

Probleme Dayalı STEM Etkinliklerinin Öğretmen adaylarının STEM Kavramlarına Yönelik Bilişsel Yapılarının Gelişimine Etkisinin İncelenmesi*

Seyyit Altunışık^{1**}, Didem İnel Ekici²

¹Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye, seyyit.altunisik@usak.edu.tr, ORCID ID: [0000-0003-0254-2500](https://orcid.org/0000-0003-0254-2500)

²Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye, dideminel@gmail.com, ORCID ID: [0000-0002-4668-7894](https://orcid.org/0000-0002-4668-7894)

MAKALE GEÇMİŞİ

Alındı: 13.05.2022

Kabul Edildi: 21.11.2022

ANAHTAR KELİMELER

STEM, Probleme Dayalı Öğrenme

ÖZET

Probleme dayalı STEM eğitimi, öğrencilerin farklı disiplinlere ilişkin bilgileri ve yaşam boyu öğrenme becerilerini kullanarak günlük hayattan bir problemi çözme sürecinde öğrenmelerini amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu çalışmanın amacı probleme dayalı STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM kavramlarına ilişkin bilişsel yapılarının gelişimine etkisini incelemektir. Araştırmada tek grup ön test- son test yarı deneysel desen kullanılmış ve 12 hafta süren uygulamalar boyunca STEM etkinlikleri kullanılarak dersler işlenmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak kelime ilişkilendirme testi (KİT) uygulanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu üçüncü sınıfta öğrenim görmekte olan 27 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın sonuçları deneysel uygulama sonrasında öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının zenginleştiğini göstermektedir. Çalışmada öğretmen adayları, deneysel uygulama öncesinde STEM kavramları arasında ilişki kurmakta güçlük çekerken, deneysel uygulama sonrasında kavramlar arasında daha iyi ilişkiler kurmuşlardır.

Investigation of the Effects of Problem-Based STEM Activities on the Development of Pre-service Teachers' Cognitive Structures for STEM Concepts*

ARTICLE HISTORY

Received : 13.05.2022

Accepted : 21.11.2022

KEYWORDS

STEM, Problem based learning

ABSTRACT

Problem-based STEM education is an approach that aims for students to learn in the process of solving a problem from daily life by using their knowledge of different disciplines and lifelong learning skills. This study aimed to investigate the effect of problem-based STEM activities on the development of pre-service science teachers' cognitive structures related to STEM concepts. In this study, a one group pretest-posttest quasi experimental design was utilized, and the courses were taught by using STEM activities during the 12-week. The word association test (WAT) was used as a data collection tool. The participants of this study were 27 pre-service science teachers in the third grade of college. The results showed that pre-service teachers' cognitive structures regarding STEM concepts developed after the implementation. While pre-service teachers had difficulty establishing a relationship between STEM concepts before the implementation, they correlated better with the concepts after it.

*Bu çalışma, Seyyit Altunışık adlı yazarın yayınlanmamış doktora tezinden üretilmiştir. Ayrıca, 1-3 Aralık 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilen III. Uluslararası Eğitim Araştırmaları ve Öğretmen Eğitimi Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

**Sorumlu yazar : seyyit.altunisik@usak.edu.tr

Giriş

Eğitim, bireyleri hayata hazırlayarak yaşam boyu öğrenme becerileri kazanmalarını ve geliştirmelerini sağlayan önemli bir süreçtir (Bal & Bedir, 2021). Günümüzde eğitim programları sürekli olarak değişen ve gelişen dünyada öğrencilerin ihtiyaçlarına ve isteklerine karşılık verecek şekilde güncellenmektedir. Bu nedenle özellikle yeni nesilleri yetiştirecek ve güncel öğretim programlarını uygulayacak olan öğretmen adaylarının yetiştirilmesinde öğretmen eğitim programlarının etkililiğinin artırılmasına ve öğretmen yeterliklerinin kazandırılmasına büyük önem verilmektedir. Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri (2017) raporuna göre öğretmenlik, gelişime açık ve yüksek yeterlikler gerektiren bir meslek olarak tanımlanmaktadır. Fen eğitiminde de öğrencilere etkili iletişim, problem çözme, yaratıcılık, eleştirel düşünme gibi 21. yy. becerilerinin kazandırılması öğretmenlerden beklenen yeterliklerden biridir. Bu bağlamda, 2018 yılı Fen Bilimleri dersi öğretim programında öğrencilere kazandırılması hedeflenen beceriler 'Bilimsel Süreç Becerileri, Yaşam becerileri, Mühendislik ve Tasarım Becerileri' başlıkları şeklinde ifade edilmiştir.

Fen eğitimi, öğrencilere günlük hayattaki sorunlara çözümler geliştirmek, yaşam becerileri kazandırmak, bilimsel okur-yazarlık düzeylerini artırmak gibi amaçların yanında mühendislik uygulamaları hakkında temel bilgileri kazandırmak, girişimcilik becerilerini geliştirmek gibi hedefleri de kapsamaktadır (MEB, 2018). Bu amaçları gerçekleştirebilmek için kullanılan öğretim yaklaşımlarından biri STEM eğitimidir. STEM eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında gerçekleştirilen eğitim ve öğretim faaliyetlerini ifade etmektedir (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Bir başka ifadeyle STEM eğitimi, ifade edilen dört disiplinin entegre bir şekilde eğitimde kullanılması olarak tanımlanabilir.

Bilimsel okur-yazarlık, eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık gibi 21. yy becerilerinin hayatın merkezinde olduğu günümüzde ulusların başarısı, güvenliği ve liderlik konumları sadece teknolojinin ne kadar çok ya da iyi kullanıldığına bağlı değil, aynı zamanda STEM alanlarında yetişen insan gücü sayısına da bağlıdır (Hossain & Robinson, 2012). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin doğasına ilişkin farkındalık ve her disiplinden bazı temel kavramlara aşinalık olarak tanımlanan STEM okuryazarlığı tüm öğrenciler için bir eğitim önceliği olarak görülmektedir (Bybee, 2010). STEM eğitimi öğrencilere fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarında bilgi ve beceri kazandırırken aynı zamanda da öğrencilere yeni ürün ve buluşlar ortaya çıkarma fırsatı vermektedir (Bal & Bedir, 2021). Bybee (2013) STEM eğitiminin amacını, 21. yy yetkinliklerine sahip STEM okuryazarı bir toplum oluşturmaya odaklanmış çalışmalar şeklinde tanımlamaktadır. STEM eğitimi, barındırdığı disiplinler arasındaki engelleri ortadan kaldırarak, karmaşık bağlamsal problemlere çözümler üreten bir süreci ifade etmektedir. Öğrencilerin nitelikli bir STEM eğitimi alabilmeleri için öğretim programlarının ve değerlendirme yöntemlerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında teknoloji ve mühendisliği fen ve matematik müfredatlarına entegre etmek, bilimsel araştırma ve mühendislik tasarım süreçlerini kullanmak da öğrencileri STEM eğitime yönelik teşvik etmektedir (Kennedy & Odell, 2014). Ülkemizde de 2018 yılında güncellenen Fen Bilimleri öğretim programında 'Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları' başlığı altında STEM eğitime atıfta bulunmaktadır (MEB, 2018). Türkiye'deki bazı üniversitelerde STEM birimlerinin yürüttüğü projeler kapsamında öğretmenlere yönelik seminer ve atölye çalışmaları yapılmaktadır. Bununla birlikte bu çalışmalar genellikle öğretmenlere yönelik olduğu için, öğretmen adaylarının güncel ihtiyaçlara göre eğitim almaması eleştirilmektedir (Türk, Kalaycı & Yamak, 2018). Bu nedenle öğretmen adaylarının yetiştirilmesinde STEM uygulamalarının yapılması onların pedagojik bilgilerini geliştirerek öğretim programlarını verimli bir şekilde uygulayabilmeleri açısından önem taşımaktadır.

STEM eğitimi doğası gereği, süreç içerisinde iyi yapılandırılmamış gerçek dünya problemlerine ihtiyaç duyar (El Sayary, Forawi & Mansour, 2015). Benzer olarak probleme dayalı öğrenme de iyi yapılandırılmamış gerçek dünya problemlerine dayanan, bireyin bilişsel gelişimini ve ön bilgilerini sınanan bir öğrenme stratejisidir (Hung, Jonassen & Liu, 2008). Bu bağlamda STEM eğitiminde kullanılacak en iyi stratejilerden birinin probleme dayalı öğrenme (PDÖ) stratejisi olduğu söylenebilir (Harmer & Cates, 2007; LaForce, Noble & Blackwell, 2017). PDÖ problemi anlama ile çözme arasındaki bir döngü olarak tanımlanabilir. Problem tanımlandıktan sonra olası çözüm yolları araştırılır, en iyi olduğu düşünülen çözüm uygulanır ve test edilir. Çözüme ulaşılmazsa döngü tekrar başlar. Bu nedenle PDÖ, öğrencilerin problem çözme becerilerini ve özgüvenlerini geliştirmeleri açısından mühendislik ve diğer STEM disiplinleri için uygun bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Lou, Shih, Diez & Tseng, 2011).

Probleme dayalı STEM eğitiminde öğretmenlere düşen görevlerden biri Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerine yönelik temel düzeyde bilgi sahibi olmalarıdır. Ayrıca öğretmen ve öğretmen adaylarının mesleki gelişimleri için mühendislik okuryazarlık seviyelerinin de yüksek olması gerekmektedir (Christian, Kelly & Bugallo, 2021). Günümüzde ise öğretmen eğitim programlarında bu disiplinlere yönelik eğitim sınırlı düzeyde kalmaktadır (Teo & Ke, 2014). Derslerde uygulanan STEM yaklaşımı ile öğretmen adaylarının pedagojik bilgisi, içerik bilgisi ve temel mühendislik bilgisi geliştirilebilir. Bu nedenle özellikle öğretmen adaylarının hizmet

öncesinde STEM eğitime yönelik bilişsel yapılarının incelenmesi ve uygulamalı etkinlikler ile geliştirilmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı da probleme dayalı STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminin Fen, Mühendislik, Matematik, Tasarım, Girişimcilik ve Fen eğitimi alanlarını kapsayan kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının gelişimine etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda araştırmancının problem cümlesi “Probleme dayalı STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının gelişimine etkisi nedir? şeklinde ifade edilmiştir.

Yöntem

Bu araştırma 2019-2020 eğitim yılının güz döneminde bir devlet üniversitesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma 12 haftası uygulama olmak üzere toplam 14 hafta sürmüştür. Uygulama sürecinde araştırmacılar tarafından hazırlanan probleme dayalı STEM etkinlikleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan probleme dayalı STEM etkinliklerinde öğretmen adaylarına yarı yapılandırılmış çalışma kağıtları verilmiştir. Bu çalışma kağıtlarında gerçek hayat problemlerinin yer aldığı bir senaryo ve standart olarak her etkinliğe eklenen rehber sorular yer almaktadır. Her bir etkinlikte yer alan problemin çözümü için öğretmen adaylarının ‘Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik’ disiplinlerinden yararlanması gerekmektedir. Öğretmen adayları grup olarak çalıştıkları öğrenme sürecinde rehber sorular ile sorunlara ilişkin kendi çözüm yollarını çizmiş, kendi prototipleri üzerinde çalışmışlardır. Etkinlikler temel olarak ‘Enerjinin verimli kullanımı, topraksız tarım, donma noktasına etki eden faktörler ve basit makineler’ konularına ilişkin olarak hazırlanmıştır. Bu araştırma için, Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’nun 15.04.2020 tarihli 2020-01 nolu sayılı kararı ile etik kurul izin alınmıştır.

Araştırma Deseni

Araştırmada zayıf deneysel desenlerden biri olan tek grup ön test- son test yarı deneysel desen kullanılmıştır. Bu desende bir bağımsız değişkenin bir ya da daha fazla bağımlı değişken üzerindeki etkileri incelenir (Sönmez & Gülderen-Alacapınar, 2017: 58). Bu çalışmada kullanılan bağımsız değişken ‘Probleme Dayalı STEM eğitimi’, bağımlı değişken ise öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarıdır.

Katılımcılar

Araştırmancının çalışma grubunu 2019-2020 öğretim yılı güz döneminde 3. sınıf Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I dersini alan %70 (n=19)’i kadın ve %30 (n=8)’u erkek olmak üzere toplam 27 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif ve işbirliği halinde çalışabilmelerini sağlamak için Deneysel 1 (n=13) ve Deneysel 2 (n=14) olmak üzere iki ayrı sınıfta uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) kullanılmıştır. KİT öğrencilerin bilişsel yapılarını açığa çıkarmak ve bilişsel yapıdaki kavramlar arası ilişkileri incelemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Bahar, Johnstone & Sutcliffe, 1999). Testi oluşturan 6 anahtar kavram STEM eğitiminin içeriğini oluşturan ‘Fen, Matematik, Mühendislik, Girişimcilik, Tasarım’ ve ‘Fen eğitimi’ kavramlarıdır. ‘Fen Eğitimi’ kavramı, pedagojik bilginin önemi açısından öğretmen adaylarının STEM eğitimi ile fen eğitimi arasında kurdukları ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla kavramlar arasına eklenmiştir. Testte yer alacak kelimelerin seçiminde iki alan uzmanının görüşü alınmıştır. KİT’in uygulanması sürecinde öğretmen adaylarından her bir kavram için akıllarına gelen kelimeleri 45 saniye süre içerisinde kendilerine verilen forma yazmaları istenmiştir. Yapılan çalışmalarda bu sürenin 30 saniye ile 60 saniye arasında değiştiği görülmüştür (Bahar vd., 1999; Bahar & Özatlı, 2003; Ercan, Taşdere & Ercan, 2010; Demirel & Şaşmaz Ören, 2020).

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde deneysel uygulama öncesinde ve sonrasında elde edilen veriler kullanılarak her bir anahtar kavram için frekans değerleri hesaplanmıştır. Öğretmen adaylarının anahtar kavramlara yönelik bilişsel yapılarının incelenmesi ve görselleştirilmesi için şemalar oluşturulmuştur. Şemaların oluşturulmasında Bahar, Johnstone ve Sutcliffe (1999) tarafından ortaya konan ‘Kesme Noktası’ tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğe göre herhangi bir anahtar kavrama ilişkin verilen cevaplardan en yüksek frekanslı bir kelime seçilir. Bu frekans sayısının 3-5 sayı aşığı kesme noktası olarak belirlenir. Belirlenen kesme noktasının üstündeki frekansta olan kelimeler şemanın ilk bölümüne yerleştirilir. Kesme noktası belirli aralıklarla aşağı çekilerek bütün anahtar kavramlar şemada yer alana kadar işlem tekrarlanır.

Verilerin analizinde kullanılan bir diğer yöntem ise İlişkililik Katsayısı İndeksi (İKİ) yöntemidir. Bu yöntemde kavramlar arası ilişkiler katsayı olarak belirlenir ve bu katsayılara göre kavramlar arasında kuvvetli ya da zayıf ilişki

olduğu ifade edilir. Garskof ve Houston (1963) tarafından geliştirilen “İki” yöntemine göre her bir anahtar kavram için derece ve frekans tablosu oluşturularak anahtar kavram en tepede olacak şekilde en yüksek frekanstan en düşük frekansa doğru kelimeler sıralanır. En düşük frekanstan başlanarak her frekans değişiminde derece (sıra numarası) değiştirilir. Bu şekilde anahtar kavram en yüksek derece olmak üzere verilerin derecelendirilmesi yapılmış olur. Tablo 1’de Fen ile Matematik kavramları arasındaki “İki” değerinin hesaplanması amacıyla oluşturulan derece ve frekans tablosunun bir kısmı örnek olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Fen ile Matematik anahtar kavramları arasındaki “İki” değerinin hesaplanması amacıyla oluşturulan derece ve frekans tablosu*

Anahtar Kavram ve Cevap Kelimeler	Frekans	Dereceler	Anahtar Kavram ve Cevap Kelimeler	Frekans	Dereceler
FEN		14	MATEMATİK		12
Kimya	17	13	Sayılar	14	11
Biyoloji	17	13	Mühendislik	12	10
Fizik	16	12	Hesap	10	9
Teknoloji	16	12	Türev	10	9
Mühendislik	14	11	İntegral	8	8
Bilim	10	10	Toplama	7	7
Matematik	9	9	Çıkarma	7	7
Solunum	9	9	Fen	7	7

* Fen ile Matematik anahtar kavramlarına ilişkin en sık üretilen ilk sekiz cevap kelimenin derece ve frekans değeri örnek olarak sunulmuştur.

Kelime ilişkilendirme testi uygulamalarında “İki” değerinin hesaplanmasında dereceler hesaba katılmaktadır. İki kavram arasındaki “İki” değerini hesaplamak için ortak kelimelerin derecelerinin çarpımının toplamı, en yüksek dereceli anahtar kavrama verilen cevapların derecelerinin karelerinin toplamının bir eksiğine bölünür. Aşağıdaki örnekte uygulama sonrası Fen-Matematik anahtar kavramları arasındaki İki hesaplaması gösterilmiştir.

$$İki = \frac{\text{Ortak kelimelerin sıra numaralarının çarpımlarının toplamı}}{\text{En yüksek dereceli anahtar kavrama verilen cevapların derece karesi toplamı} - 1}$$

$$\text{Örnek Hesaplama İki} = \frac{14*7+13*1+12*1+12*6+11*10+10*1+9*12+7*3+5*1+2*1+2*1+1*1+1*2+1*1}{1717-1} = 457/1716=0,266$$

“İki” değeri 0 ile 1 arasında değer alabilir. ‘0’ a yaklaşırken iki kavram arasında ilişkinin az olduğu, ‘1’e yaklaşırken ise iki kavram arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu söylenebilir (Bahar, Johnstone & Sutcliffe, 1999; Garskof & Houston, 1963). Verilerin analizinde güvenilirliğin sağlanması amacıyla 2 alan uzmanı verileri analiz etmiştir. İlk olarak uzmanlar ayrı olarak verileri anahtar kavramlara verilen cevaplar olarak düzenlemiştir. Daha sonra bir araya gelip farklılıklar değerlendirilmiştir. Farklı frekanstaki cevap kelimeler orijinal veri setlerine bakılarak kontrol edilmiş ve frekansların doğruluğu sağlanmıştır. Aynı süreç 2 hafta sonra tekrar edilmiş ve anahtar kavramlar ve frekanslar arasında tam uyum sağlanmıştır.

Verilerin Görselleştirilmesi

Çalışmada verilerin görselleştirilmesinde şemalar kullanılmıştır. Şemalarda anahtar kavramlar ‘Köşeli’, anahtar kavramlara yönelik üretilen kelimeler ise ‘dairesel’ şekiller ile gösterilmiştir. Şemalarda yer alan okların yönü anahtar kavrama yönelik üretilen anahtar kavramları göstermektedir. Örnek olarak ‘Mühendislik’ anahtar kavramına yönelik ‘Matematik ve Tasarım’ anahtar kavramları cevap kelime olarak üretilmiştir. Aşağıdaki tabloda şemalarda yer alan şekillerin renklerinin ifade ettikleri kesme noktaları sunulmuştur.

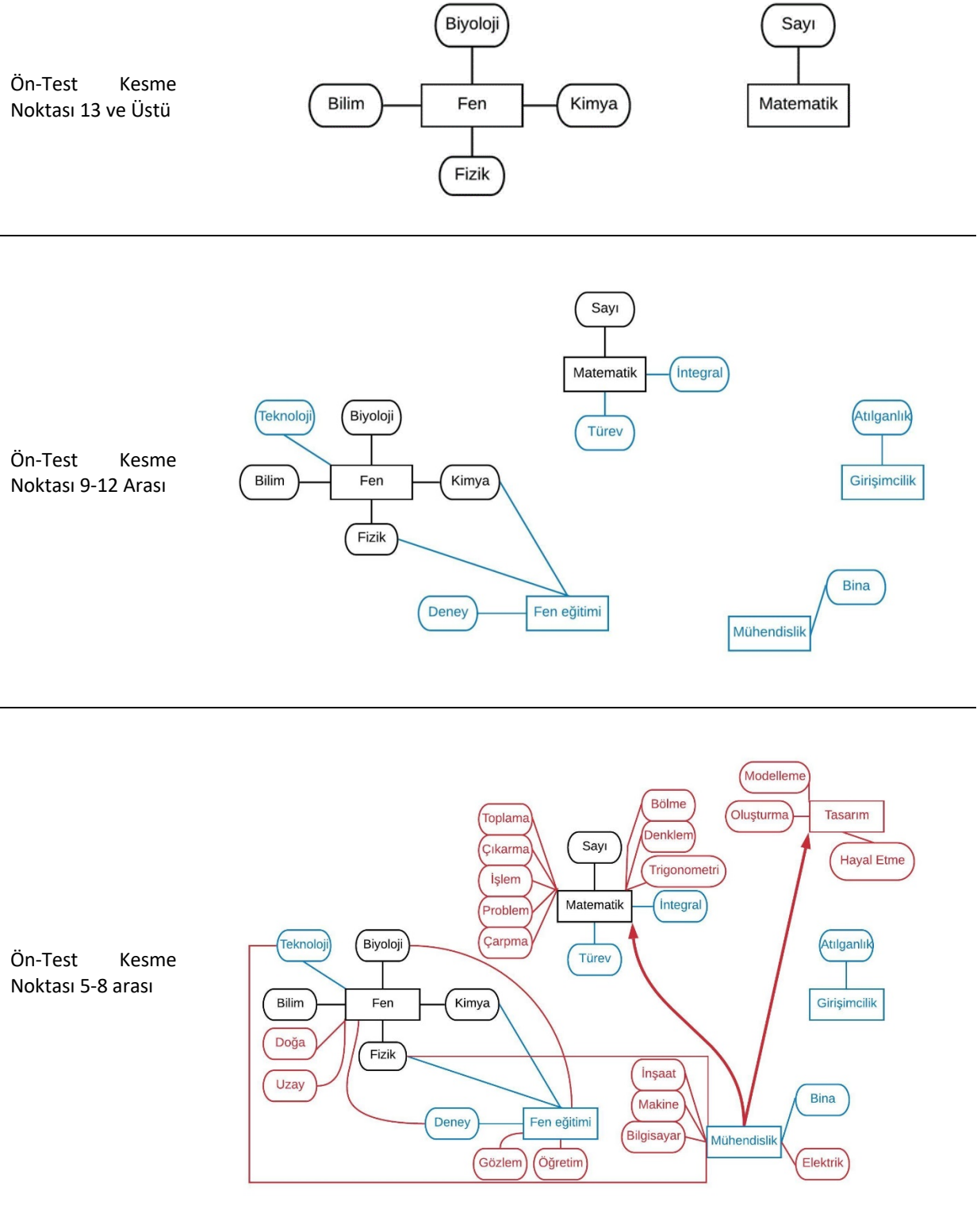
Tablo 2. Şemalarda yer alan şekillerin renkleri ve ifade ettiği aralıklar

Renkler	Kesme Noktası Aralığı
Siyah	K.N. 13 ve üstü
Mavi	K.N. 9-12 arası
Kırmızı	K.N. 5-8 arası

Bulgular

Probleme dayalı STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının gelişimine etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada öncelikle uygulama öncesinde öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi verilerinin analiz sonuçlarına göre Tablo 3 de yer alan şemalar oluşturulmuştur.

Tablo 3. Uygulama öncesi KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar

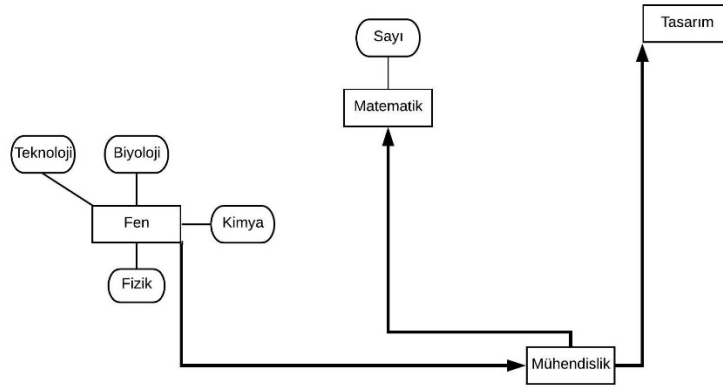


Tablo 3'deki ilgili şemalar incelendiğinde kesme noktası 13 ve üstü aralığında öğretmen adaylarının deneysel uygulama öncesinde sadece 'Fen ve Matematik' anahtar kavramlarına yönelik kelimeler ürettikleri görülmektedir. Öğretmen adayları tarafından 'Mühendislik, Tasarım, Girişimcilik ve Fen Eğitimi' anahtar kavramlarına yönelik deneysel uygulama öncesinde kelime üretilmemiştir. 'Fen' anahtar kavramına yönelik ise 4, 'Matematik' anahtar kavramına yönelik 1 kelime üretilmiştir. Öğretmen adaylarının deneysel uygulama öncesinde kesme noktası 9-12 aralığında 'Fen ve Matematik' anahtar kavramlarının yanında 'Fen Eğitimi, Mühendislik ve Girişimcilik' anahtar kavramlarına yönelik kelimeler ürettikleri de görülmektedir. 'Fen Eğitimi' ve 'Fen' anahtar kavramlarına yönelik üretilen cevaplardan 'Fizik ve Kimya' kelimeleri her iki anahtar kavram ile ilişkilendirilmiştir. Bu aralıkta 'Fen' anahtar kavramı için 1, 'Matematik' için 2, 'Fen Eğitimi' için 3, 'Girişimcilik' için 1, 'Mühendislik' için 1 kelime üretilmiştir. Anahtar kavramların tamamına ise 5-8 arası kesme noktası aralığında cevap kelime üretilmiştir. İlgili aralıkta yer alan şema incelendiğinde 'Mühendislik' anahtar kavramı ile 'Matematik' ve 'Tasarım' anahtar kavramları arasında doğrudan ilişki kurulduğu görülmektedir. 'Fen' için 3, 'Matematik' için 8, 'Mühendislik' için 8, 'Fen Eğitimi' için 3, 'Tasarım' için 3 cevap kelime üretilmiştir.

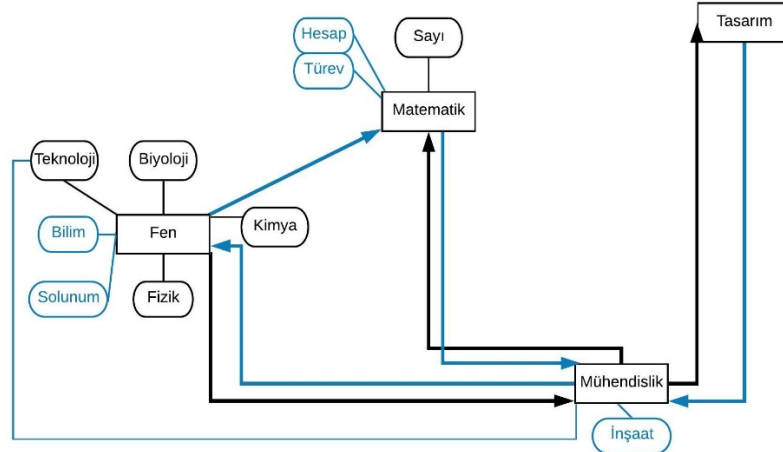
Tablo 4 deneysel uygulama sonrasında öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi verilerinin analiz sonuçlarına göre oluşturulan şemaları göstermektedir.

Tablo 4. Uygulama sonrası KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar

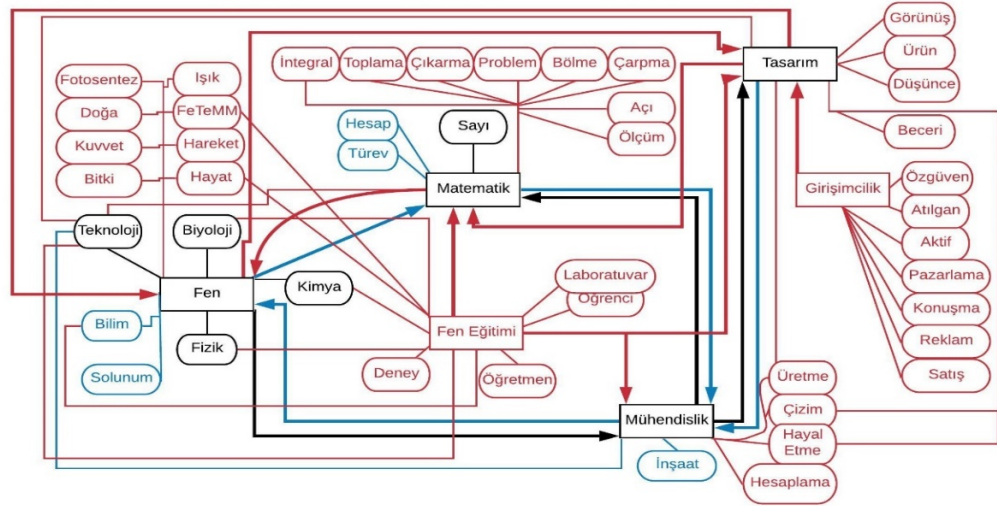
Son-Test Kesme
Noktası 13 ve
Üstü



Son-Test Kesme
Noktası 9-12
Arası



Son-Test Kesme
Noktası 5-8 arası



Öğretmen adayları, deneysel uygulama sonrasında kesme noktası 13 ve üstü aralığında 'Fen, Matematik, Mühendislik' anahtar kavramlarına yönelik kelimeler üretmişlerdir. 'Fen' için 5, 'Matematik' için 1, 'Mühendislik' için 2 kelime üretilmiştir. 'Tasarım' anahtar kavramı 'Mühendislik' anahtar kavramına yönelik cevap kelime olarak üretilmiştir. Öğretmen adayları kesme noktası 13 ve üstü aralığında yer alan anahtar kavramların dışında kesme noktası 9-12 aralığında farklı bir anahtar kavram için cevap kelime üretmemişlerdir. 'Mühendislik' anahtar kavramına yönelik ise 'Fen', 'Fen'e yönelik 'Matematik' 'Matematik ve Tasarıma yönelik 'Mühendislik' anahtar kavramı cevap kelime olarak sunulmuştur. 'Fen' anahtar kavramı için 3, 'Matematik' için 3, 'Mühendislik' için 3, 'Tasarım' için 1 cevap kelime üretilmiştir. Deneysel uygulama sonrasında bütün anahtar kavramları kapsamı açısından üretilen kelimelerin en fazla; fakat frekanslarının en az olduğu aralık kesme noktası 5-8 aralığıdır. İlgili şema incelendiğinde anahtar kavramlar arasında farklı aralıklarda karşılıklı ilişkiler kurulduğu görülmektedir. Fen ile Matematik (mavi ve kırmızı), Fen ile Mühendislik (siyah ve mavi), Matematik ile Mühendislik (siyah ve mavi), Mühendislik ile Tasarım (siyah ve mavi), Fen ile Tasarım (kırmızı ve kırmızı) arasında karşılıklı ilişkiler kurulmuştur. 'Fen' anahtar kavramı için 9, 'Matematik' için 10, 'Mühendislik' için 4, 'Fen Eğitimi' için 14, 'Tasarım' için 10, 'Girişimcilik' için 8 cevap kavram üretilmiştir.

Tablo 5 öğretmen adaylarının deneysel uygulama öncesinde STEM kavramları arasında kurdukları ilişkinin düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan ilişkililik katsayıları değerlerini göstermektedir.

Tablo 5. Ön test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları tablosu

	Matematik	Mühendislik	Girişimcilik	Tasarım	Fen Eğitimi
Fen	0,06	0,32	0,04	0,10	0,55
Matematik		0,11	0,02	0,03	0,05
Mühendislik			0,06	0,21	0,35
Girişimcilik				0,11	0,05
Tasarım					0,21

Tablo 5 incelendiğinde anahtar kavramlar arasındaki İKİ değerleri görülmektedir. Buna göre en düşük İKİ değeri 'Matematik ve Girişimcilik (İKİ = 0,02)' ve 'Matematik ve Tasarım (İKİ = 0,03)' anahtar kavramları arasındadır. En yüksek İKİ değeri ise 'Fen ve Fen Eğitimi (0,55)' anahtar kavramları arasındadır. Deneysel uygulama öncesi kelime ilişkilendirme testi verileri ile elde edilen ilişkililik katsayıları kullanılarak oluşturulan şemalar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Ön test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema

İlişkililik Katsayısı Aralığı	Anahtar Kavramlar
0.4 ve üstü	<pre> graph LR Fen[Fen] --- FE[Fen Eğitimi] </pre>
0.4-0.3 arası	<pre> graph TD Fen[Fen] --- FE[Fen Eğitimi] Fen --- Muh[Mühendislik] FE --- Muh </pre>
0.3-0.2 arası	<pre> graph TD Fen[Fen] --- FE[Fen Eğitimi] FE --- Tas[Tasarım] Fen --- Muh[Mühendislik] FE --- Muh Tas --- Muh </pre>
0.2-0.1 arası	<pre> graph TD Fen[Fen] --- FE[Fen Eğitimi] FE --- Tas[Tasarım] Fen --- Muh[Mühendislik] FE --- Muh Tas --- Muh Tas --- G[Girişimcilik] Muh --- Mat[Matematik] </pre>

Deneysel uygulama öncesinde elde edilen verilere ilişkin İKİ değerleri öğretmen adaylarının en güçlü ilişkiyi 'Fen' ve 'Fen Eğitimi' anahtar kavramları arasında kurduklarını göstermektedir (İKİ 0,4 ve üstü). İKİ 0.4-0.3 aralığında 'Mühendislik-Fen' ve 'Mühendislik-Fen Eğitimi' anahtar kavramları arasında ilişki kurulmuştur. İKİ 0.3-0.2 aralığında 'Tasarım-Fen Eğitimi' ve 'Tasarım-Mühendislik' anahtar kavramları arasında ilişki kurulduğu görülmektedir. En zayıf ilişkinin 0.2-0.1 aralığında 'Tasarım-Girişimcilik' ve 'Tasarım-Fen' anahtar kavramları arasında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7 öğretmen adaylarının deneysel uygulama sonrasında STEM kavramları arasında kurdukları ilişkinin düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan ilişkililik katsayıları değerlerini göstermektedir.

Tablo 7. Son Test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları tablosu

	Matematik	Mühendislik	Girişimcilik	Tasarım	Fen Eğitimi
Fen	0,26	0,33	0,04	0,24	0,37
Matematik		0,37	0,04	0,25	0,20
Mühendislik			0,18	0,69	0,41
Girişimcilik				0,21	0,12
Tasarım					0,35

Uygulama sonrası elde edilen İKİ değerlerine göre en düşük İKİ değerinin 'Matematik ve Girişimcilik (İKİ = 0,04)' ve 'Fen ve Girişimcilik (İKİ = 0,04)' anahtar kavramları arasında olduğu görülmektedir. En yüksek İKİ değeri 'Mühendislik ve Tasarım (İKİ = 0,69)' anahtar kavramları arasındadır.

Deneysel uygulama sonrası kelime ilişkilendirme testi verileri ile elde edilen ilişkililik katsayıları kullanılarak oluşturulan şemalar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Son test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema

İlişkililik Katsayısı Aralığı	Anahtar Kavramlar
0.4 ve üstü	
0.4-0.3 arası	
0.3-0.2 arası	
0.2-0.1 arası	

Deneysel uygulama sonrasında elde edilen verilere ilişkin İKİ değerleri öğretmen adaylarının ‘Fen-Mühendislik’ ve ‘Mühendislik-Tasarım’ anahtar kavramları arasında güçlü bir ilişki kurduklarını göstermektedir (İKİ 0.4 ve üstü). İKİ 0.4-0.3 aralığında ‘Fen Eğitimi-Tasarım’, ‘Fen-Fen Eğitimi’, ‘Fen-Mühendislik’ ve ‘Mühendislik-Matematik’ anahtar kavramları arasında bir alt aralıktan daha güçlü ilişki kurulduğu görülmektedir. İKİ 0.3-0.2 aralığında ‘Girişimcilik’ anahtar kavramı şemaya dahil olmuş ve sadece ‘Tasarım’ anahtar kavramı ile ilişki kurulmuştur. Bunun yanında ‘Fen-Tasarım’, ‘Fen-Matematik’, ‘Matematik-Tasarım’ ve ‘Fen Eğitimi-Matematik’ anahtar kavramları arasında da ilişki kurulmuştur. İKİ 0.2-0.1 aralığında ise ‘Fen Eğitimi-Girişimcilik’ ve ‘Mühendislik-Girişimcilik’ anahtar kavramları arasında zayıf ilişkilerin kurulduğu görülmektedir.

Özet olarak, bulgular incelendiğinde öğretmen adaylarının deneysel uygulama sonrası anahtar kavramlara yönelik ürettikleri cevap kelimelerin zenginleştiği ve anahtar kavramlar arasında kurdukları ilişkilerin geliştiği

görülmektedir. Bu bağlamda uygulanan probleme dayalı STEM etkinliklerinin öğretmen adayları üzerinde olumlu yönde etkileri olduğu söylenebilir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada probleme dayalı STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının gelişimine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Deneysel uygulama sonrasında öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının zenginleştiği söylenebilir. Uygulama sürecinde öğretmen adayları probleme dayalı STEM etkinlikleri uygulamaları gerçekleştirmişler ve deneyim kazanmışlardır. Araştırmaları sonucunda elde ettikleri bilgileri ve yaşam boyu öğrenme becerilerini kullanarak ürünler tasarlamışlar ve geliştirdikleri ürünleri sunmuşlardır. Bu süreç öğretmen adaylarının söz konusu STEM kavramlarına ilişkin daha fazla bilgi edinmelerine ve bu bilgileri zihinlerinde anlamlı ve kalıcı bir formda yapılandırmalarına imkan tanımıştır. Çünkü STEM etkinlikleri araştırarak, sorgulayarak, işbirliği yaparak öğrenmeye katkı sağlamakta, öğrencilerin yaratıcı fikirler geliştirerek ürünler tasarlamalarına yardımcı olmaktadır. STEM eğitimi öğrencilere tasarımlar modelleme ve bu tasarımları gerçekleştirme fırsatları vermektedir (Li vd., 2019). Bu nedenle deneysel uygulama sonrasında öğretmen adaylarının bilgi yapılarının zenginleşmesine bağlı olarak kelime ilişkilendirme testinde daha fazla kelime üretebildikleri düşünülmektedir. Yapılan araştırmalarda da öğretmen adayları ile gerçekleştirilen STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının kavramsal bilgilerinin gelişmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Yıldırım & Altun, 2015; Eckman, Williams & Silver Thorn, 2016; Gökbayrak & Karışan, 2017; Büyükdede & Tanel, 2018; Milner Bolotin, 2018).

Bununla birlikte çalışmada öğretmen adaylarının kelime üretmekte zorlandıkları kavramlar da yer almaktadır. Uygulama öncesinde öğretmen adayları ‘Tasarım ve Girişimcilik’ anahtar kavramlarına yönelik, uygulama sonrası sadece ‘Girişimcilik’ anahtar kavramına yönelik kelime üretmekte zorlanmışlardır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ‘Mühendislik’ kavramı ile ilgili bilişsel yapılarının incelendiği bir çalışmada (Kızılay, 2018), STEM disiplinlerinden olan ‘Mühendislik’ kavramıyla ilişkilendirmekte zorlanılan kavramlar arasında ‘Tasarım’ kavramı yer almaktadır. Bu çalışmada uygulama sonrası ‘Tasarım’ anahtar kavramına yönelik cevap kelime üretmede artış olmuş ve diğer anahtar kavramlar ile ilişkilendirme artmıştır. Buna karşın uygulama öncesi ve sonrasında ‘Girişimcilik’ anahtar kavramına yönelik kelime üretmekte zorlanılmış ve diğer anahtar kavramlar ile zayıf ilişkiler kurulmuştur. Bu sonucun aksine, yapılan çalışmalarda STEM uygulamalarının katılımcıların girişimcilik kavramına yönelik algı düzeylerini arttırdığı ifade edilmektedir (Kendaloğlu, 2021; Turgutalp, 2021; Şirin & Çelikkıran, 2021). Girişimcilik günümüzde farklı alanlarda yenilikçi üretimlerin yapılmasında, bireylerin yaratıcı fikirler üretmek toplumların kalkınmasına katkı sağlamasında gerekli ve önemli becerilerdendir (Mwasiaji, Mambo, Mse & Okumu, 2021). Bu nedenle fen öğretim programında da öğrencilere kazandırılması hedeflenen becerilerden biri olarak değerlendirilebilir. Tasarlanan ve geliştirilen bir ürünün tanıtımının yapılması ve pazarlanması süreçleri girişimcilik becerilerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu araştırmada da öğretmen adayları her bir probleme dayalı STEM etkinliği sonunda bir ürün tasarlamışlar ve tasarladıkları ürünleri arkadaşlarına çeşitli videolar ile de destekleyerek hazırladıkları reklamlar yoluyla sunmuşlardır. Bu süreçte geliştirilen ürünler bir prototip olduğu için ürünlerin eksik ve hatalı yönleri de bulunmaktadır. Bu nedenle uygulama sürecinde girişimcilik uygulamaları sınırlı düzeyde gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler ürünlerini tasarlamışlar ancak üretim ve pazarlama aşamasına bu süreçte erişememişlerdir. Bu nedenle gerçekleştirilen uygulamaların öğretmen adaylarının girişimcilik yönüne yönelik bilgi ve farkındalıklarının gelişmesine sınırlı oranda katkı sağladığı düşünülmektedir.

Araştırmanın bir diğer sonucu deneysel uygulama öncesinde öğretmen adaylarının STEM kavramları arasında ilişki kurmakta güçlük çekmeleridir. Öğretmen adaylarının uygulama öncesinde en güçlü ilişki kurdukları iki kavram ‘Fen’ ve ‘Fen Eğitimi’ kavramlarıdır. Çalışmada katılımcı olarak 3. sınıf fen bilgisi öğretmen adayları yer almıştır. Öğretmen adayları eğitim fakültesinde öğrenim gördükleri süreç boyunca fen ve fen eğitimine yönelik birçok kuramsal ve uygulamalı dersler almışlardır. İlgili eğitim ve fen disiplinlerine yönelik alan derslerinde öğretmen adayları bilgi ve beceriler edinmişlerdir. Edinilen bu yeni bilgiler ile var olan bilgilerini ilişkilendirerek zihinlerinde bir kavramsal yapı oluşturduklarını söylemek mümkündür. Bu nedenle deneysel uygulama öncesinde bu iki önemli kavram arasında öğretmen adaylarının ilişki kurabildikleri düşünülmektedir. Literatürde de fen bilgisi öğretmenliği programlarında öğretmen eğitimi sürecinde öğretmen adaylarının fen eğitimine yönelik yeni pedagojik yaklaşımlara ilişkin bilgilerini zenginleştirebildikleri vurgulanmaktadır (Meriç & Tezcan, 2005; Kartal, Yamak & Kavak, 2017). Bununla birlikte öğretmen adaylarının almış oldukları eğitimler sırasında STEM uygulamaları ile karşılaşmadıkları ya da sınırlı düzeyde bilgi sahibi oldukları için ilgili kavramlar arasında deneysel uygulama öncesinde ilişki kuramadıkları düşünülmektedir. STEM uygulamalarının öğretmen eğitimi programlarında sınırlı düzeyde yer aldığına ya da etkin kullanılmadığına ilişkin sorunlar çalışmalarda da rapor edilmektedir (Alaylı, 2021; Çınar & Terzi, 2021). Gerçekleştirilen deneysel uygulama sonrasında ise öğretmen adaylarının STEM kavramları arasında ilişkiler kurabildikleri belirlenmiştir. Öğretmen adayları özellikle ‘Fen’ ve

“Mühendislik”, “Mühendislik” ve “Tasarım” kavramları arasında güçlü bir ilişki kurmuşlardır. Süreç içerisinde gerçekleştirilen bir problem durumunun çözümüne yönelik düşünme etkinliklerini kapsayan, fen kavram ve ilkelerini temel alarak bir ürün tasarımı gerektiren uygulamalar öğretmen adaylarının mühendislik ve tasarım becerilerini aktif ve yoğun olarak kullanmalarını gerektirmiştir. Bu etkinlikler ile öğretmen adayları bu becerilerini geliştirmişler ve bu iki kavram arasındaki ilişkiyi yaparak yaşayarak deneyimlemişlerdir. Yapılan çalışmalarda da STEM uygulamalarının öğrencilerin özellikle mühendislik ve tasarım becerilerinin geliştirilmesine olumlu yönde katkı sağladığı belirlenmiştir (Çınar, Pırasa, Uzun & Erenler, 2016; Fan & Yu, 2017; Popa & Ciascai, 2017; Tarkın-Çelikkıran & Aydın-Günbatır, 2017; Chiang, Chang, Wang, Cai & Li, 2020).

Sonuç olarak bu araştırmada STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM kavramlarına yönelik bilişsel yapılarını zenginleştirdiği söylenebilir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre öğretmen eğitim programlarında STEM uygulamaları gerçekleştirilmeden önce STEM disiplinlerinin kavramsal ilkelerine ilişkin öğretmen adaylarına teorik eğitimlerin verilmesi önerilebilir. Ayrıca öğretmen adaylarının girişimcilik konusundaki bilgi ve farkındalıklarının artırılması amacıyla ders içeriklerine uygun olacak şekilde çeşitli etkinliklerin yapılmasının da nitelikli öğretmenlerin yetiştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Alaylı, A. (2021). *STEM (FeTeMM) yaklaşımında robotik uygulamaların (Arduino) kullanımına yönelik fen öğretmen eğitimi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33(3), 134-141. DOI: 10.1080/00219266.1999.9655653
- Bahar, M., & Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 75-85.
- Bal, A. P., & Bedir, S. G. (2021). Examining teachers'views on stem education. *European Journal of Education Studies*, 8(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v8i3.3650>
- Büyükdede, M., & Tanel, R. (2018). İş-enerji ve itme-momentum konularına yönelik fetemm etkinliklerinin kavramsal anlama üzerine etkisi. *Diyalektolog Sosyal Bilimler Dergisi*, 19. DOI: <http://dx.doi.org/10.22464/diyalektolog.243>
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Chiang, F. K., Chang, C. H., Wang, S., Cai, R. H., & Li, L. (2020). The effect of an interdisciplinary STEM course on children's attitudes of learning and engineering design skills. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09603-z>
- Christian, K. B., Kelly, A. M., & Bugallo, M. F. (2021). NGSS-based teacher professional development to implement engineering practices in STEM instruction. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00284-1>
- Çınar, S., Pırasa, N., Uzun, N., & Erenler, S. (2016). The effect of STEM education on pre-service science teachers' perception of interdisciplinary education. *Journal of Turkish Science Education*, 13 (Special Issue), 118-142. DOI: 10.12973/tused.10175a
- Çınar, S., & Terzi, S. Y. (2021). STEM Eğitimi Almış Öğretmenlerin STEM Öğretimi Hakkındaki Görüşleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 213-245. DOI: <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1028596>
- Demirer, T. & Şaşmaz Ören, F. (2020). 7. ve 8. Sınıf öğrencilerinin çevresel vatandaşlık ve ekolojik ayak izi kavramlarına ilişkin düşünceleri: kelime ilişkilendirme örneği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 603-642. DOI: <https://doi.org/10.33711/yyuefd.710003>
- Eckman, E. W., Williams, M. A., & Silver-Thorn, M. B. (2016). An integrated model for STEM teacher preparation: The value of a teaching cooperative educational experience. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1). DOI: doi.org/10.30707/JSTE51.1Eckman
- El Sayary, A. M. A., Forawi, S. A., & Mansour, N. (2015). STEM education and problem-based learning. *The Routledge international handbook of research on teaching thinking*, 357-369.
- Ercan, F. Taşdere, A. & Ercan, N. (2010). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla bilişsel yapının ve kavramsal değişimin gözlenmesi. *Journal of Turkish Science Education*, 7 (2), 136-154.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107-129. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>
- Garskof, B.E., & Houston, J.P. (1963). Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach. *Psychological Review*, 70(3), 277-288. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0041879>
- Gonzalez, H.B. & Kuenzi J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. *Congressional Research Service*. Online: <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>
- Gökbayrak, S. & Karışan, D. (2017). STEM Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8 (2) , 63-84. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/baebd/issue/33149/347724>
- Harmer, A. J. & Cates, W. M. (2007) Designing for Learner Engagement in Middle School Science. *Computers in the Schools*, 24:1-2, 105-124. https://doi.org/10.1300/J025v24n01_08
- Hossain, M. M. & Robinson, M. G. (2012). How to motivate US students to pursue STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) careers. *US-China Education Review*, 4, 442-451
- Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). *Problem-based learning*. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 485-506). Routledge.

- Kartal, T., Yamak, H., & Kavak, N. (2017). Mikro öğretimin fen bilgisi öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgileri üzerindeki etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 740-771. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1487246>
- Kendaloğlu, E. (2021). *STEM Etkinliği Geliştirme Sürecinin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Girişimcilik ve Stem Öz-Yeterlilikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi (Doktora Tezi)*. Uludağ University, Bursa.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Kızılay, E. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik kavramına ilişkin bilişsel yapılarının incelenmesi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(27), 2932-2938. Retrieved from https://www.academia.edu/download/58146723/Esra_kizilay.pdf
- LaForce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-based learning (PBL) and student interest in STEM careers: The roles of motivation and ability beliefs. *Education Sciences*, 7(4), 92. <https://doi.org/10.3390/educsci7040092>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). Design and design thinking in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 2(2), 93-104. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>
- Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195-215. DOI 10.1007/s10798-010-9114-8
- MEB (2017). Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri. Online: http://oygm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_12/11115355_YRETMENLYK_MESLEY_YENEL_YET_ERLYKLERI.pdf
- MEB (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Ankara. Online: <https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf>
- Meriç, G., & Tezcan, R. (2005). Fen bilgisi öğretmeni yetiştirme programlarının örnek ülkeler kapsamında değerlendirilmesi (Türkiye, Japonya, Amerika ve İngiltere Örnekleri). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 62-82. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/228324>
- Milner Bolotin, M. (2018). Evidence-based research in STEM teacher education: From theory to practice. *Frontiers in Education* (Vol. 3, p. 92). DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00092>
- Mwasijaji, E., Mambo, S., Mse, G. S., & Okumu, J. (2021). Conceptualizing non-cognitive attributes, entrepreneurship training, pedagogical competencies and stem education outcome: an integrated model and research proposition. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09671-9>
- Popa, R. A., & Ciascai, L. (2017). Students' Attitude towards STEM Education. *Acta Didactica Napocensia*, 10(4), 55-62. Retrieved from: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1164986>
- Sönmez, V. & Gülderen-Alacapınar, F. (2017). *Örneklendirilmiş Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Şirin, E., & Çelikkıran, A. T. (2021). Investigation of the Effects of Entrepreneurship-oriented STEM Activities on 7th Grade Students' Entrepreneurship Skills and Perceptions. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 50(2), 1263-1304. DOI: <https://doi.org/10.14812/cuefd.858527>
- Tarkın-Çelikkıran, A. & Aydın-Günbatır, S. (2017). Kimya Öğretmen Adaylarının FeTeMM Uygulamaları Hakkındaki Görüşlerinin İncelenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14 (1) , 1624-1656. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyuefd/issue/28496/360643>
- Teo, T. W., & Ke, K. J. (2014). Challenges in STEM teaching: Implication for preservice and inservice teacher education program. *Theory into Practice*, 53(1), 18-24. <https://doi.org/10.1080/00405841.2014.862116>
- Turgutalp, E. (2021). *8. sınıf basınç konusunda STEM öğretme - öğrenme modelinin uygulanmasının öğrenci başarısına ve girişimcilik becerisine etkisinin araştırılması* (Order No. 28734009). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2579336912). Retrieved from <https://www.proquest.com/dissertations-theses/8-sinif-basinc-konusunda-stem-ogretme-ogrenme/docview/2579336912/se-2>
- Türk, N., Kalaycı, N., & Yamak, H. (2018). New trends in higher education in the globalizing world: STEM in teacher education. *Universal journal of educational research*, 6(6), 1286-1304. DOI: 10.13189/ujer.2018.060620
- Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi. *El-Cezeri*, 2 (2). Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ecise/issue/4899/67132>

EXTENDED ABSTRACT

Problem-based learning is a learning strategy aiming students to learn by solving a daily life problem with their life-long learning skills. Similarly, STEM education is an ill-structured learning approach requiring students to use the concepts and principles of different disciplines to solve the problems that they encounter in their daily lives. STEM education requires that teachers know what the disciplines of Science, Technology, Engineering, and Mathematics are and how these disciplines affect each other. STEM approach can improve pre-service science teachers' pedagogical knowledge, content knowledge, and basic engineering knowledge. For this reason, it is essential to determine pre-service science teachers' cognitive structures about STEM concepts and to develop them with learning activities. This study aims to examine the effect of problem-based STEM implementations on the development of pre-service science teachers' cognitive structures related to STEM concepts.

Method

The research method used in this study is the one-group pretest-posttest experimental design, which is one of the weaker experimental designs. The participants consist of 27 pre-service science teachers, 30% (f=8) male, and 70% (n=19) female, studying in the third year of a science teaching program at a state university. Researchers have carried out the implementations in two groups, experiment group 1 (n=13) and experiment group 2 (n=14), to provide for students to work actively and cooperatively in the learning process. The Word Association Test (WAT) is the data collection tool of the study. The six key concepts of the test are Science, Mathematics, Engineering, Entrepreneurship, Design, and Science education which are the elements of STEM education. The concept of "Science Education" has been added to the test to determine the relationship that pre-service teachers established between STEM education and science education by being considered the importance of pedagogical knowledge. Two field experts have presented their opinions about the concepts included in the test.

Findings

In this study examining the effect of problem-based STEM implementations on the development of pre-service teachers' cognitive structures about STEM concepts, the codes and schemas were constituted with the analysis of the word association test data applied to the pre-service teachers. The related diagrams showed that the words produced for the key concepts were limited before the implementation, and the number of answer words increased after the implementation. Similarly, the schemas showing the relationships between the key concepts indicated that the connections between them were weak before the implementation, and these connections strengthened after it. In summary, the study concluded that the answer words produced for key concepts increased after the experimental implementation, and the relationships established between these improved. For this reason, it can be said that problem-based STEM activities have positive effects on pre-service science teachers' education.

Discussion

This study aimed to examine the effects of problem-based STEM implementations on the development of pre-service teachers' cognitive structures toward STEM concepts. The experimental implementation improved pre-service teachers' cognitive structures regarding STEM concepts. Pre-service science teachers performed problem-based STEM activities and became experienced in the implementation process. They designed and presented the products by using the knowledge they obtained as a result of their research and life-long learning skills. These activities provided that pre-service teachers should learn more about STEM concepts and should be constructed the new knowledge as meaningful and permanent. The study also showed that pre-service science teachers had difficulty producing words for the concepts of Design and Entrepreneurship before the implementation and the concept of Entrepreneurship after it. The number of answer words for the design concept has increased, and the relationships between concepts have grown stronger after the implementation. However, it was difficult for pre-service teachers to produce the words for the entrepreneurship concept. They have established weak relationships between it and the other key concepts before and after the implementation.

A remarkable result of the study was the strong relationships that pre-service science teachers established between the concepts of Science and Science Education before the implementations. 3rd-grade pre-service science teachers who participated in this study took many theoretical and practical courses on science and science education during their education. They acquired knowledge and skills in field courses for related education and science disciplines. Therefore, it is possible to say that pre-service teachers could establish a relationship between these concepts before the experimental implementation. As a result, it is possible to say that STEM implementations improve pre-service teachers' cognitive structures toward STEM concepts. According to the results obtained from the study, it can be suggested that pre-service teachers should take theoretical

courses on the conceptual principles of STEM disciplines before STEM implementations in teacher education. Besides, it is thought that the different learning activities to increase the knowledge and awareness of pre-service teachers on entrepreneurship will contribute to the training of qualified teachers.