designing a professional development model in diverse settings. *Early Childhood Education Journal* 47, 15–28. <https://doi:10.1007/s10643-018-0912-z>
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329, 996.
- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.

- Bybee, R.W. (2014). *The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications*. NSTA Science & Children, April 3.
- Campbell, C., Speldewinde, C., Howitt, C., & MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education*, 9, 11-25. <https://doi.org/10.4236/ce.2018.91002>
- Capraro, R.M., & Scott W.S. (2008). *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Chesloff, J.D. (2013). STEM education must start in early childhood. *Education Week*, 32(23), 27-32.
- Clements, D.H., & Sarama, J. (2014). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. Routledge Taylor & Francis Group: New York.
- Clements, D., & Sarama, J. (2018). *Considerations for STEM education from PreK through grade 3 what does stem mean? project: Building strong early childhood mathematics education*.
- Clements, D., & Sarama, J. (2016). Math, science, and technology in the early grades. *The Future of Children*, 26(2), 75-95.
- Cunningham, C.M. (2018). *Engineering in elementary STEM education: Curriculum design, instruction, learning, and assessment*. New York, NY: Teacher College Press.
- Cunningham, C.M., & Hester, K. (2007). *Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children*. Presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Honolulu, HI.
- Çetin, M., & Demircan H.Ö. (2020). STEM education in early childhood. *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, 21(1), 102-117. <https://doi:10.17679/inuefd.437445>
- Çil, E. (2018). Okul öncesi dönemde STEM eğitimi. İçinde S. Çepni (Ed.) *Kuramdan uygulamaya STEM+A eğitimi* (s. 555-603). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Çil, E., & Çepni, S. (2018). STEM eğitiminde ölçme değerlendirme. İçinde S. Çepni (Ed.) *Kuramdan uygulamaya STEM+A eğitimi* (s. 457-482). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Çilengir Gültekin, S. (2019). *Okul öncesinde eğitimde drama temelli erken STEM programının bilimsel süreç ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Deniz Özgök, A. (2019). *60-75 aylık çocukların STEM etkinliklerinde problem çözme ve bilişsel düşünme becerilerinin incelenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dilek, H., Tasdemir, A., Konca, A.S., & Baltacı, S. (2020). Preschool children's science motivation and process skills during inquiry-based STEM activities. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 6(2), 92-104. <https://doi:10.21891/jeseh.673901>

- Donegan Ritter, M. (2015). STEM for ALL Children: Preschool teachers supporting engagement of children with special needs in physical science learning centers. *Young Exceptional Children* 20(1), 3-15.
- Drake, S.M., & Burns, R.C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Printed in the United States of America. ASCD.
- Dubosarsky, M., John, M.S., Anggoro, F., Wunnava, S., & Celik, U. (2018). Seeds of STEM: The Development of a Problem-Based STEM Curriculum for Early Childhood Classrooms. İçinde L. English & T. Moore (Ed.) *Early engineering learning* (pp. 249-269). Singapore: Springer.
- Early STEM Matters, (2017). *Early STEM matters: Providing high-quality STEM experiences for all young learners. A policy report by early STEM matters*. Early Childhood STEM Working Group. <http://ecstem.uchicago.edu>.
- Englehart, D.E., Mitchell, D.E., Albers-Biddle, J., Jennings-Towle, K., & Forestieri, M. (2016). *Stem Play: Integrating inquiry into learning centers*. Gryphon House Inc.
- Eshach, H., & Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14, 315–336.
- Ford, D.J. (2005). Representations of science within children's trade books. *Journal of Research in Science Teaching* 43(2), 214–35.
- Gencer, A.S., Doğan, H., Bilen, K., & Can, B. (2019). Bütünleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 38-55.
- Geist, E. (2009). *Children are born mathematicians: Supporting mathematical development, birth to age 8*. New Jersey: Pearson Education: Merrill Prentice Hall.
- Ginsburg, H.P., & Pappas, S. (2016). Invitation to the birthday party: Rationale and Description. *ZDM Mathematics Education*, 48, 947–960.
- Gonzalez, H.B., & Kuenzi, J. (2012). *Congressional research service science, technology, engineering, and mathematics (STEM) Education, A Primer*, Ulaşım Adresi: [http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM - Education - Primer.pdf](http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf).
- Greenfield, D., Jirout, J., Dominguez., X., Greenberg, A., Maier, M., & Fuccillo, J. (2009). Science in the preschool classroom: A programmatic research agenda to improve science readiness. *Early Education & Development*, 20, 238–264.
- Güldemir, S. (2019). *Okul öncesi eğitiminde STEM etkinliklerinin yaratıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Haylock, D., & Cockburn, A. (2014). *Küçük çocuklar için matematiği anlama* (Z. Yılmaz, çev. ed.) Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık.

- Householder, D.L., & Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. NCETE Publications. Retrieved from: http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166.
- John, M. S., Sibuma, B., Wunnava, S., Anggoro, F., & Dubosarsky, M. (2018). An Iterative participatory approach to developing an early childhood problem-based STEM Curriculum. *European Journal of STEM Education*, 3(3).
- Kallery, M. (2004). Early year's teachers' late concerns and perceived needs in science: An exploratory study. *European Journal of Teacher Education*, 27, 147-165.
- Katz, L.G. (1994). *The project approach*. Eric Digest ED368509. Retrieved from: <http://www.ericdigests.org/1994/project.htm>.
- Katz, L.G. (2010). *STEM in the early years*. Paper presented at STEM in early education and development conference. Beyond this Issue. Retrieved from: <http://ecrp.uiuc.edu/beyond/seed/katz.html>
- Kavak, Ş. (2020). *STEM eğitimine dayalı etkinliklerin okul öncesi çocukların temel bilimsel süreç becerilerine etkisi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kazakoff, E.R., Sullivan, A., & Bers, M.U. (2012). The Effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi:10.1007/s10643-012-0554-5>
- Keulen, V.H. (2018). STEM in early childhood education. *European Journal of STEM Education*, 3(3), 06. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/3866>
- Koç, A. (2019). *Okul öncesi ve temel fen eğitiminde robotik destekle ve basit malzemelerle yapılan STEM uygulamalarının karşılatırılması* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Lange, A., Brenneman, K., & Mano, H. (2019). *Teaching STEM in the preschool classroom exploring big ideas with 3- to 5-year-olds*. Teachers College Press: Colombia.
- Lee, K., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271–281.
- Lippard, C.N., Lamm, M.H., Tank, K.M., & Choi, J.Y. (2019). Pre-engineering thinking and the engineering habits of mind in preschool classroom. *Early Childhood Education Journal*, 47, 187–198. <https://doi:10.1007/s10643-018-0898-6>
- Lottero-Perdue, P., Bowditch, M., Kagan, M., Robinson-Cheek, L., Webb, T. (2016). An engineering design process for early childhood: Trying (again) to engineer an egg package. *Science and Children*, 54(3) 70-77.
- MacDonald, A. (2015). Technological tools, ICTS and digital play. İçinde A. MacDonald & J. Rafferty (Ed). *Investigating mathematics, science and technology in early childhood* (pp. 52-77.). Oxford University Press: Australia.

- MacDonald, A. S., Wendell, K., Douglass, A., Love, M. L. (2015). *Engaging young engineers teaching problem-solving skills through STEM*. Paul H. Brookes Publishing Co. Baltimore, Maryland.
- MacDonald, A., Huser, C., Sikder, S., & Danaia, L. (2019) Effective early childhood STEM Education: Findings from the little scientist's evaluation. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi:10.1007/s10643-019-01004-9>
- Martens, M. L. (1999). Productive questions: Tools for supporting constructivist learning. *NTSA Science and Children*. May, 24-53.
- McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). *STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood*. New York, NY: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2013). *Okul öncesi eğitim programı*. Ankara: MEB.
- Moomaw, S. (2013). *Teaching STEM in the early years: Activities for integrating science, technology, engineering, and mathematics*. 10 Yorkton Court St. Paul: Redleaf Press.
- Morgan, J.R., Moon, A.M. & L.R. Barroso. (2013). Engineering better projects. İçinde R.M. Capraro, M. M. Capraro & J. Morgan (Ed.) *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (pp. 27-37). 2nd Edition. Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers.
- Morgan, P.L., Farkas, G., Hillemeier, M.M., & Maczuga, S. (2016). Science achievement gaps begin very early, persist, and are largely explained by modifiable factors. *Educational Researcher*, 45(1), 18–35.
- NAE & NRC (National Research Council). (2009). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects*. https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng_in_K-12_Ed.pdf
- National Association for the Education of Young Children (NAEYC) & the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2010). *Position statement on early childhood mathematics: Promoting good beginnings*. URL: <https://www.naeyc.org/positionstatements/mathematics>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), (2000). *Geometry standard for grades pre-k–2*. URL: <http://standards.nctm.org>.
- National Research Council (NRC), (2011) *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Odabaşı, Ş.Y. (2018). STEM için ölçme ve değerlendirme. İçinde K. A. Kırkık & E. Aydın (Ed.) *Merhaba STEM yenilikçi bir öğretim yaklaşımı* (ss. 109-124). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Ong, E. T., Ayob, A., Ibrahim, M.N., Adnan, M., Shariff, J., & Ishak, N. (2016). The effectiveness of an in-service training of early childhood teachers on STEM integration through Project-Based Inquiry Learning (PIL). *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 13(Special Issue), 44-58.

- Patrick, H., Mantzicopoulos, P., & Samarapungavan, A. (2008). Motivation for learning science in kindergarten: Is there a gender gap and does integrated inquiry and literacy instruction make a difference. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 166–191.
- Perry, B., & MacDonald, A. (2015). Educators' expectations and aspirations around young children's mathematical knowledge. *Professional Development in Education*, 41(2), 366–381.
- Polat, Ö., & Bardak, M. (2019). STEM Approach in early childhood in Turkey. *International Journal of Social Science Research*, 8(2), 18-41.
- Purzer, Ş., & Douglas, K. A. (2018). Assessing early engineering thinking and design competencies in the classroom. İçinde L. English & T. Moore (Ed.) *Early mathematics learning and development: Early engineering learning* (pp. 84-113). ISBN 978-981-10-8621-2 (eBook). Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Rushkoff, D. (2010). *Program or be programmed: Ten commands for a digital age*. New York, NY: O/R Books.
- Ruzzi, B.L., Eckhoff, A., & Linder, S.M. (2017) Growing in STEM: STEM resources and materials for engaging learning experiences. *National Association for the Education of Young Children NAEYC*, 72(1).
- Seefeldt, C., & Galper, A. (2008). *Active experiences for active children mathematics*. (2. Edition). New Jersey: Pearson: Merrill Prentice Hall.
- Sharkawy, A. (2012). Exploring the potential of using stories about diverse scientists and reflective activities to enrich primary students' images of scientists and scientific work. *Cultural Studies of Science Education* 7(2), 307–40.
- Smolkin, L.B., McTigue, E.M., Donovan, C.A., & Coleman, J.M. (2008). Explanation in science trade books recommended for use with elementary students. *Science Education* 93(4), 587–610.
- Sneideman, J.M. (2013) *Engaging children in STEM education EARLY!* Received from <http://naturalstart.org/feature-stories/engaging-children-stem-education-early>
- Soylu, Ş. (2016). STEM education in early childhood in Turkey. *Journal of Educational and Instructional Studies in The World*, 6(1), 38-48.
- Sperry Smith, (2016). *Erken çocukluk döneminde matematik eğitimi*. (S. Erdoğan ve H. Arslan Çiftçi, çev. ed.). Ankara: Eğiten Kitap.
- STEM Eğitim Raporu, (2016). *Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü*. Millî Eğitim Bakanlığı: Ankara.
- STEM Sprouts Teaching Guide, (2013). *Boston Children's Museum- STEM sprouts: Science, engineering, tech, math Teaching Guide*. Ulaşılan adres: <https://bostonchildrensmuseum.org/stem-sprouts>
- Stoekelmayr, K., Tesar, M., & Hofmann, A. (2011). *Kindergarten children programming robots: A first attempt. proceedings of 2nd international conference on robotics in education (RIE 2011)* http://www.innoc.at/fileadmin/user_upload/_temp_/RIE/Proceedings/51.pdf

- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2015). Robotics in the early childhood classroom: Learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education* 26(1). <https://doi:10.1007/s10798-015-9304-5>
- Sullivan, F. R. (2017). The Creative nature of robotics activity: Design and problem solving. İçinde: K. Myint Swe (Ed.) *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience* (pp. 196-213). https://doi:10.1007/978-3-319-57786-9_9
- Taub, R., Ben Ari, M., & Armoni, M. (2009). *The effect of CS unplugged on middle school students' views of CS*. In ACM SIGCSE Bulletin, 99-103.
- Texley, J., & Ruud, R.M. (2018). *Teaching STEM literacy: a constructivist approach for ages 3 to 8*. Published by Redleaf Press.
- Toran, M., Aydın, E., & Etgüer, D. (2020). Investigating the effects of STEM enriched implementations on school readiness and concept acquisition of children. *Elementary Education Online*, 19(1), 299-309.
- Trundle, K.C. (2015). The inclusion of science in early childhood classrooms. İçinde K.C. Trundle & M. Sackes, (Ed.) *Research in early childhood science education* (s. 1-6). Springer Dordrecht Heidelberg New York London.
- Tu, T. (2006). Preschool science environment: What is available in a preschool classroom? *Early Childhood Education Journal*, 33(4), 245–251.
- Uyanık Balat, G., & Günşen, G. (2017). Okul öncesinde STEM yaklaşımı. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(42), 337-348.
- Ünal, M. (2019). *4-6 yaş okul öncesi çocuklarına etkinlik temelli STEM eğitiminin bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Watts, T.W., Duncan, G.J., Siegler, R.S., & Davis-Kean, P.E. (2014). What's past is prologue: Relations between early mathematics knowledge and high school achievement. *Educational Researcher*, 43, 352–360.
- Wulf, W.A. (1999). The image of engineering. *Issues in Science and Technology*, 15(2).
- Wyeth, P., & Wyeth, G. (2008). *Robot building for preschoolers*. U. Visser et al. (Eds.) RoboCup 2007, LNAI 5001, pp. 124–135.
- Yaşar Ekici, F., Bardak, M., & Yousef Zadeh, M. (2018). Erken çocukluk döneminde STEM. İçinde K. A. Kırkıç ve E. Aydın (Ed.). *Merhaba STEM yenilikçi bir öğretim yaklaşımı* (s. 51-78). Eğitim Yayınevi: Konya.
- Yelland, N., Drake, P., Sadler, K., & Department of Education and Training, Australia, (2017) *Early learning in STEM: Multimodal learning in the 21st century*. Project Report. Victoria University, Melbourne.
- Yıldırım, B. (2020). Preschool STEM activities: Preschool teachers' preparation and views. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10643-020-01056-2>

- Yücelyigit, S., & Aral, N. (2017). STEM education in child development. İçinde B. Özdemir, N. L. Shapekova, B. Ak, H. Yıldız, F. Özcanarşlan, L. Ivanova, St. Kliment Ohridski (Ed). *Developments in health sciences* (pp. 405-413). University Press, Sofia.
- Zan, (2016). Why stem? why early childhood? why now? İçinde S. Counsell, L. Escalada, R. Geiken, M. Sander, J. Uhlenberg, B. Van Meeteren, S. Yoshizawa, & B. Zan (Ed.) *STEM learning with young children: Inquiry teaching with ramps and pathways* (pp. 23-30). Published by Teachers College Press, 1234 Amsterdam Avenue, New York, NY 10027.