

# INTERNATIONAL JOURNAL OF FIELD EDUCATION



## Success for all: fostering early childhood STEM identity<sup>1</sup>

Alyse C. Hachey<sup>2</sup>

Department of Teacher Education, University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA  
0000-0001-6503-7283

### ABSTRACT

This paper discusses early childhood classrooms as powerful spaces for identity work and, more specifically, as a place (or not) for supporting early STEM identity development. It makes the case for educators and researchers alike to promote an expanded role of early childhood STEM education in the daily lives of young children. This paper uses a qualitative interpretive methodology, drawing from a wide array of research and theoretical literature from early childhood and STEM education and developmental psychology, as well as public policy. Today, both research and interventions aimed at fixing the “leaking STEM pipeline” and theory/research on STEM identity development focus on children in middle school and above. Yet, children’s attitudes about STEM and about themselves as STEM learners are formed early, and identity work is a task of early childhood. This suggests a need to focus on young children’s engagement with STEM education as a means of nurturing their early STEM identity development. This paper synthesizes previous research to outline the need for expanding STEM education in early public schooling. It proposes a conceptualization of early STEM academic identity development (based on the premise that middle school is too late to fix the leaking STEM pipeline).

### ARTICLE INFO

**Key Words:** Early childhood education, STEM identity development

**Paper Type:** Viewpoint

Received: 28.05.2020

Published online:

30.06.2020

<sup>1</sup> ©Alyse C. Hachey. Published in Journal of Research in Innovative Teaching and Learning. Published by Emerald Publishing Limited. This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

<sup>2</sup> Yazar Hakkında: Doktor Alyse C. Hachey, El Paso Texas Üniversitesi Eğitim Fakültesi’nde Öğretmen Eğitimi başkan yardımcısı, İki Dilli Eğitim, Erken Çocukluk Eğitimi ile Okuryazarlık ve Sosyokültürel Çalışmalar Anabilim Dallarında koordinatör, Erken Çocuklukta STEM Eğitimi Makerspace Disiplinlerarası Laboratuvarı’nda koordinatör yardımcısı ve erken çocukluk bölümünde danışmandır. Onun Columbia Üniversitesi’nden Eğitim Psikolojisi doktora, Michigan Üniversitesi’nden Medya ve Öğretim Teknolojileri yüksek lisans, Doğu Michigan Üniversitesi’nden eğitim lisans dereceleri vardır. İletişim: ahachey@utep.edu

## Herkes İçin Başarı: Erken Çocukluk Dönemi STEM Kimliğini Teşvik Etmek

*Çevirenler<sup>1</sup>*

*Musa Bardak<sup>2</sup>*

*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Okul öncesi Eğitimi Anabilim Dalı  
0000-0001-5585-8002*

*Şerife Kaplan*

*İngilizce Öğretmeni  
0000-0002-5287-344X*

---

### ÖZET

### MAKALE BİLGİSİ

Bu makale erken çocukluk eğitimi verilen anasınıfların genel olarak kimlik oluşturma çalışmaları özellikle de erken STEM kimlik gelişimini destekleme yeri olup olamayacağını tartışmaktadır. Eğitimciler ve araştırmacılar, küçük çocukların günlük yaşamlarında erken çocukluk STEM eğitiminin açılımlayıcı rolünü desteklemektedir. Bu çalışmada, erken çocukluk, STEM eğitimi ve gelişim psikolojisinin yanı sıra kamu yönetimi ile ilgili geniş bir araştırmayla alanyazından yararlanılarak nitel ve yorumlayıcı bir metodoloji kullanılmıştır. Günümüzde “Sızan STEM boru hattı”nı (metafor) düzeltmeyi amaçlayan araştırma ve müdahaleler ile STEM kimlik gelişimi üzerine teorik araştırmalar ortaokul ve üstü seviyedeki çocuklara odaklanmaktadır. Yine de çocukların STEM eğitimine ve kendilerinin STEM öğreneni olmaya karşı tutumları erken oluşur ve kimlik gelişimi de erken çocuklukta gelişen bir olgudur. Bu çalışma, erken STEM kimlik gelişimini beslemenin bir yolu olarak küçük çocukların STEM eğitimine katılımına odaklanılması gereksinimini öne sürmektedir. Bu makale, erken çocukluk eğitiminde STEM eğitimi genişletilmesi ihtiyacını vurgulamak amacıyla önceki araştırmaları sentezler. Erken STEM akademik kimlik gelişiminin (Sızan STEM boru hattını düzeltmek için ortaokulun çok geç olduğu öngörüsüne dayanarak) kavramsallaştırılmasını önermektedir.

*Alınma*

*Tarihi:28.05.2020*

*Çevrimiçi yayınlanma*

*tarihi: 30.06.2020*

**Anahtar Kelimeler:** Erken Çocukluk Eğitimi, STEM Kimlik Gelişimi

---

<sup>1</sup> Journal of Research in Innovative Teaching & Learning Dergisi'nin 2020/13, 1. sayısında 1-5 sayfaları arasında yayınlanan “Success for all: fostering early childhood STEM identity” isimli makale, yayıncının lisans şartlarında belirtildiği şekliyle yazar, yayıncı ve eserin ismi belirtilerek tercüme edilmiştir. Ayrıca yayıncı ve yazardan mail yoluyla alınan izin ile Musa Bardak ve Şerife Kaplan tarafından çevrilerek yayınlanmaktadır. Makalenin orijinalinde yapılmamış olan başlıkları çevirenler tarafından yapılmıştır. Metin içerisinde yer alan atıflar aynen korunmuş, metnin anlaşılmasını kolaylaştırmak için bazı yerlerde dipnot şeklinde çevirmen notu eklenmiştir. Hachey, S. C. (2020). Success for all: fostering early childhood STEM identity. Journal of Research in Innovative Teaching & Learning 13(1), 1-5. DOI 10.1108/JRIT-01-2020-0001

<sup>2</sup> Sorumlu yazar iletişim bilgileri:

*Öğr. Gör.*

*musa.bardak@izu.edu.tr*

*0555 275 98 36*

*0212 692 88 84*

## Giriş

Okullar kimlik geliştirme çalışmaları için güçlü ortamlardır (Kaplan Sinai, & Flum, 2014; Langer-Osuna & Nasir, 2016). Rollerin keşfedilmesi, bunların sosyal etkileşim sırasında ortaya çıkarılarak pozisyon alınması ve çocuklar tarafından yapılan ilgili eğitim eylemleri, öğrencilerin benimsediği kendini tanımlama anlayışının yanı sıra kimlik oluşturma süreci için kritiktir. (Davies & Harre, 2008; Talafian, Moy, Woodard, & Foster, 2019). Yine de, birçok çocuk (özellikle etnik olarak ayrıştırılmış ve sosyo ekonomik durumları düşük olan çocuklar) ilkokulun sonuna kadar ne kendilerini STEM rollerinde görüyorlar ne de STEM kimlikleri geliştiriyorlar (Talafian et al., 2019).

Akademik kimlik bireyin okula aidiyet duyguları ve akademik bir topluluğun geleneklerine bağlılık ile ilişkili olarak kendini tanımlamasına denir; o eğitime dair kararların hayati belirleyicisi ve akademik motivasyon, performans ve çıktılarla doğrudan ilişkilidir. (Beier & Rittmayer, 2008; Dunham, 2016; Kaplan et al., 2014; Pantoya, Aguirre-Munoz, & Hunt, 2015). Akademik kimliğin bir alt kategorisi olan STEM kimliği, bir futbolcu kimliği veya bir kaykaycı kimliği gibi geliştirilmesi gereken seçilmiş kimlik/rol kimliği olarak kabul edilebilir. Bu tür bir kimliğin gelişimi sosyokültürel olarak anlamlandırma yoluyla benliğin bir yönünü inşa etmeye veya keşfetmeye odaklanır. (Kaplan & Garner, 2017; Kaplan et al., 2014). STEM kimliği bireylerin bir STEM alanının üyesi olarak ne ölçüde tanımlandıkları ve kendilerini/diğerlerini bu alanlardaki prototipler [normlar, tutumlar, özellikler, değerler, davranışlar] olarak ne ölçüde gördüklerine işaret eder (Kim, Sinatra, & Seyranian, 2018). Büyük çocuklarla ve yetişkinlerle yapılan araştırmalar, STEM'e ait olma hissinin ve sosyal deneyimlerin STEM kimliğini beslenmede veya engellemede önemli faktörler olduğunu bildirmiştir (Cheryan, Master, & Meltzoff, 2015; Talafian et al., 2019).

### Erken Çocuklukta STEM Kimliği

Küçük çocukların erken STEM kimlik gelişimi, STEM'in erken yaşlarda planlı olarak araştırılması ve günlük yaşamda STEM ile ilişkili aktivitelerin öneminin belirgin bir şekilde kavranması ile bağlantılı bir sosyal kimlik olarak düşünülebilir. Öncelikli olarak ortaokul ve devamına yoğunlaşmasına rağmen bu bakış açısı, akademik kimlik ve STEM kimlik gelişimi üzerine yapılan araştırmalara dayanır. Hawkins (2005) küçük çocukların okula bağlı kimlikler kazanmaları için başarılı bir öğrenci kimliğinin sergilemesi gereken dil, davranış ve katılımcılık özelliklerini edinmeleri gerektiğini savunuyor. Erken yaşlarda özellikle bilinçli bir STEM uygulanması sayesinde sosyal benlik, STEM ile ilgili özgün uygulamalar ve roller ile küçük çocuklarda STEM içerik bilgisinin erken edinimini anlamlı, başarılı ve olumlu yöntemler sunan sosyo kültürel etkileşimler ile somutlaştırır. STEM içeriği nesnel ve kültürden bağımsız olmadığı için pozitif ve özgün olarak anlamlı olan STEM ile ilgili etkileşimlere yapılan vurgu önemlidir; küçük çocuklar akademik bir konuyla ilgili hem açık hem de örtük mesajları içselleştirir ve bu da STEM'de başarılı olmayla ilgili yeterlilikler

konusundaki inanç ve tutumlarını şekillendiren unsur olacaktır. (Cheryan et al., 2015; Crespo, Kraatz, & Pallansch, 2014; Early STEM Working Group, 2017; Martin-Hanson, 2018; Saurcerman & Vaquez, 2014).

Erken STEM kimliğinin gelişimi hususunda daha fazla destek, geniş gelişimsel literatürden alınmıştır. Keşif ve bağlanma, çoğu kimlik gelişimi teorisinin merkezinde yer alan iki süreçtir (Kaplan et al., 2014; Van der Gaag, Albers & Kunnen, 2017). Örneğin, erken yaşta etnik ve kültürel kimlik gelişimi, kişinin etnik / ırksal grubuyla bağlantısı ve bağlılığı ile tanımlanır (Phinney, 1990). Cinsel kimlik gelişimi de benzer şekildedir; çocuklar toplumsal ipuçlarını içselleştirerek cinsiyet kategorileri ile uyumlu tercih ve davranışlar sergiler (Martin & Ruble, 2004). Etnik / ırksal ve cinsel kimlik gelişimi üzerine yapılan araştırmalar, küçük çocukların aktif olarak sosyal ipuçlarını yorumlama için kullandıklarını, daha sonra bu yorumları dikkat ve davranışlarını yönlendirmek, anılarını organize etmek için kullandıklarını göstermektedir (Martin & Ruble, 2004). Ayrıca kanıtlar çocukların kültürel deneyimlerini merkeze alan eğitim faaliyetlerinin hem olumlu ırksal / etnik kimliği hem de akademik kimlik gelişimini beslediği düşüncesini desteklemektedir (Langer-Osuna & Nasir, 2016). Buna dayanarak denilebilir ki, küçük çocukların günlük deneyimlerden sosyal olarak türettikleri anlamlar, günümüzde yaşadıkları kişisel tanımlamalarının merkezinde yer alarak gelecekteki kimliklerinin alacağı şekillerin temelini oluşturur. Benzer şekilde, erken STEM kimlik gelişimi, anasınıflarında STEM'in planlı olarak keşfedilmesi sırasında çocukların şimdiki ve gelecekteki STEM'e olan aidiyet ve eğilimlerini değerlendiren motivasyonel sonuçları tartışılan sosyal bir süreçtir. Bu nedenle, anasınıfları, küçük çocukların kendini “bilim adamı”, “teknoloji uzmanı”, “mühendis” ve “matematikçi” olarak konumlandırma yolları ve tanımlamalarına temel olabilecek kritik gelişimlerine yardımcı olan ilgili deneyimlere erişimlerini karşılayabilecek yada bundan mahrum bırakabilen bir ortamdır.

Yine de, ABD devlet okullarında üçüncü sınıf seviyesine kadar uygulanan günlük planlarla ilgili birçok çalışmada STEM eğitiminin (ve erken STEM kimlik gelişimine ilişkin bir odaklanmanın) yetersiz olduğunu raporlaştırmakta, daha fazla araştırma ise STEM eğitiminin okul öncesi öğretmenleri (erken okuryazarlık pedagojisinde daha fazla eğitim alanlar) tarafından iyi anlaşılmadığını ortaya koymaktadır (Bassok, Latham, & Rorem, 2016; Author, 2013; Pantoya et al., 2015; STEM Smart, 2013). Tao (2019) tarafından yakın zamanda yapılan araştırma, okul öncesi öğretmenlerinin STEM eğitime aşina olmadıklarını ve bu konuda düşük öz-yeterlik düzeyine sahip olduklarını bildirmektedir. STEM öğretimine ayrılan kısıtlı zaman sonucunda Okul öncesi öğretmenliği eğitimindeki eksiklik / eğitimcilerin özgüveninin düşük olması gibi benzer bulgular DeJarnette (2018) tarafından bildirilmiştir. Pantoya et al. (2015) anaokulundan ikinci sınıfa kadar STEM içeriğine ayrılan sürenin % 10'dan daha az olduğunu bildirmiştir. Günümüzde, küçük çocukların oynadığı roller, anasınıflarında benimsemeye yönlendirildikleri tutum ve tavırlar (hepsi kimlik arayışının yönleri (Erikson, 1994)), hem mevcut rollerini hem de öğretmenlerinin gelecek hayallerini sınırlandıran erken okuryazarlık eğitimi hegemonyası (yani Bassok et al., 2016; Early

Childhood STEM Working Group, 2017; Gerde, Peirce, Lee & Van Egren, 2017; Hachey, 2013) tarafından şekillenmektedir.

Genel olarak anasınıflarında STEM'e yer verilmemesi, STEM ile ilişkili keşif ve rol alma davranışlarına izin vermemekte ve STEM'in (hem bireysel hem de sınıf olarak) önemli olmadığına dair örtük mesaj vermektedir. Bu durum, küçük çocukların, STEM kimliğinin gelişimi için kritik olan, bilişsel yapılarını uyaran ve gelecekte kazanacakları STEM alanlarına ait becerilere hazırlayan STEM içerik ve uygulamaları ile derin bir ilişki kurma imkanından mahrum bırakır. STEM kimliğinin gelişimiyle ilgili mevcut ihmalin sonuçları "sızan STEM boru hattı"<sup>1</sup> ile görülebilir; araştırmalar, dördüncü sınıfa kadar erken STEM eğitimiyle sınırlı bir şekilde etkileşen öğrencilerin matematik ve fen becerileri ve bilgisinden yoksun olmalarının yanında STEM'e (özellikle kızlar ve azınlık gruplar) yönelik ilgilerinde azalma veya tam bir ilgi eksikliği ve bunun gelecekte ortaöğretim sonrasında STEM ile ilişkili alanlara başvurularını etkilediğini gösteriyor (Pantoya et al., 2015; National Academies Press, 2011; STEM Smart, 2013).

### **Tartışma ve Sonuç**

Van der Gaag ve diğ. (2017) uygunsuz kimlik durumlarına veya yollarına yönelenleri belirlemenin gerekli olduğunu iddia etmektedir. Bugün, hem "Sızan STEM boru hattı"nı düzeltmeyi hedef alan araştırma ve girişimler hem de STEM kimliği üzerine araştırmalar çoğunlukla ergenlikle ilgili bir gelişim olan kimlik gelişimi görevi olarak görüldüğünden ortaokul ve üstü çocuklara odaklanmaktadır. Ancak, çocukların STEM'e ve bir STEM öğreneni olarak kendilerine karşı olan tutumları erken yaşta oluşur (Early Childhood STEM Working Group, 2017; Saucerman&Vasquez, 2014). Ve "sızan STEM boru hattı" metaforunda yakalananlar, çocukların okullarda erken yaşta STEM eğitimi almaları ile gelecekte STEM ile alakalı alanlara giren öğrencilerin sayısının yükselme potansiyeline odaklanma fikridir (Porfeli, Hartung, & Vondracek, 2008). Bu durum son eğitim politikası raporlarında ABD'de erken çocukluk eğitim kurumlarının geleneksel olarak küçük çocukların okuryazarlık gelişimini (biraz da matematik) geliştirmeye odaklandığı, şimdi ise erken yaşta STEM öğrenimine daha fazla / eşit vurgu yapılması (yani STEM Smart, 2013; Early STEM Working Group, 2017) gerektiği şeklinde dile getirilmiştir.

Küçük çocuklara yapılan ılımlı yönlendirmelerin STEM (Early Childhood STEM Working Group, 2017), hakkında olumlu düşünce yapılarını desteklediği görülmekle ilk bulgular çocukların erken STEM kimliklerinin bilim adamı ve mühendis rolünü benimseyerek işbirliğine dayalı bilimsel araştırmalar vasıtasıyla formüle edilebileceğini göstermektedir (Reveles, Cordova, & Kelly, 2004; Pantoya et al., 2015). Yine de anlamlı ve ilgi çekici STEM eğitimleri esnasında rol alma, sosyal etkileşimin yeni şekilleri ve yeni kişisel ifade araçlarını güçlendirmeyi amaçlayan mevcut ve gelişmekte olan erken çocukluk STEM çalışmalarını

---

<sup>1</sup> ABD'de öğrenim seviyesi yükseldikçe STEM alanlarına ilginin azalması ile ilgili oluşturulan metaforu ifade eden tamlamadır. Bu tamlamanın göstergesi olan şekil EK-1'te sunulmuştur (Çeviren Notu).

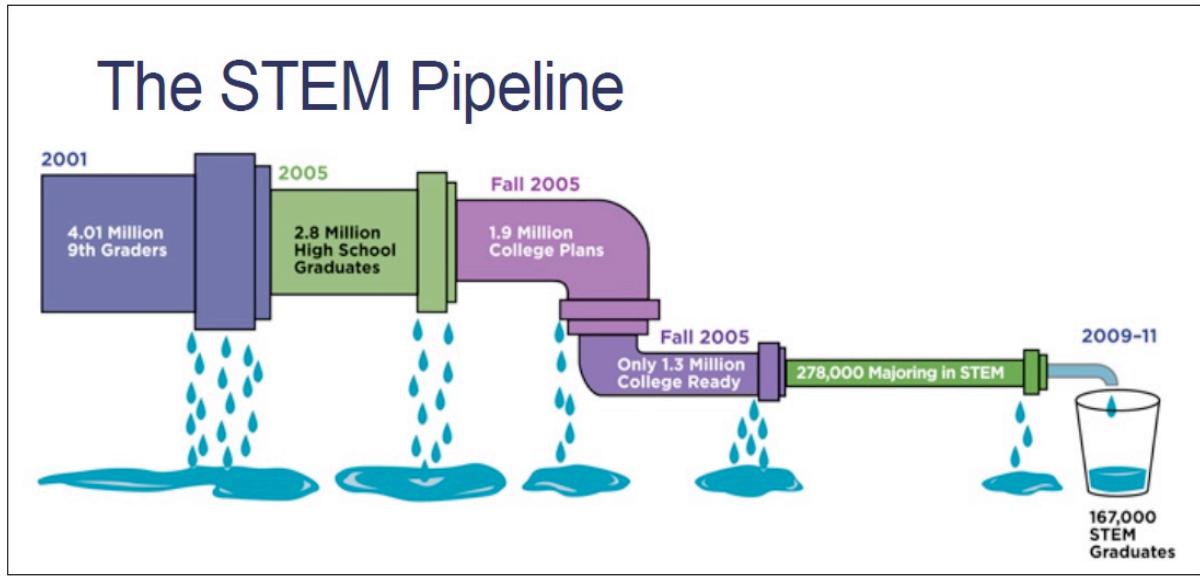
değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Eğer herkes için başarıyı amaçlıyorsak - tüm akademik derslerde tüm öğrenciler - benzer şekilde araştırmacı ve eğitimciler, küçük çocukların erken STEM kimliği gelişimi ve erken çocukluk eğitim kurumlarında erken çocukluk STEM eğitimi almaları için daha büyük bir rol geliştirmeye ilgilenmelidir.

### **Kaynakça**

- Bassok, D., Latham, S. & Rorem, A. (2016). Is kindergarten the new first grade?. AERA Open, available at: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2332858415616358> (accessed 28 December 2019).
- Beier, M. E. & Rittmayer, A. D. (2008). Literature overview: motivational factors in STEM: interest and self-concept. SWE-AWE-CASEE ARP resources, available at: [https://www.engr.psu.edu/AWE/misc/ARPs/ARP\\_SelfConcept\\_Overview\\_122208.pdf](https://www.engr.psu.edu/AWE/misc/ARPs/ARP_SelfConcept_Overview_122208.pdf) (accessed 30 December 2019).
- Cheryan, S., Master, A. & Meltzoff, A. N. (2015). Cultural stereotypes as gatekeepers: increasing girls' interest in computer science and engineering by diversifying stereotypes. *Frontiers in Psychology*, 6, 1-8.
- Crespo, M. N., Kraatz, E. & Pallansch, L. (2014). From fearing STEM to playing with it: the natural integration of STEM into the preschool classroom. *SRATE Journal*, 23(2), 8-16.
- Davies, B. & Harré, R. (2008). Positioning: the discursive production of selves. *Journal for the Theory of Social Behavior*, 20, 43-63.
- DeJarnette, N. K. (2018). Implementing STEAM in the early childhood classroom. *European Journal of STEM Education*, 3(3), 18. available at: (accessed 14 October 2019). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1190735.pdf>
- Dunham, N. (2016). Student academic identity and early childhood field-based initial teacher education. AARE Conference 2016, available at: (accessed 14 October 2019). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED591856.pdf>
- Early Childhood STEM Working Group (2017). Early stem matters, providing high-quality stem experiences for all young learners: a policy report by the early childhood stem working group. Erikson Institute. available at: (accessed 14 October 2019). [http://d3lwefg3pyezlb.cloudfront.net/docs/Early\\_STEM\\_Matters\\_FINAL.pdf](http://d3lwefg3pyezlb.cloudfront.net/docs/Early_STEM_Matters_FINAL.pdf)
- Erikson, E. H. (1994). *Identity: Youth and Crisis*. New York: W. W. Norton.
- Gerde, H. K., Peirce, S. J., Lee, K. & Van Egren, L. A. (2017). Early Childhood educators' self-efficacy in science, math, and literacy instruction and science practice in the classroom. *Early Education and Development*, 29(1), 70-90.
- Hachey, A. C. (2013). The early childhood education mathematics revolution. *Early Education and Development*, 24(4), 419-430.
- Hawkins, M. R. (2005). Becoming a student: identity work and academic literacies in early schooling. *Tesol Quarterly*, 39(1), 59-80.

- Kaplan, A. & Garner, J. K. (2017). A complex dynamic systems perspective on identity and its development: the dynamic systems model of role identity. *Developmental Psychology, 53*(11), 2036-2051.
- Kaplan, A., Sinai, M. & Flum, H. (2014). Design-based Interventions for Promoting Students' identity exploration with the school curriculum. In S. A. Karabenick & T. C. Urdan (Eds.), *Advances in motivation & achievement* (Vol. 18, pp. 243–291). Bingley, UK: Emerald Group.
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M. & Seyranian, V. (2018). Developing a STEM identity among young women: a social identity perspective. *Review of Educational Research, 20*(10), 1-37.
- Langer-Osuna, J. M. & Nasir, N. S. (2016). Rehumanizing the “other” race, culture, and identity in education research. *Review of Research in Education, 40*(1), 723-743.
- Martin, C. L. & Ruble, D. (2004). Children's search for gender cues: cognitive Perspectives on gender Development. *Current Directions in Psychological Science, 13*(2), 67-70.
- Martin-Hansen, L. (2018). Examining ways to meaningfully support students in STEM. *International Journal of STEM Education, 5*, 53.
- National Academies Press (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington DC: National Academic Press.
- Pantoya, M. E., Aguirre-Munoz, Z. & Hunt, E. M. (2015). Developing an engineering identity in early childhood. *Journal of Engineering Education, 6*(2), 61-68.
- Phinney, J. S. (1990). Ethnic identity in adolescents and adults: review of research. *Psychological Bulletin, 108*, 499-514.
- Porfeli, E. J., Hartung, P. J. & Vondracek, F. W. (2008). Children's vocational development: a research rationale. *The Career Development Quarterly, 57*, 25-37.
- Reveles, J. M., Cordova, R. & Kelly, G. J. (2004). Science literacy and academic identity formation. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 1111-1144.
- Saucerman, J. & Vasquez, K. (2014). Psychological barriers to STEM participation for women over the course of development. *Adultspan Journal, 13*(1), 46-64.
- STEM Smart: Lessons Learned from Successful Schools (2013). Nurturing stem skills in young learners, prek–3. stem smart brief-early childhood learning. Washington DC, available at: <http://docplayer.net/7429009-Stem-smart-brief-stem-smart-lessons-learned-from-successful-schools.html> (accessed 26 February 2019).
- Talafian, H., Moy, M. K., Woodard, M. A. & Foster, A. N. (2019). STEM identity exploration through an immersive learning environment. *Journal for STEM Education Research, 2*, 105-127.
- Tao, Y. (2019). Kindergarten teachers' attitudes toward and confidence for integrated STEM education. *Journal for STEM Education Research, 2*, 154-171.
- Van der Gaag, M. A. E., Albers, C. J. & Kunnen, E.S. (2017). Micro-level mechanisms of identity development: the role of emotional experiences in commitment development. *Developmental Psychology, 53*(11), 2205-2217.

**EK 1. Sızan STEM Boru Hattı**



Şekil. President's Council of Advisors on Science and Technology. (2012). "Table C-6, The STEM pipeline" in Engage to excel: Producing one million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics. Washington, DC'den aktaran Ahn, J. N., Luna-Lucero, M., Lamnina, M., Nightingale, M., Novak, D., & Lin-Siegler, X. (2016). Motivating students' STEM learning using biographical information. *International Journal of Designs for Learning*, 7(1), 71-85.