

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ MATEMATİKSEL MODELLEME YAPABİLME BECERİLERİNİN GELİŞİMİ

Developing Prospective Science Teachers' Mathematical Modelling Performances

Zeynep BAŞKAN TAKAOĞLU¹
Nedim ALEV²

Öz

Bu çalışmada, matematiksel modelleme kullanılarak Doğrusal ve Düzlemde Hareket ünitelerinin öğretiminde fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerindeki gelişimleri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada Doğrusal ve Düzlemde Hareket ünitelerine yönelik geliştirilen öğretmen adayı ve öğretim elemanı rehber materyalleri 23 öğretmen adayına uygulanmış ve bu çalışma kapsamında bütün etkinliklere katılan 12 öğretmen adayının verileri içerik analizi ile analiz edilmiştir. Doğru, kısmen doğru, yanlış ve boş kategorilerinden oluşan bir rubrik ile incelenen öğretmen adayı materyalleri kendi içerisinde benzer kategoriler altında toplanmış, ardından rubrikte belirlenen kategoriler içerisine dahil edilmiş ve adaylar aldıkları toplam puanlar ve her bir aşama için verdikleri cevaplar açısından değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının etkinlikler ilerledikçe çalışmada kullanılan matematiksel modelleme etkinliklerinin tüm aşamalarında gelişim gösterdikleri belirlenmiş ve gerçek dünya problemi aşamasında başarılı olan adayların diğer aşamaları kolaylıkla yapabildikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında öğretmen adaylarının günlük yaşam- fizik bağı kurmalarında matematiksel modelleme çalışmalarının olumlu katkısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: doğrusal hareket, düzlemde hareket, matematiksel modelleme, fen bilgisi öğretmen adayı, ilişkilendirme

¹ Yrd. Doç. Dr.; Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Gümüşhane, zeynepbaskan@hotmail.com

² Yrd. Doç. Dr.; Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, OFMAE Bölümü, Trabzon, nedimalev@hotmail.com

Abstract

In this study, prospective science teachers' mathematical modelling performances were investigated at teaching one and two dimensional motion units with the help of mathematical modelling. For this aim, prospective science teachers and instructor's guide materials developed for one and two dimensional motion units was applied to 23 prospective science teachers and data from 12 prospective science teachers attending all activities was analyzed for this research using content analysis. Prospective science teachers' materials were examined using a rubric consisted of true, partially true, false and empty categories then incorporated into categories determined in rubric, and prospective science teachers' performances were evaluated regarding the point they got from their answers at every stage of mathematical modelling. As a result of the study, it is determined that prospective science teachers showed improvements at all stages of mathematical modelling activities in the course of time, and it is concluded that those who were higher achievers at real world problem stage were performed well at the other stages. In addition, it is decided that mathematical modelling studies have positive contribution to prospective science teachers to make connection between real life and Physics.

Key Words: *one dimensional motion, two dimensional motion, mathematical modelling, prospective science teacher, integration*

Giriş

İlköğretimde başlayan disiplinler arası ilişkilendirmenin eğitimin ilerleyen kademelerin de devam etmesi bireylerin hem başarılarına hem de karşılaştıkları sorunları farklı disiplinlerle ilişkilendirerek çözmelerine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmaların öğretmen eğitiminde kullanılması ise geleceğin öğretmenlerinin disiplinler arası çalışmaları daha yakından tanımalarına ve derslerinde kullanacakları yöntemleri anlamalarına önemli katkılar sağlayacaktır (Ashmann, Zawojewski ve Bowman, 2006). Bazı öğretmenlerin öğrendikleri yaklaşıma uygun olarak ders işleme yönünde eğilimli olabilecekleri bilinmektedir

(Özsevgeç, 2007). Bunun neticesinde ise dersler sadece bir alana özgü konularla yürütülmekte ve diğer alan(lar) ile ilişkilendirilmemektedir (Yıldırım, 1996). Ayrıca bu durumun başka bir sonucu olarak öğretmenler bir alandaki bilgiye yeterince hâkimken bununla ilişkili farklı disiplinlerdeki bilgilere yeterince sahip olamamaktadırlar (Haynie ve Greenberg, 2001). Dahası alanda yeterli bilgi ve beceriye sahip olmayan fizik öğretmenleri matematiğe karşı olumlu tutum beslememekte ve bu durumu öğrencilerine yansıtmaktadırlar (Ogunsola-Bandale, 1996). Bunun sonucunda ise birbirini birçok alanda tamamlayan ve disiplinler arası ilişkilendirmenin en uygun iki alanı olarak gösterilen fen bilimleri ve matematik dersleri (Taşkın- Can, Cantürk- Günhan ve Öngel 2005) birbirlerinden kopuk ve ilişkisiz olarak yürütülmektedir. Öğrencilerin teoride birbirinden ayrı olarak sunulan dersleri, kendi düşünce sistemlerinde birleştirerek günlük hayatta karşılaştıkları sorunlara uygulamaları beklenmesine rağmen günlük yaşamda karşılaştıkları sorunları çözümlmek için bu iki alanı ilişkilendirerek kullanmada sıkıntılar yaşamaktadırlar (Dervişoğlu ve Soran, 2003; Sağlam-Arslan ve Arslan, 2010; Yıldırım, 1996).

Fizik ve matematik dersleri arasında ilişkilendirmede kullanılacak yöntemlerden biri matematiksel modellemedir. Matematiksel modelleme ile öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları durumlar fizik ve matematik dersleri ile ilişkilendirilebilmektedirler. Bunun yanında fen bilimleri derslerinde kullanılan matematiksel modelleme çalışmaları ile bireyler fen bilimleri ve matematik arasında bağlantı kurmakta ve bu sayede her iki dersi de daha iyi öğrenmektedirler. Gerçek yaşamda karşılaşılan durumların matematikle ifade edilmesi ve dünyaya yayılarak uygulanması olarak

tanımlanan matematiksel modelleme (Doruk, 2010) yalnızca günlük hayat ve matematik arasında ilişki kurmak için kullanılmayacak kadar geniş bir alanı içermektedir. Modelleme sayesinde birçok problem çözülmekte ve bunların sonuçları gerçek dünyaya önemli katkılar sağlamaktadır (Martinez-Luaces, 2005). Bu nedenle matematiksel modelleme çalışmaları matematik yanında fen bilimleri özellikle fizik, mühendislik ve teknoloji alanında yürütülen derslerde de rahatlıkla kullanılmakta ve bu alanlarda eksik kalmış boşlukları doldurmaktadır (Hickman, 1986). Bu disiplinlerde kullanılan matematiksel modelleme çalışmalarında öğrenciler kendi disiplinlerini ve matematik bilgilerini kullanarak matematiksel modeller ortaya koymaktadırlar. Bu nedenle böyle çalışmalar matematiğin tüm alanlarını, fizik ve bilgisayar bilimlerini, mühendisliğin tüm alanlarını kapsamakta ve özellikle mühendislik alanlarında çok sıklıkla uygulanmaktadır (Saastamoinen, 2005). Matematiksel modellemenin diğer disiplinler ile ilişkisi düşünüldüğünde bu tür etkinliklerin disiplinler arası uygulamalarda önemli öğeler içerdiği ve farklı disiplinlerde geliştirilen problemlerin matematik ile diğer alanlar arasında bağ kurarak disiplinler arası uygulamalara katkı sağlaması bu tür çalışmaların önemini ortaya koymaktadır (Ang, 2010).

Matematiksel modelleme çalışmalarının katkıları incelendiğinde bu çalışmaların bireylerin kavramsal gelişimlerini, disiplinler arası ilişkilendirmelerini, modelleme yapabilme becerilerinin gelişimini ve matematik bilgilerini kullanmalarını artırdığı birçok çalışmada ifade edilmektedir (Barquero, Boch ve Gascón, 2007; Bergman-Ärlebäck, 2009; Blomhøj, 2007; Blomhøj ve Jensen, 2003; Blomhøj ve Kjeldsen, 2007; Blum ve Borromeo-Ferri, 2009; Doer ve Tripp, 1999; Friesel ve

Nicolakis, 2006; Klymchuk, Zverkova, Gruenwald ve Sauerbier, 2008; Heck, 2010; Lin ve Yang 2005; Maaß, 2005; Michelsen, 2006; Munier ve Merle, 2009; Zbiek ve Conner, 2006). Bu nedenle matematiksel modelleme çalışmaları öğrencilerin özerkliğinin gelişmesine, uygulamaların fonksiyonelliğine, oluşturulan modelin geçerliliğin kritik edilmesine yardımcı olmaktadır (Blomhøj, 2007). Bunun yanında matematiksel modelleme kavramsal anlamaya ve iletişim becerilerinin gelişmesine (Blomhøj ve Jensen, 2003), öğrencilerin sosyal becerilerinin, disiplinler arası yeteneklerinin, matematik ve ilişkilendirilen disiplinlerdeki kavramsal yapıların, günlük yaşamda karşılaşılan durumlarla başa çıkma yeteneğinin, takım çalışması ve problem çözme becerilerinin artmasına katkı sağlamaktadır (Klymchuk vd., 2008). Ayrıca modelleme becerileri öğrencilerin model oluşturma, tahmin etme, hesaplama, geçerliliğini sağlama ve okuma alışkanlıklarını da geliştirmektedir (Bergman-Ärlebäck, 2009; Michelsen, 2006).

Günümüzde matematiksel modelleme çalışmalarına çok fazla yer verilmesine karşın hizmet öncesi öğretmen eğitiminde bu alana yeterince önem verilemediği bilinmektedir (Bergman-Ärlebäck, 2009). Farklı disiplinlerin ilişkilendirmesi üzerine yürütülen çalışmaların öğretmen eğitiminde yer alması gelecekte matematiksel modelleme ve diğer disiplinlerle ilişkilendirmeyi uygulayacak öğretmenlere bir temel oluşturacaktır. Bu bağlamda öğretmen eğitiminde matematiksel modellemeye uygun olarak yürütülen derslerle öğretmen adaylarının modelleme yapabilme becerilerinin geliştirilmesi ve bu becerilerini kullanabilmeleri önem taşımaktadır (Özer-Keskin, 2008). Ancak öğretmenler, özellikle fizik, kimya, biyoloji gibi disiplinlerde matematiksel modelleme hakkında yeterli bilgiye sahip değil ve bu

alanlarda matematiksel modelleme çalışmaları yetersizdir (Biembengut ve Hein, 2007). Ayrıca okullarda matematiksel modelleme çalışmalarının ana yaklaşım olmaması, matematiksel modelleme çalışmalarında öğretmenlerde isteksizliğe neden olmaktadır (Ang, 2010). Bu nedenle öğretmenler matematiksel modelleme çalışmalarını, dersin uygulamaları olarak düşünmekte, oysa bu çalışmaların öğretmenlerin uygulamalarında yer alması ve öneminin anlaşılabilmesi için öğretmen eğitimi programlarına uyarlanması gerekmektedir (Martinez-Luaces, 2005).

Bu çalışmanın amacı, matematiksel modelleme kullanılarak yürütülen Doğrusal ve Düzlemde Hareket ünitelerinin öğretiminin yapıldığı fizik derslerinde fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinde meydana gelen gelişimi araştırmaktır.

YÖNTEM

Araştırma Süreci

Çalışma, öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerindeki gelişimin incelenmesi için aşağıda ifade edildiği gibi belirli aşamalarda yürütülmüştür.

İlişkilendirmede kullanılacak modelin belirlenmesi: İlk aşamada, mevcut literatürde alanda ilişkilendirme üzerine yürütülen çalışmalarda kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin içerikleri araştırılmış yapılan incelemeler sonunda White (2000) tarafından önerilen matematiksel modelleme aşamalarının kullanılmasına karar verilmiştir.

İlişkilendirmede kullanılacak konunun belirlenmesi: Konu belirlenmesinde ilk olarak mevcut literatürde matematiksel modelleme

veya ilişkilendirme kullanılarak hangi fizik konularında çalışmaların yürütüldüğü araştırılmıştır. Ayrıca fizik ve matematik öğretmenlerinin disiplinler arası ilişkilendirmede kullandıkları yöntemler ve derslerinde kullandıkları ilişkilendirme uygulamaları hakkında ön mülakatlar yapılmıştır ve bu mülakatlar, araştırmanın yürütüleceği ünitenin belirlenmesine yardımcı olmuştur. Çalışmada kullanılacak konunun belirlenmesinin son aşamasında üniversitelerde kullanılan ders kitabı içerikleri ve yüksek öğretim dokümanları incelenmiş ve fen bilgisi öğretmenliği için hazırlanacak ilişkili materyalde kullanılacak konunun kapsamı belirlenmiştir.

Öğretim materyallerinin geliştirilmesi: Bu amaç için mevcut fizik kitapları, makaleler, alanda yürütülen çalışmalar ve tezler incelenmiştir. İncelenen dokümanlar ve tezler ışığında öğretim elemanı ve öğretmen adayları materyalleri geliştirilmiş ve bu materyaller alan uzmanı beş fizik eğitimcisi ve bir matematik eğitimcisi tarafından incelenmiştir. Alınan dönütler doğrultusunda öğretim elemanı ve öğretmen adayları materyalleri pilot uygulama sürecine hazır hale getirilmiştir.

Geliştirilen materyallerin pilot uygulamasının yapılması: Pilot uygulama sürecine hazır hale getirilen materyaller gönüllü öğretmen adaylarına uygulanmıştır. Her biri iki ders saatinde uygulanan etkinlikler üç veya dört kişi arasında değişen grup çalışmaları ile yürütülmüştür. Uygulamalar sonucunda öğretmen adayları ile yürütülen mülakatlar, ders süreci içerisinde yapılan gözlemler ve öğrencilerin çalışmalarının incelenmesi doğrultusunda materyaller asıl uygulama sürecine hazır hale getirilmiştir.

Asıl uygulama süreci: Asıl uygulama sürecinde üç veya dört kişiden oluşturulan gruplarda yer alan üyeler öğretmen adaylarının tercihleri doğrultusunda oluşturulmuştur. Araştırmacı tarafından yürütülen derslerde ilk etkinlik olan yeşil dalga etkinliği dört ders saatinde tamamlanmıştır. Çalışma süreci içerisinde bundan sonra yer alan beş etkinlik iki ders saatinde uygulanmıştır. Çalışmada son iki etkinlik ise art arda süren birer ders saatinde tamamlanmıştır.

Örneklem

Bu çalışmaya 2009-2010 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı birinci sınıfta öğrenim gören ve Genel Fizik I dersini alan 23 öğretmen adayı katılmıştır. Uygulamalar süreci içerisinde sınıf mevcudu 17 ile 23 kişi arasında değişmiştir. Ancak süreç içerisinde bazı etkinliklere katılmayan öğretmen adayları bulunduğu ve matematiksel modellemeye dayalı uygulamaların öğretmen adaylarının ilgili becerilerinin gelişimine etkisinin incelenebilmesi için bu çalışmada sadece tüm etkinliklere katılan 12 öğretmen adayına ait veriler incelenmiştir.

Geliştirilen Öğretim Materyalinin Tanıtılması

Bu çalışmada, White (2000) tarafından önerilen matematiksel modelleme basamakları temel alınmıştır. Çalışma sürecinde kullanılan öğretim materyalleri izleyen kısımda tanıtılmıştır.

Tablo 1. Doğrusal hareket ünitesine ait öğretim etkinlikleri

Etkinlik adı/ Konu	1. etkinlik (Yeşil dalga)/ Ortalama Sürat	2. etkinlik (Çitalar)/ Sabit ivmeli hareket	3. etkinlik (Ilgınc gelenek)/ Serbest düşme hareketi	4. etkinlik (Cenova Çeşmesi)/ Düşey atış hareketi
Gerçek dünya problemi	Bir otoyolda kullanılan yeşil dalga Bilim insanı çitaların aldıkları yollar, hız Hımdistan'da belirli Cenova çeşmesinde su sisteminde araçların hızları, yolun değerleri ve ivmeleri hakkında bilgi elde etmeyi yükseklikten serbest seviyesinden daha yukarıda uzunluğu ve kullanılan trafik amaçlamaktadır. Aşağıda kaydedilen verileri bırakılan bebeklerin olan borulardan yukarı doğru lambaların yanma süresini kullanarak zamanın bir fonksiyonu olarak düşüğü yüksekliğin su düşünerek bir otomobilin yoluna çitanın belirli bir saayede ki konum, hız ve ivme hızlarını veren formülleri bonusunu terk ettikten sonra devam ederken iki yeşil ışık değerlerini bulmak için nasıl bir ifade bulunuz.	arasında geçmesi için lambanın en geliştirmeniz? az ne kadar süre yeşil olarak t(s) 0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4	yanması gerektiği konusunda nasıl x(m) 0 3/4 3 27/4 12 75/4 27 147/4 48 bir beğeniti oluşturabilirsiniz?	Havada kalma süresi Suyun çıkış hızı Yerçekimi ivmesi Maksimum yükseklik
Beklenen uygun değişkenler	Aracun lümit hızı Işıkların yanma süresi İki trafik lambası arası mesafe	Çitanın hızı Çitanın aldığı yol	Yükseklik Yerçekimi ivmesi Geçen süre	Havada kalma süresi Suyun çıkış hızı Yerçekimi ivmesi Maksimum yükseklik
Matematiksel modelin formülleştirilmesindeki açıklamalar	Süat, Hız, Hız sürat ilişkisi Vektörler	Hız İvme Fonksiyon tanımı ve çeşitleri Türev	Serbest düzen cisme etkileyen kuvvetler Integral tanımı ve integral alma kuralları	Düşey atış hareketi ve yörüngesi ile ilgili açıklamalar
Gerçek dünya problemine ait olası matematiksel çözüm	İ süre sonra ışık yammalı, 3t/2 süre v = 6t sonra da yammalı ve ışık t/2 süre a = 6 yammış olmalı.		$y(t) = -gt$ $x(t) = y'(t) = gt = \sqrt{2gh}$	$T = \frac{v_0}{g} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v_0^2}} \right)$
Çözümü yorumlama aşamasında yönelik sorular	Sabit süratli hareketle ilgili sorular	Formülün uygulanmasına yönelik sorular	Elde edilen formülün uygulaması	Bulunan formülün uygulamaları
Modelin doğrulanması aşamasında yöneltilen sorular	Süat-hız-ivme ilişkisi Formülün yeniden gözden geçirilmesi Modelin geliştirilmesi	Hız-ivme ilişkisi Modelin geliştirilmesi Modelin gerçek dünyadaki uygulamaları	Modelin güçlü ve zayıf yönlerinin tartışılması ve daha da geliştirilmesi	Oluşturulan formülün tekrar gözden geçirilmesi ve geliştirilmesi, Gerçek dünyaya uygulamaları
Rapor etme, açıklama, tahmin	Kısa özet Kazanımlar	Sonuçlar Kısa özet Kazanımlar	Özet Kazanımlar	Özet Kazanımlar

Tablo 2. Düzlemde hareket ünitesine ait öğretim etkinlikleri

Etkinlik adı/ Konu	5. etkinlik (Düşen kiremit)/ Eğik Atış Hareketi	6. etkinlik (Balerin)/ Yatay Atış Hareketi	7. etkinlik (Adımlar)/ Düzgün Dairesel Hareket	8. etkinlik (Film hileleri)/ Bağlı Hareket
Gerçek dünya problemi	Çatıyı tamir eden bir kişinin Yatay ve düşey düzlemde aynı Yürüyüş yaparken ayaklarının tıpkı basit Arabayla küçük alanlar kullanılarak kiremitlerinden bir tanesi anda hareket eden balerinler, bunu bir sarkaçta olduğu gibi hareket ettiğini hiç uzun bir yolda seyahat ediliyormuş elinden çıkar kayarak eğim yatay ve düşey düzlemde aldıkları düşüncünüz mü? Bu şekilde yürüyüş yapan gibi gösterilmesi istenen bir film açısı θ olan çatı kenarını v_0 yollar arasında bir ilişki ile bir kişinin bir adımda ayasının hızı v ve setinde; kamera ve otomobil hemen hızıyla terk eder ve h kadar gerçekleştirdiğini söylemektedirler ve bacağının uzunluğu ℓ kadardır. Bir adımını hemen aynı noktalardan hareket ederken yükseklikte olan binadan R bu sayede istedikleri noktaya atarken açığı andan tekrar başlayıp aralarında bulunan θ açısı kadar uzakta bir noktaya rahatlıkla ulaşabildiklerini ifade kapatıncaya kadar adım atma açısı ve ile kamera güney yönüne, otomobil düşer. Bu kiremidin yere etmektedirler. Buna göre teğetsel ivme değerleri ise aşağıda bulunan, ise güney batı yönüne doğru düşüğü andaki hızını balerinlerin düşeyde çıkabileceği tablodaki yer aldığı gibidir. Bu durumda bir hareket etmektedir. Kameranın hızı bulunman istense nasıl bir maksimum yükseklik ile yatayda adım atılırken toplam ivmemin ne olacağı ile v_k , otomobilin hızı ise v_0 olarak formül (ifade) aldıkları yol arasında bir ilişki ilgili bir ifade bulunuz?	haklı çıkarabilir misiniz? a. 0,85 1,70 2,56 3,35 4,14 4,9	Yerçekimi ivmesi Bacaklar arası açısı Ayacağın hızı Açısal ivme Teğetsel ivme	Otomobilin hızı Kameranın hızı Otomobil ve kamera arasındaki açı Otomobil ve kameranın yönü
Beklenen uygun değişkenler	Cismin ilk hızı Cismin yerdan yüksekliği Yerçekimi ivmesi Cismin düşme açısı	Maksimum yükseklik Yerçekimi ivmesi Balerinin yatayda aldığı yol Balerinin ilk hızı Balerinin atılma açısı Balerinin havada kalma süresi	Yerçekimi ivmesi Bacaklar arası açısı Ayacağın hızı Açısal ivme Teğetsel ivme	Otomobilin hızı Kameranın hızı Otomobil ve kamera arasındaki açı Otomobil ve kameranın yönü
Matematiksel modelin formülleştirilmesindeki açıklamalar	Yatay atış, eğik atış hareketi Alman yatay yol- düşey yol ilişkisi	Teğetsel ivme- Merkezci ivme Vektörler ve özellikleri	Teğetsel ivme- Merkezci ivme Vektörler ve özellikleri	Vektörlerde toplama Cosinus teoremi
Gerçek dünya problemine ait olası matematiksel çözüm	$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	$\frac{H}{R} = \frac{1}{4} \tan \theta$	$a = \sqrt{a^2 + a^2} \Rightarrow a = \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\right)^2 + (g \sin \theta)^2}$	$v_{kL} = \sqrt{v_A^2 + v_K^2} - 2v_A v_K \cos \theta$
Çözümü yorumlama aşamasında yönelik sorular	Modelin uygulanmasına yönelik ilgili sorular	Modelin uygulanmasına yönelik sorular	Modelle yönelik sorular	Formülün uygulanmaları
Modelin doğrulanması aşamasında yöneltilen sorular	Modeli tekrar gözden geçirme ve geliştirme	Modelin gerçek dünyadaki uygulamaları	İvme hız değişim grafiği	Gerçek dünya uygulamaları Hız- açı değişim grafiği
Rapor etme, açıklama, tahmin aşaması	Özet Kazanımlar	Özet Kazanımlar	Özet Kazanımlar	Özet Kazanımlar

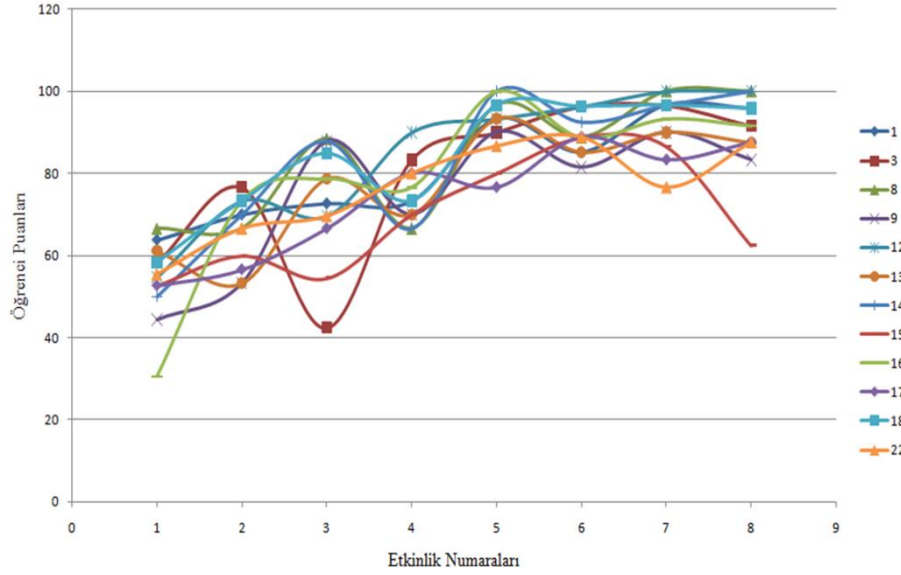
Tablo 1 ve 2’de de görüldüğü gibi matematiksel modelleme çalışmalarının ilk aşaması olan gerçek dünya problemi aşamasında öğretmen adaylarından gerçek dünya problemini bireysel ve grup çalışmaları ile daha yakından tanımaları beklenmiştir. Kabullenmelerin yapılması aşamasında belirlenen değişkenlerin liste haline dönüştürülmesi ve basitleştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öğretmen adayları tarafından grup çalışması yapılırken öğretim elemanınca beyin fırtınası ve sınıf tartışmaları ile öğretmen adaylarının kabullenmelerini netleştirmeleri amaçlanmıştır. Çalışmada öğretmen adayları ders kitaplarına yönlendirilerek model için kullanılacak bilgileri toplamışlardır. Modelin formülleştirilmesi aşamasında öğretmen adayları modele uymayan bir yolda ilerlerse öğretim elemanı tarafından duruma müdahale edilmiş, bunun için gerekli görülen noktalarda öğretmen adaylarına sorular yöneltilerek yönlendirilmişlerdir. Matematiksel problemi çözme aşamasında, mevcut matematik bilgileriyle matematiksel model çözülmeye çalışılmıştır. Çözümü yorumlama aşamasında elde ettikleri çözümle birlikte öğretmen adayları başlangıçtaki problemle ilişkili soruları dikkate almışlardır. Modelin doğrulanması aşamasında model, kullanılan ve ihmal edilen değişkenler açısından değerlendirilmiştir. Bölüm içerisinde öğretmen adaylarının çözümü daha geliştirmelerini sağlamak, modeli yeni ve farklı durumlar ile gerçek dünyaya uyarlamaları için sorular yer almaktadır. Son aşama olan rapor etme, açıklama ve tahmin aşamasında ders etkinliğinin öğretmen adayları tarafından tekrar gözden geçirilmesine, adayların elde ettikleri kazanımlara ve çalışmalarının özetine yönelik uygulamalar yürütülmüştür.

Verilerin Analizi

Öğretmen adayı rehber materyalinin analizi için öncelikle bir rubrik geliştirilmiştir. Geliştirilen rubrikte matematiksel modelleme aşamaları dikkate alınmış ve her bir modelleme aşaması ve bu aşamalarda yürütülen etkinliklere yönelik bir değerlendirme ölçütü oluşturulmuştur. Öğretim materyalinin değerlendirme aşamasında öncelikle kendi içerisinde benzer cevaplar dikkate alınarak gruplandırılmıştır. Ardından bu gruplandırmalar rubrikte yer alan doğru, kısmen doğru, yanlış ve boş kategorileri altında toplanmıştır. Geliştirilen ölçütte doğru cevap 3, kısmen doğru cevap 2, yanlış cevap 1 ve boş cevap 0 puan olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen öğretmen adayı materyallerinde öncelikle her bir etkinlikten alınan toplam puan hesaplanmış, ardından ise puanlarda standartlaşmanın sağlanması için öğretmen adayı notları yüzlük sisteme çevrilmiştir.

Bulgular

Bu bölümde öğretmen adaylarının her bir etkinlikten aldığı puan ve bunlar arasındaki gelişim grafiksel olarak sunulmuş ve ardından aşamalarda verilen cevaplar ayrıntılı olarak incelenerek yorumlanmıştır.



Şekil 1. Tüm etkinliklere katılan öğretmen adaylarına ait gelişim grafiği

Şekil 1’de de görüldüğü gibi ilk etkinlik olan yeşil dalga etkinliğinde öğretmen adaylarının notları 30,5 ile 66,6 arasında değişmektedir. Adayların bu etkinlikten itibaren elde ettikleri puanlar gittikçe yükselmekte ve beşinci etkinlik olan düşen kiremit etkinliğinden itibaren 100 puana kadar çıkmaktadır. Adayların düşen kiremit etkinliğine kadar elde ettikleri puanlar gittikçe artmış, bu aşamadan sonra ise üst değer olan 100 puana yaklaştıkları için birbirine yakın puanlar elde ettikleri görülmüştür. Öğretmen adaylarının aldıkları puanlar incelendikten sonra izleyen kısımda her bir aşamada adaylar tarafından verilen cevaplar ayrıntılı olarak sunulmuştur. Bunun için öncelikle her bir etkinlikten adayların aldığı puanlar belirtilmiş, ardından her bir aşama ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Gerçek dünya problemi aşaması

Bu aşamada öğretmen adaylarından problemi kendi cümlelerini kullanarak ifade etmeleri ve problem durumuna uygun bir şekil çizmeleri beklenmiştir.

Tablo 3. Gerçek dünya problemi aşaması öğretmen adayı puanları

Değerlendirme kategorileri	Etkinlikler	Doğru	Kısmen doğru	Yanlış	Boş
Problemi tanıma	Yeşil dalga	2	7	2	1
	Çitalar	2	5	5	
	İlginç gelenek	5	6	1	
	Cenova Çeşmesi	2	8	2	
	Düşen kiremit	8	4		
	Balerin	12			
	Adımlar	9	3		
	Film hileleri	10	2		
	Şekil çizme	Yeşil dalga	3	6	2
Çitalar		4	3	5	
İlginç gelenek		4	7	1	
Cenova Çeşmesi		4	4	4	
Düşen kiremit		8	4		
Balerin		10	2		
Adımlar		9	1	2	
Film hileleri		7	5		

Problemi tanıma aşamasında soru yalnızca ilk etkinlik olan yeşil dalga etkinliğinde bir öğretmen adayı tarafından cevaplanmazken ilerleyen etkinliklerde öğretmen adaylarının soruyu cevaplamaya çalıştıkları belirlenmiştir. Aynı aşamada adaylar ilk dört etkinlikte yanlış cevap kategorisine ait yanıtları ortaya koyarken, son dört etkinlikte bu kategoride hiçbir öğretmen adayı bulunmamıştır. Yanlış cevap kategorisinde yer alan öğretmen adaylarının gerçek dünya problemini anlamadıkları için problem durumunda belirtileni ve çalışma sonucunda istenenleri tam olarak ifade edemedikleri belirlenmiştir. Bu

kategoride bulunan bazı öğretmen adaylarından örnekler aşağıda sunulmaktadır:

“Kırmızı ışığın yanma süresi uzadıkça ışıkta bekleyen sürücülerin sabırsızlanması ve sinirlenmesine yol açmaktadır. Ana cadde gibi trafiğin ve yolların yoğun olarak bulunduğu yerlerde ışık sayısı fazla değil, bekleme süresi fazla olmalıdır” (D9, Yeşil dalga etkinliği, gerçek dünya problemi)

“Bilim insanının problemi çitanın aldığı yolu, hız değerini bulmak. Verilen değişkenler zaman ve yol” (D8, Çitalar etkinliği, gerçek dünya problemi)

Bahsedilen gerçek dünya problemlerinde öğretmen adaylarından yeşil dalga etkinliğinde yeşil dalga sisteminin bulunduğu iki trafik lambasının minimum yeşil ışık yanma süresini, çitalar etkinliğinde avını yakalamaya çalışan çitanın verilen konum zaman değerlerinden yararlanarak herhangi bir zamandaki hız ve ivme değerlerini ve Cenova çeşmesi etkinliğinde yerden belirli bir yükseklikte düşey atış hareketi yapan bir su damlacığının düşeyde aldığı yolu gösteren bir ifadenin bulunması beklenmektedir.

Kısmen doğru cevap kategorisi incelendiğinde bu kategoride yer alan öğretmen adaylarının problem durumunu tam olarak ifade edemedikleri veya bir kısmını ifade ettikleri için bu kategoriye dahil edildikleri tespit edilmiştir. Aşağıda bu kategoride yer alan kısmen doğru cevaplara ait örnekler yer almaktadır.

“Suyun dikeyde aldığı yoldan bahsediyor. Fıskiyeinin tam tepesinde maksimum yüksekliğe ulaşp diğer yolun yarısını

da eşit sürede aldığı anlatıyor” (D8, Cenova çeşmesi etkinliği, gerçek dünya problemi)

“Attığımız adımları basit sarkaç gibi düşünüp hızı ve toplam ivmenin değerini bulacağız” (D22, Adımlar etkinliği, gerçek dünya problemi)

Adımlar etkinliğinde adım hareketi basit sarkaç hareketine benzetilmiş ve verilen açı ve teğetsel ivme değerlerinden yararlanılarak herhangi bir zamandaki toplam ivme değerinin bulunması istenmiştir. Film hileleri etkinliğinde ise belirli bir açı ile hareket eden kamera ve otomobil bulunmakta ve kameranın otomobilin hızını nasıl ve ne büyüklükte gördüğünü ortaya koyacak bir formül sorulmaktadır.

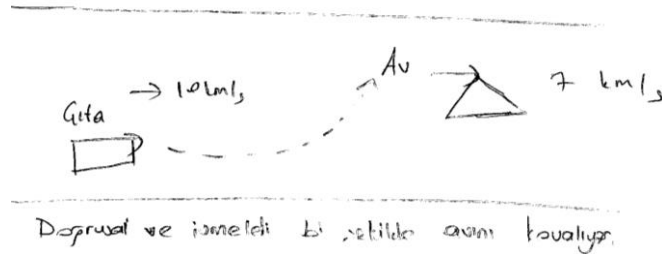
Yeşil dalga etkinliğinde iki, çitalar etkinliğinde iki, ilginç gelenek etkinliğinde beş, Cenova çeşmesi etkinliğinde iki, düşen kiremit etkinliğinde sekiz, balerin etkinliğinde 12, adımlar etkinliğinde dokuz ve film hileleri etkinliğinde 10 öğretmen adayı bu aşamayı doğru olarak cevaplamıştır. Aşağıda doğru cevap kategorisinde yer alan bazı öğretmen adaylarına ait cevaplar yer almaktadır.

“Hareket eden bir su damlacığının su borusunu terk ettikten sonra tekrar suya çarpacağı süre içerisinde havada ne kadar kaldığını bulmamız ifade ediliyor” (D18, Cenova çeşmesi etkinliği, gerçek dünya problemi)

“Balerinlerin yaptığı hareketin eğik atış hareketine benzediğini ve balerinlerin aldıkları yollar arasındaki ilişki sonucunda düşeyde alabileceği maksimum yükseklik ile yatayda aldıkları yol arasında bir ilişki olduğunu

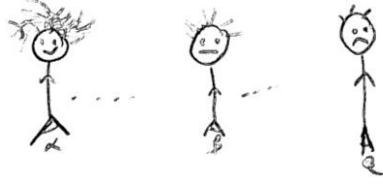
ispatlamamız istenmektedir” (D1, balerin etkinliği, gerçek dünya problemi)

Gerçek dünya probleminin ikinci aşaması şekil çizme aşamasıdır. Öğretmen adayları cevapları incelendiğinde bu aşamada yalnızca ilk etkinlik olan yeşil dalga etkinliğinde bir öğretmen adayı boş cevap kategorisindedir. Yanlış cevap kategorisi yeşil dalga, çitalar, ilginç gelenek ve Cenova çeşmesi etkinliklerinde bulunmaktadır. Şekil çizme aşamada da bir önceki aşamada olduğu gibi kısmen doğru ve doğru cevap veren öğretmen adayı sayısı ilk dört etkinlikten sonra artmıştır. Bu aşamada adayların yaptıkları yanlışlar problem durumunu yansıtacak bir şeklin oluşturulmaması ve problem durumu dışında farklı bir durumu ifade eden bir şeklin çizilmesidir. Aşağıda bu konuya ait örnekler görülmektedir.



(D8, Çitalar etkinliği, gerçek dünya problemi)

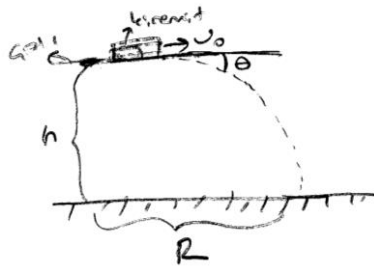
Çitalar etkinliğine ait olan D8 öğretmen adayının cevabında çitanın doğrusal bir yolda ilerlemesi istenirken aday tarafından çizilen şekilde çitanın parabolik bir yol izlediğinin çizildiği görülmektedir. Ayrıca çitanın konum-zaman değerleri verilmesine karşın öğretmen adayı tarafından çizilen şekilde çita ve ava ait hız değerleri yer almaktadır.



(D22, Balerin etkinliği, gerçek dünya problemi)

Balerin etkinliğinde gerçek dünya problemi için oluşturduğu şekilde yanlış cevap kategorisinde yer alan D22 öğretmen adayının aynı doğrultu boyunca yürüme hareketi yapan bir hareketliye ait farklı zamanlardaki durumu ile ilişkili şekil çizdiği görülmektedir. Oysa balerinin sıçrama hareketi yaparken parabolik bir yol takip etmesi gerekmekte ve şekil çiziminde bu durumun belirtilmesi beklenmektedir.

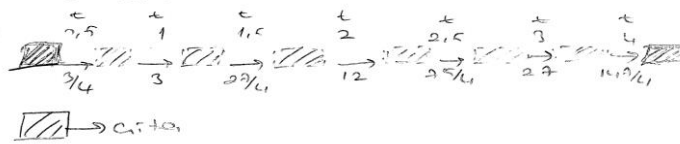
Kısmen doğru cevaplara ait şekillerde problem durumunu yansıtacak şeklin bir kısmının doğru çizilmesine karşın bazı noktaların göz ardı edildiği ve buna bağlı olarak çizilmediği veya yanlış çizildiği belirlenmiştir. Aşağıda yer alan örnekte kısmen doğru cevap veren D1 öğretmen adayına ait düşen kiremit etkinliğinde çizilen şekil bulunmaktadır. Aday tarafından cismin başlangıçta düşeyde ilk hızının olmadığı şekil çizilmiştir.



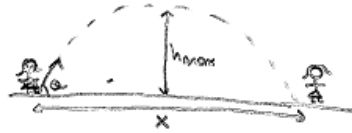
(D1, Düşen kiremit etkinliği, gerçek dünya problemi)

Uygulamalarda gerçek dünya probleminin hem problemin yeniden tanınması hem de probleme uygun şekil çizilmesi bölümlerinden düşen kiremit, balerin, adımlar ve film hileleri

etkinliklerinde doğru cevap veren adaylarının sayısının yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu öğretmen adaylarına ait verilen cevaplardan bazı örnekler aşağıda yer almaktadır.



(D1, Çitalar etkinliği, gerçek dünya problemi)



(D9, balerin etkinliği, gerçek dünya problemi)

Kabullenmelerin yapılması aşaması

Bu aşamada ilk olarak öğretmen adaylarından gerekli değişkenlerin belirlenmesi, ardından ihmal edilebilir değişkenlerin ortaya koyulması ve son olarak bazı etkinliklerde uygun kabullenmelerin yapılması beklenmiştir.

Tablo 4. Kabullenmelerin yapılması aşaması öğretmen adayı puanları

Değerlendirme kategorileri	Etkinlikler	Doğru	Kısmen doğru	Yanlış	Boş
Gerekli değişkenler	Yeşil dalga	1	10		1
	Çitalar		11	1	
	İlginç gelenek	2	10		
	Cenova Çeşmesi	4	7	1	
	Düşen kiremit	10	2		
	Balerin	8	4		
	Adımlar	10	2		
İhmal edilebilir değişkenler	Film hileleri	9	2		1
	Yeşil dalga	2	6	1	3
	Çitalar	2	8	2	
	İlginç gelenek	9	3		
	Cenova Çeşmesi	9	3		
	Düşen kiremit	11		1	

	Balerin	10	1	1
	Adımlar	12		
	Film hileleri	10		2
	Yeşil dalga	11		1
Uygun kabullenmeler	Çitalar		4	8
	İlginç gelenek	1	9	2

Adaylar gerekli değişkenleri belirlerken bazı ihmal edilebilir değişkenleri de gerekli değişken olarak kabul etmiş ve bu kategoriye dahil etmişlerdir. Ancak düşen kiremit, adımlar ve film hileleri etkinliklerinde adaylar gerekli değişkenlere çok fazla ihmal edilebilir değişkenleri eklememiş ve bu sayede problem durumunu daha kolay çözebilmiş ve alınan puanlarda yükselmiştir. Çitalar etkinliğinde gerekli değişkenler alınan yol, hız, ivme ve zaman değişkenleri olmasına rağmen, bu etkinlikte öğretmen adaylarının hiç birinin zamanı ve ivmeyi gerekli bir değişken olarak görmediği ve bunu gerekli değişken olarak ifade etmediği tespit edilmiştir. Bunun yanında ilginç gelenek etkinliğinde gerekli değişkenler olan yükseklik ve yerçekimi ivmesi çoğu öğretmen adayı tarafından gerekli değişken olarak ifade edilirken aynı etkinlikte sadece üç öğretmen adayı zamanı gerekli değişken olarak belirtmiştir. Toplam ivmenin hesaplanmasının beklendiği adımlar etkinliğinde ise altı öğretmen adayı açısız ivmeyi gerekli bir değişken olarak yazarken, yalnızca üç öğretmen adayı teğetsel ivmeyi gerekli bir değişken olarak düşünmüştür.

Yine gerekli değişkenlerin belirlenmesi aşamasında bazı durumlarda gerekli olmayan değişkenler çoğu öğretmen adayı tarafından gerekli bir değişken olarak ifade edilmiştir. Örneğin uygulamalar sürecinde çitalar etkinliğinde çitanın hızı sorulmasına rağmen, dokuz öğretmen adayı kovaladığı avın hızını gerekli bir değişken olarak ifade etmiştir. Açısız ve teğetsel ivmelerin toplamının

bulunmasının beklendiği adımlar etkinliğinde 11 öğretmen adayı bacak uzunluğu problem durumunda kullanılmamasına rağmen bunu gerekli bir değişken olarak ifade etmiştir. Öğretmen adaylarının gerekli değişkenleri belirlemelerinin ardından modelleme sürecinde ihmal edilecek değişkenleri de ortaya koymaları beklenmiştir.

Etkinlikler sürecinde öğretmen adayları tarafından belirlenen ihmal edilebilir değişkenler incelendiğinde, adayların yalnızca çitalar etkinliğinde sürtünmeyi ihmal edilebilir bir değişken olarak düşünmediği, bunun dışındaki tüm etkinliklerde sürtünmeyi ihmal edilebilir bir değişken olarak kabul ettiği belirlenmiştir. Bunun yanında adayların ilk beş etkinlikte iklim ve buna bağlı koşulları (hava şartları, rüzgar, nem oranı...) ihmal edilebilir değişkenler kategorisine dahil ettikleri ortaya çıkmıştır. Adaylar tarafından en fazla ifade edilen diğer ihmal edilebilir değişkenlerin ise ağırlık (ilginç gelenek, düşen kiremit, balerin ve adımlar etkinlikleri), hareket süresi (yeşil dalga, balerin, adımlar ve film hileleri etkinlikleri) ve yerçekimi ivmesinin (Cenova çeşmesi, düşen kiremit ve balerin etkinlikleri) olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında yerçekimi ivmesi, düşey atış veya eğik atış gibi hareketlerde dikkate alınırken, sabit ivmeli hareket veya ortalama süratle ilgili sorularda dikkate alınmamış veya hareket süresi düzlemde hareket ünitesi ile ilgili sorularda dikkate alınırken açısal ivme ile ilgili sorularda hızla ilişkili olmasına rağmen zaman değişkeni kullanılmamıştır.

Matematiksel problemin çözümü aşaması

Matematiksel modelleme etkinliklerinde yer alan matematiksel problemin çözümü aşamasında öğretmen adayları tarafından gerçek dünya probleminin çözülmesi beklenmiştir.

Tablo 5. Matematiksel problemin çözümü aşaması öğretmen adayı puanları

Değerlendirme kategorileri	Etkinlikler	Doğru	Kısmen doğru	Yanlış	Boş
Problemin çözümü	Yeşil dalga			11	1
	Çitalar	2	7	2	1
	İlginç gelenek	6	6		
	Cenova Çeşmesi	8	3	1	
	Düşen kiremit	10	2		
	Balerin	9	3		
	Adımlar	8	4		
	Film hileleri	11	1		

Bu aşama ilk etkinliklerde tam ve doğru olarak çözülemezken etkinlikler ilerledikçe kısmen doğru ve doğru cevap veren öğretmen adaylarında belirli bir artış ortaya çıkmıştır. Aşama, yalnızca yeşil dalga ve çitalar etkinliklerinde birer öğretmen adayı tarafından boş bırakılmıştır. Ayrıca, etkinlikler sürecinde verilen yanlış cevaplar kategorilendirildiğinde ilk olarak ortalama sürat kavramı ile ilgili olarak hazırlanan yeşil dalga etkinliğinde altı ve film hileleri etkinliğinde bir öğretmen adayının uygun olmayan hareket denklemlerinden faydalanarak sonuca ulaşmaya çalıştıkları görülmüştür.

uzunluk:

I. durum = Arac. 1. lambada kırmızı abartılı yeşil ışık yanıldığında harekete başlaması

$$\frac{x_2}{2} = v \quad t_1 = \frac{x_2}{2v} \quad (\text{yolun yarısında limit hızda ulaşması})$$

$$\frac{x_2}{2} = v \quad t_2 = \frac{x_2}{2v} \quad (\text{yolun yarısını limit hızda bitirme})$$

$$\frac{v \cdot t_1}{2} = \frac{v}{2} \Rightarrow \frac{v \cdot t_1}{2} = \frac{v \cdot t_2}{2}$$

$$\frac{x}{2} = t_1 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \frac{x}{2} = t_2 \end{array} \right\} t_1 + t_2$$

(D9, Yeşil dalga etkinliği, matematiksel problemin çözümü)

Yeşil dalga etkinliğinde D9 öğretmen adayı sabit ivmeli ve sabit hızlı hareketlerin her ikisinde de aynı hareket denklemlerini kullanmış

ve uygun olmayan denklemleri kullandığı için yanlış cevap kategorisinde yer almıştır.

Yeşil dalga ve çitalar etkinliklerinde öğretmen adaylarının problem durumunda verilen değişkenleri kullanarak model oluşturma yerine soru çözmeye çalıştıkları tespit edilmiştir. Son olarak Cenova çeşmesi etkinliğinde bazı adayların uygun olmayan hareket grafiklerini kullandıkları belirlenmiştir.

Etkinliklerde verilen yanlış cevapların biri olan film hileleri etkinliğinde yanlış cevap kategorisinde yer alan D13 öğretmen adayı bağıl hareket formülünü yazmış ve bu formülde zamana bağlı olarak diferansiyel olarak işlemi bitirmiştir.

$$v_B = v_A - v \quad r_B = r_A - R \quad \frac{dr_B}{dt} = \frac{dr_A}{dt} - \frac{R}{dt} \quad v_B = v_A - v$$
$$\frac{dv_B}{dt} = \frac{dv_A}{dt} - \frac{dv}{dt}$$

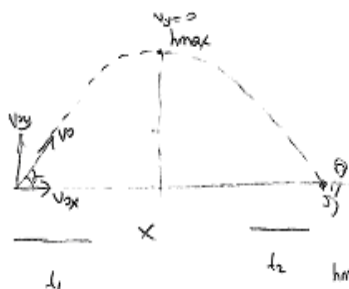
(D13, film hileleri etkinliği, matematiksel problemin çözümü)

Kısmen doğru cevap kategorisi incelendiğinde bu aşamada öğretmen adayları iki kategori altında toplanmıştır. Bunlardan ilki çitalar etkinliğinde yedi, ilginç gelenek etkinliğinde altı ve adımlar etkinliğinde dört öğretmen adayı tarafından yapılan gerçek dünya probleminde istenilenlerin bir kısmını bulabilme, ikincisi ise Cenova çeşmesi etkinliğinde üç, düşen kiremit etkinliğinde iki ve balerin etkinliğinde üç öğretmen adayı tarafından yapılan işlem hatasıdır.

$$\begin{array}{l}
 \int g dt = \frac{dy}{dt} \\
 \int g dt = v \\
 \int g dt = v \\
 \int g dt = \frac{dy}{dt}
 \end{array}
 \quad
 \left|
 \begin{array}{l}
 h = \frac{1}{2} g t^2 \quad a = \frac{dv}{dt} \\
 F = m g \quad v = \frac{dy}{dt} \\
 = m g = m g \quad a = \frac{d^2 y}{dt^2} \\
 \frac{d^2 y}{dt^2} = g \quad \int \left(\frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) \right)
 \end{array}
 \right.$$

(D19, İlginç gelenek etkinliği, matematiksel problemin çözümü)

İlginç gelenek etkinliğinde kısmen doğru cevap veren öğretmen adayı diferansiyel eşitliklerden yararlanarak hız değerinin nasıl bulunacağını elde etmiş ancak yüksekliğin nasıl hesap edildiğini ortaya koyamamışlardır.



$$\begin{array}{l}
 X = v_{0x} \cdot t \\
 X = X_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 \\
 X = v_{0x} \cdot t \\
 y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\
 y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\
 v_y = v_{0y} - g \cdot t \\
 0 = v_{0y} - g \cdot t \\
 t = \frac{v_{0y}}{g} \\
 X = v_{0x} \cdot \frac{v_{0y}}{g} \\
 X = \frac{v_{0x} \cdot v_{0y}}{g} \\
 X = \frac{v_0^2 \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta}{g} \\
 X = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}{2g}
 \end{array}$$

(D8, Balerin etkinliği, matematiksel problemin çözümü)

Balerin etkinliğinde D8 öğretmen adayı matematiksel formülün oluşturulması için uygun hareket denklemlerini kullanmış, ancak sonrasında işlem hatası yaptığı için doğru sonucu elde edememiştir.

Çözümü yorumlama aşaması

Matematiksel modelleme etkinliklerinin bir sonraki aşaması olan çözümü yorumlama aşamasında öğretmen adaylarına başlangıçtaki gerçek dünya problemi ile elde ettikleri çözümü kullanmalarına yönelik sorular yöneltilmiştir. Uygulamalarda bazı etkinliklerde bu aşamaya yönelik tek soru yer alırken bazı etkinliklerde üç soru yer alabilmektedir.

Tablo 6. Çözümü yorumlama aşaması öğretmen adayı puanları

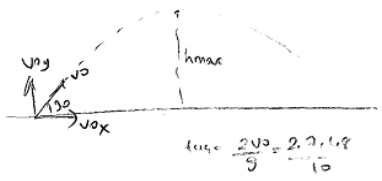
Değerlendirme kategorileri	Etkinlikler	Doğru	Kısmen doğru	Yanlış	Boş
Çözümü yorumlama 1	Yeşil dalga	1	8	3	
	Çitalar	5	5	2	
	İlginç gelenek	6	4	1	1
	Cenova Çeşmesi	8	2	2	
	Düşen kiremit	11	1		
	Balerin	10	1	1	
	Adımlar	12			
	Film hileleri	9	3		
	Yeşil dalga	5	3	3	1
	İlginç gelenek	5	5	1	1
Çözümü yorumlama 2	Cenova Çeşmesi	9	2	1	
	Düşen kiremit	12			
	Balerin	8	3	1	
	Adımlar	10	2		
	Yeşil dalga	3	1	8	
Çözümü yorumlama 3	Adımlar	8		2	2

Bu aşamada yeşil dalga, çitalar ve ilginç gelenek etkinliklerinde boş cevap kategorisi bulunmaktadır. Öğretmen adayları tarafından elde edilen puanlar incelendiğinde, aşamalar boyunca bu kısımdan alınan puanlarda artış olduğu görülmektedir. Bu kategoride oluşturulan yanlış

cevapların tümü yanlış hareket denklemlerini kullanmaktan kaynaklanmaktadır.

“ $v = a.t$ $x = v.t$ $x = a.t^2$ ”(D16, Yeşil dalga etkinliği, çözümü yorumlama)

Çözümü yorumlama aşamasına verilen kısmen doğru cevaplar incelendiğinde oluşturulan ilk kategori işlem hatasından kaynaklanan cevaplardır. Bu kategoride verilen cevaplar yeşil dalga etkinliğinde sekiz, balerin etkinliğinde farklı iki soruda bir ve üç ve adımlar etkinliğinde iki öğretmen adayı tarafından verilen cevaplardır. Aşağıda bu konuda bir örnek yer almaktadır.



$$t_{uçu} = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{2 \cdot 7,48}{10}$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{2,918}{20}$$

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t = 7,48 \cdot \frac{6}{10} \cdot 2 \cdot \frac{2,918}{10}$$

$$x = (7,48)^2 \cdot 0,14$$

$$70 = \frac{v_0^2}{80}$$

$$v_0^2 = 0,70 \cdot 80$$

$$v_0 = \sqrt{56}$$

$$v_0 = 2,34 = 2,34$$

$$v_0 = 2,3408$$

(D8, balerin etkinliği, çözümü yorumlama)

Kısmen doğru cevap kategorisinde yapılan başka bir eksiklik Cenova çeşmesi etkinliğinde farklı iki soruda yer alan ve iki öğretmen adayı tarafından yapılan uygun hareket denklemlerini kullanıp işlemleri tamamlamamadır. Kısmen doğru cevap kategorisinde yeşil dalga etkinliğinde farklı sorularda üç ve bir, çitalar etkinliğinde beş, ilginç gelenek etkinliğinde beş, balerin etkinliğinde bir ve adımlar etkinliğinde iki öğretmen adayı tarafından çözümü yorumlama aşamasında soruların bir kısmına cevap verilmiştir. Son olarak bu kategoride yer alan cevaplarda öğretmen adaylarının çözümün bir kısmında yanlış hareket denklemlerini kullandıkları tespit edilmiştir. Kullanılan yanlış hareket denklemleri incelendiğinde Cenova çeşmesi etkinliğinde dört öğretmen adayının $x = a.t^2$ ve film hileleri etkinliğinde üç öğretmen adayının $v_{bağıl}$

= $V_{cisim} - V_{gözlemci}$ formüllerini kullandığı tespit edilmiştir. Yine aynı aşamada ilk altı etkinlikte yer alan sorularda öğretmen adaylarının bir önceki aşamada buldukları matematiksel formül yerine sonuca daha karmaşık ve uzun yollardan ulaştıkları belirlenmiştir.

Modelin doğrulanması aşaması

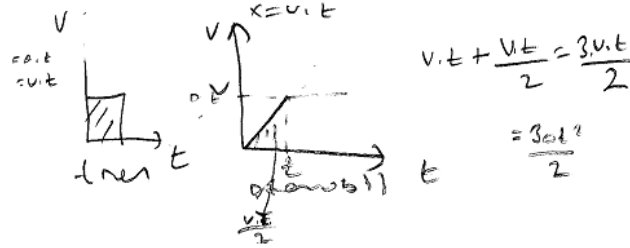
Modelin doğrulanması aşamasında öğretmen adaylarına oluşturdukları modeli genişletmelerine yönelik sorular yöneltilmiştir.

Tablo 7. Modelin doğrulanması aşaması öğretmen adayı puanları

Değerlendirme kategorileri	Etkinlikler	Doğru	Kısmen doğru	Yanlış	Boş
Modeli uygulama 1	Yeşil dalga		3	9	
	Çitalar	1	1	10	
	İlginç gelenek	3	5	2	2
	Cenova Çeşmesi	7	5		
	Düşen kiremit	6	5	1	
	Balerin		11	1	
	Adımlar	9	3		
	Film hileleri	7	5		
Modeli uygulama 2	Yeşil dalga	3	5	3	1
	Çitalar	7	3	1	1
	İlginç gelenek	7	1	3	1
	Cenova Çeşmesi	10	2		
	Düşen kiremit	4	8		
Modeli uygulama 3	Yeşil dalga		3	9	
	İlginç gelenek	3	6	2	1
Günlük hayata uyarlama	Çitalar	12			
	Cenova Çeşmesi	1	5	1	5
	Düşen kiremit	11	1		
	Balerin	12			
	Adımlar	12			

Yöneltelen sorular incelendiğinde yeşil dalga, çitalar ve ilginç gelenek etkinliklerinde bazı öğretmen adayları boş cevap kategorisinde yer alırken diğer etkinliklerde bu aşamaya boş cevap verilmemiştir. Aynı aşamada öğretmen adayları tarafından elde edilen yanlış cevaplar kategorilendirildiğinde farklı nedenlerden dolayı yanlış cevapların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Yeşil dalga etkinliğinde farklı sorularda dokuz ve üç, çitalar etkinliğinde 10 ve ilginç gelenek etkinliğinde iki öğretmen adayının istenilen cevaba uymayan yanlış açıklamalar kullandıkları tespit edilmiştir.

Modelin doğrulanması aşamasında yeşil dalga etkinliğinde altı ve ilginç gelenek etkinliğinde bir öğretmen adayı tarafından yanlış hareket grafikleri kullanıldığı için soru çözülememiştir.



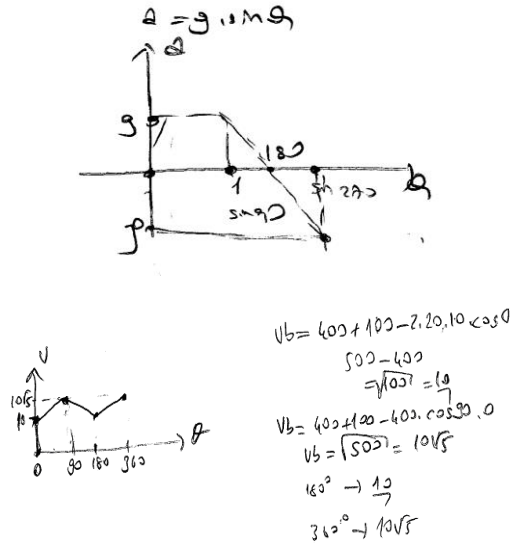
(D18, Yeşil dalga etkinliği, modelin doğrulanması)

Yeşil dalga etkinliğinde üç, çitalar etkinliğinde bir, ilginç gelenek etkinliğinde bir, düşen kiremit etkinliğinde bir ve balerin etkinliğinde bir öğretmen adayının yanlış hareket denklemleri kullandıkları için bu kategoride yer aldıkları belirlenmiştir. Yanlış cevap kategorisinde yer alan son cevap türü ilginç gelenek etkinliğinde üç öğretmen adayı tarafından yapılan sayı değerlerini kullanma eğilimidir.

“Saniyeyi bilmemiz gerekir hangi saniyeyi bulmamız isteniyorsa diğer zaman aralıklarını çıkardığımızda o

saniyeyi buluruz. $h = 1/2gt^2$ x'i bulduğumuz zaman t'yi bildiğimiz için V'ye geçeriz.”(D12, İlginç gelenek etkinliği, modeli yorumlama)

Kısmen doğru cevap kategorisinde yer alan cevaplar incelendiğinde modelin doğrulanması aşamasında ilk dört etkinlikte adayların istenilen bilgilerin bir kısmını açıkladıkları belirlenmiştir. Yeşil dalga etkinliğinde farklı sorularda dokuz ve üç, çitalar etkinliğinde 10 ve ilginç gelenek etkinliğinde iki öğretmen adayı bu kategoride yer almıştır. Düşen kiremit etkinliğinde farklı sorularda beş ve sekiz ve balerin etkinliğinde 11 öğretmen adayı işlem hatası yaptığı için kısmen doğru cevap kategorisinde yer almıştır. Son iki etkinlik olan adımlar ve film hileleri etkinliklerinde öğretmen adaylarından belirli değerlere karşılık gelen bir trigonometrik fonksiyon grafiği çizmeleri istenmiş, ancak adımlar etkinliğinde üç ve film hileleri etkinliğinde beş öğretmen adayı uygun grafik değerlerini bulmalarına karşın trigonometrik değerlere bağlı bir fonksiyonun grafiğini çizememişlerdir.



(D3, Adımlar, modelin doğrulanması) (D16, Film hileleri, modelin doğrulanması)

Uygulamalar sürecinde öğretmen adaylarının modeli gerçek dünyaya uygulamada herhangi bir zorlukla karşılaşmadığı, gerçek dünya ile ilişkili mantıklı örnekler verdikleri ve bu örnekleri problem durumu ile ilişkilendirdikleri belirlenmiştir. Çitalar, cenova çeşmesi, düşen kiremit, balerin, adımlar ve film hileleri etkinliklerinde adaylardan öğrendikleri bilgileri günlük hayata uyarlamaları istenmiştir. Çitalar etkinliğinde öğretmen adaylarının verdiği günlük yaşamla ilişkili örnekler incelendiğinde trafikle, asansörlerle ve fizik dersleri ile ilişkili örneklerin verildiği tespit edilmiştir. Verilen cevapların genellikle hareket denklemlerinde kullanılan günlük hayatla ilişkili ve adayların çevrelerinde gördükleri örnekler olduğu düşünüldüğünde adayların bu konuda yeni ve farklı örnekler vermedikleri görülmektedir. Cenova çeşmesi etkinliğinde gerçek dünya problemi ile ilişkili olan fıskiye ve şelale örnekleri dışında çevrelerinde karşılaştıkları top sektirme veya istop gibi örnekleri verdikleri tespit edilmiştir. Adayların bu etkinlikten itibaren günlük hayatla ilişkilendirme konusunda çevrelerindeki durumları da dersle ilişkilendirmeye başladıkları görülmektedir. Düzlemde hareket ünitesinde yer alan günlük hayatla ilişkili sorularda ise öğretmen adaylarının tüm etkinliklerde yeni ve farklı örnekler verdikleri ve bu örnekleri mevcut konu ile ilişkilendirdikleri belirlenmiştir.

Özetle incelenen öğretim materyallerinde ilk etkinlikten itibaren öğretmen adayları tarafından elde edilen puanlarda tüm aşamalarda artış olduğu belirlenmiştir. İlk etkinliklerde tüm aşamalarda boş ve yanlış cevap kategorisine ait açıklamalar yer alırken ilerleyen etkinliklerde

adayların genellikle kısmen doğru veya doğru cevap kategorilerinde yer aldıkları görülmektedir. Uygulamalarda öğretim materyallerinde verilen yanlış cevaplarda farklı alt kategoriler oluşmasına rağmen, kısmen doğru cevap kategorilerinde genellikle istenilenlerin bir kısmının belirlenmesi veya işlem hatası kaynaklı cevapların yer aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte uygulamalar sürecinde yeşil dalga, çitalar, ilginç gelenek, düşen kiremit, Cenova çeşmesi ve balerin etkinliklerinde öğretmen adaylarının çözümü yorumlama aşamasında yer alan soruyu çözerken bir önceki aşama olan matematiksel problemin çözümü aşamasında elde ettikleri formüller yerine, genel hareket denklemlerini kullandıkları ve bu nedenle daha uzun işlemler yaparak doğru sonuca ulaştıkları belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

Problemi tanıma ve şekil çizme aşamalarından oluşan gerçek dünya problemi aşamasını tamamlayan öğretmen adaylarının matematiksel modeli çözümede daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Alanda yürütülen çalışmalar incelendiğinde matematiksel modellemenin öğrencilerin okuma ve yazma becerilerine katkısı olduğu (Bergman-Ärleback, 2009; English, 2003), şekil çizen öğrencilerin çözüm stratejileri geliştirdikleri ve bilişsel performanslarının arttığı (Pantziara, Gagatsis ve Elia, 2009), bu durumun soruyu bir hiyerarşi doğrultusunda çözmeye yardımcı olduğu (Diezmann, 2002; Pantziara, vd., 2009), şekil çiziminin problem durumunu kolaylaştırdığı (Pantziara, vd., 2009; Parasuk ve Beyranedand, 2010) ve bu sayede anlamlı öğrenmenin gerçekleştiği (Nunokawa, 2006) bilinmektedir. Adayların modeli çözümedeki başarıları, problem durumunu ve değişkenleri daha yakından tanımlarından, olayların nedenlerini anlayarak, irdeleyerek ve

yorumlayarak mevcut duruma anlam yükleyip bu durumu matematiksel modelin formülleştirilmesinde kullanmalarından kaynaklanabilir. Bu nedenle matematiksel modelleme etkinliklerinde gerçek dünya probleminin tanınmasının olayların nedenleri ile anlama, yorumlama ve irdeleme konusunda problemin çözümüne katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Gerekli değişkenlerin belirlenmesi aşamasında ilk etkinliklerde öğretmen adaylarının birçok değişkeni gerekli değişken olarak ifade ettikleri tespit edilmiştir. Maull ve Berry (2001) öğrencilerin değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak tam göremediklerinden, kritik edemediklerinden ve sonrasında yansıtamadıklarından değişkenlerin belirlenmesi konusunda başarısız olduklarını ifade etmiştir. Bu durum daha fazla değişkeni dikkate aldıkları için öğretmen adaylarının matematiksel problemin çözümünde zorlanmalarının bir nedeni olarak düşünülmektedir. Adayların yerçekimi ivmesi, zaman ve ağırlık gibi kavramları sıklıkla ihmal edilebilir değişken olarak ifade etmesi Prins vd. (2009) ve Tipi (2009), tarafından da ifade edildiği gibi problemlerde gerekli ve ihmal edilebilir değişkenleri birbiri ile karıştırmalarından kaynaklanabilir. Problemlerin çözümünde araştırma içerisinde kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi çözümün karmaşıklığında veya geçerliliğinde önemli roller üstlenmektedir. Gerçek dünya probleminin çözümünde gereğinden fazla değişkenin kullanılması sonucun geçerliliğini ve çözümün karmaşıklığını artırırken, gereğinden az değişkenin kullanılması adaylara çözüme ulaşmada kolaylıklar sağlayarak sonucun geçerliliğini de tartışmalı hale getirebilir. Benzer olarak Ikahata (2007), öğrencilerin gereksiz değişkenleri çalışmaya dahil etme eğiliminde olduklarını ve

önemli değişkenler yanında önemsiz olanları da çalışma için gerekli değişken olarak ifade ettiklerini ve bu durumun kendileri için yeterli olmayan özel durumlara onları yönlendirdiğini belirtmiştir. Öğretmen adaylarının ihmal edilebilir değişkenlerin belirlenmesinde bazı değişkenleri sıklıkla ihmal edilebilir değişken olarak ifade ettikleri belirlenmiştir. Bukova-Güzel ve Uğurel (2010)'da değişkenlerin belirlenmesi aşamasının problemi çözmeye olumlu etki yaptığını, değişkenleri belirleyen öğretmen adaylarının matematiksel problemi daha kolay çözebildiklerini belirtmiştir. Mevcut literatür ve elde edilen bulgular neticesinde adayların ihmal edilebilir değişkenleri belirlemede çok çaba göstermedikleri ve bu kısma fazla önem vermedikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Matematiksel problemin çözümü ve çözümün yorumlanması aşamalarında ilk etkinliklerde öğretmen adayları, daha önce kullandıkları soru çözme tekniklerinden yararlanarak matematiksel problemi çözmeye çalışmışlardır. Bu durumu Sağlam-Arslan ve Arslan (2010) ve Özer- Keskin (2008) adayların matematiksel problemi aşına oldukları formüllerle çözmeye çalışmalarına bağlamaktadır. Buna bağlı olarak öğretmen adaylarının özellikle ilk etkinliklerde matematiksel formülü çözmeye zorlanmalarına karşın çözümü yorumlama aşamasını yapabilmelerinin bir sonucunu da ortaya koymaktadır.

Modelin doğrulanması aşamasında yer alan bazı etkinliklerde öğretmen adaylarının ihtiyaç duyulan matematik bilgilerini kullanamadıkları için doğru cevap veremedikleri tespit edilmiştir. Bu durum, öğretmen adaylarının matematik bilgilerini fizik dersine uyarlayamadıkları veya matematik dersinde öğrendiklerini sadece matematik dersi kapsamında kullanılacağını düşünmelerinden

kaynaklanabilir. Thinker ve Thomson'a (2003) göre, eğitim öğretimde fizik ve matematik derslerinin ayrı ve ilişkisiz dersler olarak yürütülmesi neticesinde öğrenciler tarafından fizik ve matematiğin ayrı algılanması ve bu derslere ayrı birer ders olarak çalışılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca bu iki alanda ortak kavramlar yer almaktadır ve matematik sınıflarında matematikle, fizik sınıflarında da fizikle karşılaşmak beklenmektedir (Wallance ve Ellerton, 2004). Bunun sonucunda adayların güçlü bir matematik alt yapısına sahip olmadıkları, matematikten yararlanma ve matematiği yeni ve farklı durumlara uyarlama becerilerinin gelişmesinin zaman ve çaba gerektirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Matematiksel modelleme çalışmaları ile öğretmen adaylarının modelleme becerilerinde gelişme belirlenmiş ve ilerleyen etkinliklerde adayların matematik bilgilerini daha kolay kullandıkları ve günlük yaşam- fizik bağı kurarken yeni ve farklı durumları gözleyebildikleri belirlenmiştir. Benzer olarak Doruk (2010)'da matematiksel modelleme kullanılan derslerde yer alan öğrencilerin matematiksel modelleme kullanılmayan derslerde yer alan öğrencilere göre günlük hayat ile matematik arasında ilişki kurmada daha başarılı olduklarını ifade etmiştir. Bu nedenle öğretmen eğitiminde verilecek olan matematiksel modelleme çalışmaları ile öğretmen adaylarının fizik- matematik- günlük hayat bağlantılarını kolaylıkla kurabilecekleri ve bu durumu gelecekte yürütecekleri derslere de yansıtabilecekleri düşünülmektedir.

Uygulamalar sürecinde öğretmen adayları yalnızca sınıf ortamında çalışma kağıtlarında yer alan verileri kullanarak gerçek dünya problemi ile karşılaşmış ve soyut bu veriler üzerinden çalışmalarını yürütmüşlerdir. Yürütülen uygulamalarda gerçek dünya ile ilişkili

deneylemler kullanılabilir ve bu deneyler yardımı ile öğretmen adaylarının verileri toplayıp bunlar üzerinden işlemlerini yürütmeleri sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Ang, K.C. (2010). *Teaching and learning mathematical modelling with technology*, Proceedings of the 15th Asian Technology Conference in Mathematics, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Ashmann, S., Zawojewski, J. & Bowman, K. (2006). Integrated mathematics and science teacher education courses: a modelling perspective, *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 6, 2, 189-200.
- Bergman-Ärleböck, J. (2009). On the use of realistic fermi problems for introducing mathematical modelling in school, *The Montana Mathematics Enthusiast*, 6, 3, 331-364.
- Barquero, B., Bosch, M. & Gascón, J. (2007). *Using research and study courses for teaching modelling at university level*, In M. Bosch (Ed.), Proceedings of the V Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 5), 2050-2059, Barcelona.
- Biembengut, M., S. & Hein N. (2007). *Mathematical modeling: implications for teaching*, 13th Conference of the International Community of Teachers of Mathematical Modeling and Applications, Indiana University, Bloomington, USA.
- Blomhøj, M. (2007). *Developing mathematical modelling competency through problem based project work - experiences from Roskilde University*, Ninth International History, Philosophy & Science Teaching Conference, <http://www.ucalgary.ca/ihpst07/proceedings/IHPST07%20papers/125%20Blomhoj.pdf> [09.05.2011]
- Blomhøj, M. & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: conceptual clarification and educational planning, *Teaching Mathematics and its Applications*, 22, 3, 123-139.
- Blomhøj, M. & Kjeldsen, T. (2007). *Learning the integral concept through mathematical modelling*. In: Pitta-Pantazi, D & Philippou, G. (Eds): CERME 5 – Proceedings of the Fourth

- Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 2070-2079.
- Blum, W. & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: can it be taught and learnt?, *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1, 1, 45-58.
- Bukova- Güzel, E. ve Uğurel, I. (2010). Matematik öğretmen adaylarının analiz dersi akademik başarıları ile matematiksel modelleme yaklaşımları arasındaki ilişki, *Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 1, 69-90.
- Dervişoğlu S. ve Soran H. (2003). Orta öğretim biyoloji eğitiminde disiplinler arası öğretim yaklaşımının değerlendirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 48-57.
- Diezmann, C. M. (2002). Enhancing students' problem solving through diagram use, *Australian Primary Mathematics Classroom*, 7, 3, 4-8.
- Doerr, H. M. & Tripp, J. S. (1999). Understanding how students develop mathematical models, *Mathematical Thinking and Learning*, 1, 3, 231 - 254.
- Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- English, L. D. (2003). *Mathematical modelling with young learners*, In S. J. Lamon, W. A., Parker & S.K.Houston (Eds.), *Mathematical modelling: a way of life* (3-18). Chichester: Horwood Publishing.
- Friesel, A. & Nicolakis, G. A. (2006). *Mathematical modeling as a tool to improve learning of mathematics*, 9th International Conference on Engineering Education, July 23 – 28, <http://icee.usm.edu/icee/conferences/icee2006/papers/3478.pdf> [05.05.2011]
- Haynie, W.J. & Greenberg, D. (2001). Genetic disorders: an integrated curriculum project, *The Technology Teacher*, 60, 6, 10-13.
- Heck. A. (2010). Modelling in cross-disciplinary authentic student research projects, *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 17, 3, 115-120.
- Hickman, F.R. (1986). Mathematical Modelling in Physics, *Physics*

Education, 21, 173–180.

- Ikahata, S. (2007). *How do novice students in mathematical modelling estimate assumptions?*, 13th Conference of the International Community of Teachers of Mathematical Modeling and Applications. Indiana University Bloomington, USA.
- Klymchuk S., Zverkova T., Gruenwald N. & Sauerbier G. (2008). Increasing engineering students' awareness to environment through innovative teaching of mathematical modelling, *Teaching Mathematics and its Applications*, 27, 3, 123- 130.
- Lin, F.L. & Yang, K.L. (2005). Distinctive characteristics of mathematical thinking in non-modelling friendly environment, *Teaching Mathematics Applications*, 24, 97-106.
- Maaß, K. (2005). Barriers and opportunities for the integration of modelling in mathematics classes: results of an empirical study, *Teaching Mathematics and its Application*, 24, 2-3, 61–74.
- Martinez-Luaces V. (2005). Engaging secondary school and university teachers in modelling: some experiences in South American Countries, *International Journal of Mathematics Education and Science Technology*, 36, 2–3, 193–205.
- Mauß W. & Berry J. (2001). An investigation of student working styles in a mathematical modelling activity, *Teaching Mathematics And its Applications*, 20, 2, 78, 88.
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 3, 269-280.
- Munier, V. & Merle, H. (2009). Interdisciplinary Mathematics–Physics approaches to teaching the concept of angle in elementary school, *International Journal of Science Education*, 31, 14, 1857–1895.
- Nuokawa, K. (2006). Using drawings and generating information in mathematical problem solving processes, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2, 3, 33-54.
- [Ogunsola-Bandele, M. F.](#) (1996). *Mathematics in Physics - Which way forward: the influence of mathematics on students' attitudes to the teaching of Physics*, Paper presented at the Annual Meeting of the National Science Teachers Association, Nigeria.

- Özer-Keskin, Ö. (2008). *Ortaöğretim Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir araştırma*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özsevgeç, T. (2007). *İlköğretim 5. sınıf kuvvet ve hareket ünitesine yönelik 5E modeline göre geliştirilen rehber materyallerin etkililiklerinin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Pantziara, M., Gagatsis, A. & Elia, I. (2009). Using diagrams as tools for the solution of non-routine Mathematical problems, *Education Study of Mathematics*, 72, 39–60.
- Parasuk, R. M. & Beyranedand, M. L. (2010). Algebra students' ability to recognize multiple representations and achievement, *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, <http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/panasuk.pdf> [05.05.2011].
- Prins G., T., Bulte, A. M. W., Driel J. H. V. & Pilot, A. (2009). Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in Chemistry education, *Research Science Education*, 39, 681–700.
- Saastamoinen, K. (2005). *Mathematical modelling course using the internet*, 2th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, http://www.ecti-thailand.org/assets/papers/273_pub_24.pdf [14.03.2011]
- Saglam-Arslan, A. & Arslan, S. (2010). Mathematical models in Physics: A study with prospective Physics teacher, *Scientific Research and Essays* 5, 7, 634-640.
- Taşkın-Can, B., Cantürk Günhan, B. ve Öngel E.S. (2005). Fen Bilgisi öğretmen adaylarının fen derslerinde matematiğin kullanımına yönelik özyeterlik inançlarının incelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, <http://egitimdergi.pamukkale.edu.tr/makale/say17/5-FEN%20BİLGİSİ%20ÖĞRETMEN%20ADAYLARININ%20FEN%20DERSLERİNDE%20MATEMAT...pdf> [7.03.2007]
- Tinker, M.H. & Thomson, J.J. (2003). Teaching mathematics to physicists in the UK – FLAP and PPLATO, *Europhysics News*, Vol. 34 No. 5

<http://www.europhysicsnews.com/full/23/article4/article4.html>
[7.03.2008]

- Tipi, N. S. (2009). Teaching and assessing supply chain modelling modules in higher education, *The International Journal of Learning*, 16, 3, 283-292.
- Wallace, M. L. & Ellerton, N. F. (2004). *Language & Belief Factors in Learning & Teaching Mathematics & Physics: a study of three teachers*, [Psychology of Mathematics & Education of North America](#); Annual Meeting, Toronto, CA, 1, 7.
- White, A. (2000). Mathematical modelling and the general mathematics syllabus, *Curriculum Support for Teaching in Mathematics*, 5, 3, 7-12.
- Yıldırım, A. (1996). Disiplinlerarası öğretim kavramı ve programlar açısından doğurduğu sonuçlar, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 12, 89-94.
- Zbiek, R. M. & Conner, A. (2006). Beyond motivation: exploring mathematical modeling as a context for deepening students' understandings of curricular Mathematics, *Educational Studies in Mathematics*, 63, 1, 89-112.