



7. Sınıf Öğrencilerinin Enerji Dönüşümleri İle İlgili Model Tabanlı Açıklamalarının Tasarım Odaklı Düşünme Aracılığıyla Desteklenmesi *

Ayşe Çiftçi ¹, Mustafa Sami Topçu ²

Öz

Öğrenme ortamları, öğrencilerin disiplinler arası ve anlaşılması zor kavramları içeren enerji dönüşümleri konusunu anlamlı bir şekilde öğrenmelerine olanak sağlamalıdır. Bu amaçla, bu çalışmada yenilikçi bir yaklaşım olan tasarım odaklı düşünme (design thinking) kullanılmıştır. Bu bağlamda, enerji dönüşümleri konusu ile ilgili tasarım odaklı düşünme temelli bir modül geliştirilmiş ve 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Ayrıca öğrencilerin enerji dönüşümleri konusuna ilişkin model tabanlı açıklamalarının gelişimi incelenmiştir. Tasarım temelli ampirik bir araştırma (design-based empirical research) olarak dizayn edilen çalışmada, veri toplama aracı olarak öğrenciler tarafından oluşturulan ön ve son model tabanlı açıklamalar kullanılmıştır. Veri analizi için uzman görüşlerinden yararlanılarak, model tabanlı açıklamaların öğeleri olan bileşenler (components) ve bağlantılar (sequences) için iki ayrı rubrik geliştirilmiştir. Tasarım odaklı düşünmenin uygulanması sonucunda, öğrencilerin enerji dönüşümleri kapsamına giren kavramlara ilişkin kullandıkları bileşenlerin ve kurdukları bağlantıların düzeylerinin, kısacası model tabanlı açıklamalarının geliştiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, tasarım odaklı düşünme yaklaşımının ortaokul öğrencilerinin enerji dönüşümleri ile ilgili model tabanlı açıklamalarının gelişimini nasıl desteklediği hakkında bilgi sağlayarak literatüre katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Tasarım odaklı düşünme
Enerji dönüşümleri
Ortaokul öğrencileri
Model tabanlı açıklamalar
Fen dersleri

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 02.02.2022
Kabul Tarihi: 03.02.2023
Elektronik Yayın Tarihi: 03.07.2023

DOI: 10.15390/EB.2023.11605

* Bu makale Ayşe Çiftçi'nin Mustafa Sami Topçu danışmanlığında yürüttüğü "Tasarım odaklı düşünme temelli bir enerji dönüşümleri modülünün geliştirilmesi ve uygulanması" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir. Ayrıca 2021 yılında "National Association of Research in Science Teaching (NARST)" konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye, a.ciftci@alparslan.edu.tr

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye, mstopcu@yildiz.edu.tr

Giriş

Tasarım odaklı düşünme (DT), fikir üretme ve bu fikir için prototip geliştirme yoluyla bir yenilik ortaya koyma aşamalarını içeren insan merkezli bir yaklaşımdır (Hehn ve Mendez, 2022; Melles, Anderson, Barrett ve Thompson-Whiteside, 2015). DT yaklaşımı, 21. yüzyıl için gerekli olan öğrenme ve öğretme becerilerini geliştiren bir yaklaşım olarak eğitimde önem kazanmıştır (Cook ve Bush, 2018; Çiftçi ve Topçu, 2020; Retna, 2016). Ayrıca DT yaklaşımı öğrencilerin deneyimsel öğrenmelerinin gelişimine ve disiplinler arası içerik öğrenmelerine de katkı sağlamaktadır (Canestraro, 2017; Cook ve Bush, 2018; Kwek, 2011). DT yaklaşımında empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototip oluşturma ve test etme aşamaları döngüsel olarak takip edilir ve bu durum zihinde var olan bilgilerin gözden geçirilmesine olanak sağlar (Deepa, 2020). Lineer süreçlerin değil yinelemeli süreçlerin öğrencilerin konuları etkili bir şekilde öğrenmelerine katkı sağlaması (Nordine, Krajcik ve Fortus, 2011) DT yaklaşımının öğrenmeyi desteklemesinin bir nedeni olabilir. Benzer şekilde, alan yazında son zamanlarda tasarım odaklı yaklaşımların fenni öğrenmede çok etkili olduğu vurgulanmaktadır (Chusinkunawut, Henderson, Nugultham, Wannagatesiri ve Fakcharoenphol, 2020; Çiftçi ve Topçu, 2020; Ladachart, Radchanet ve Phothong, 2022; Nichols, Musofer, Fynes-Clinton ve Blundell, 2021; Yang, Kim ve Kang, 2020).

DT yaklaşımının katkıları, eskiz ve prototip oluşturma aşamaları sayesinde, öğrencilerin model geliştirme becerilerini desteklemesini de içermektedir (Nickerson, 1994; Vial, 2013). Modelleme, DT'nin dili olarak kabul edilmektedir (Andreasen, 1994; Baynes ve Norman, 2012; Cross, 2006). Ayrıca model geliştirme, Yeni Nesil Bilim Standartlarında (Next Generation Science Standards) yer alan yedi bilim ve mühendislik uygulamasından biridir (Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States, 2013). Dolayısıyla öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişiminin incelenmesi önemlidir. Ayrıca DT, modelleme ve model tabanlı açıklamalarda olduğu gibi, yinelemeli bir süreç içerdiğinden (Bressler ve Annetta, 2022; Razzouk ve Shute, 2012; Tellioglu, 2016), mevcut araştırmada öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişmesi beklenmektedir.

Mevcut araştırmada disiplinler arası bir içeriğe sahip olan enerji dönüşümleri konusu (Heron, Micheline ve Stefanel, 2009; Kurnaz, 2011; Nordine ve Lee, 2021) DT yaklaşımıyla çalışılmıştır. Enerji ve ilgili kavramlar, TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ve PISA (Programme for International Student Assessment) gibi uluslararası sınavlarda ve dünyadaki Fen Eğitimi Standartlarında (Duit, 2014) temel ve önemli kavramlar arasında ve NGSS tarafından belirlenen fen bilimlerinin ortak 7 kavramı arasında yer almaktadır (NGSS, 2013). Fen bilimlerinde ortak olan kavramlar bilim ve mühendislik uygulamalarının ve bu alanlardaki temel fikirlerin anlaşılmasını desteklediği için bu kavramların öğrenilmesi önemlidir (NGSS, 2013). Enerji dönüşümleri konusu soyut kavramlar ve öğrenciler tarafından anlaşılması zor kavramlar içerdiğinden (Bezen, Bayrak ve Aykutlu, 2016; Chen vd., 2014; Duit, 1984; Hartley, Momsen, Maskiewicz ve D'Avanzo, 2012; Kurnaz, 2011), bu konunun öğretilmesi yenilikçi eğitim yaklaşımlarının kullanılmasını gerektirmektedir (Ayдын ve Balım, 2005; Güven ve Sülün, 2018; Fortus vd., 2019; Fry, Dimeo, Wilson, Sadler ve Fawns, 2003; Kurnaz, 2011; Küçük, 2022; Trumper, 1990, 1991). Yukarıda belirtilen ifadeler doğrultusunda, bu çalışmada enerji dönüşümleri konusu için DT yaklaşımı temelli bir modül geliştirilmiş ve ortaokul 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Ayrıca 7. sınıf öğrencilerinin enerji dönüşümleri ile ilgili model tabanlı açıklamalarının gelişimi de incelenmiştir. Bu bağlamda, bu çalışma aşağıdaki araştırma sorusunu ele almaktadır:

- Tasarım odaklı düşünme yaklaşımı 7. sınıf öğrencilerinin enerji dönüşümleri ile ilgili model tabanlı açıklamalarını ne ölçüde desteklemektedir?

Çalışmanın Arka Planı ve Literatür Taraması

Öğrencilerin Enerji Dönüşümlerini Öğrenmede Yaşadıkları Zorluklar

Enerji dönüşümleri fizikte enerji konusundaki dört temel kavramdan (enerji dönüşümü, enerji transferi, enerji korunumu, enerji bozunması) biri olduğu için enerji dönüşümlerini anlamlı bir şekilde öğrenmek önem arz etmektedir (Duit, 2014). Ayrıca enerji birçok disiplinde kullanılan önemli, merkezi ve kapsamlı bir kavramdır (Fortus vd., 2019; NGSS, 2013) ve birçok konuya zemin hazırlamaktadır

(Fortus vd., 2019; Hartley vd., 2012). Örneğin, biyologlar bir ekosistemdeki organizmalar arasındaki ilişkileri tanımlamak için enerjiden yararlanırlar; kimyagerler kimyasal reaksiyonları enerji değişimlerine göre yorumlarlar; jeologlar levha tektoniğini tanımlayan modeller oluşturmak için enerjinin korunumu kanununu kullanırlar; astrofizikçiler evrenin şeklini ve yapısını resmederken enerji korunumu kanunundan yararlanırlar (Nordine, 2007). Ancak araştırmalar, K-12 (12 yıllık okul öncesi, ilk ve orta öğretim) eğitiminin sonunda, çoğu öğrencinin enerjiyi anlamakta güçlük çektiğini ve öğrencilerin enerjiyi çeşitli olgu ve konuları anlamlandırmak için kullanamadıklarını göstermiştir (Fortus vd., 2019). Ayrıca enerjinin farklı disiplinlerde kullanılması bu kavramın etkili bir şekilde öğrenilmesini zorlaştırmaktadır (Güven ve Sülün, 2019; Kurnaz, 2011; Liu ve Park, 2014). Enerjinin farklı disiplinlerde farklı tip ve amaçlarla kullanılması nedeniyle öğrenciler enerjiye dair farklı algılar oluşturabilmektedirler (Kurnaz, 2011).

Enerjinin soyut bir içeriğe sahip olması da (Bezen vd., 2016; Chen vd., 2014; Duit, 1984; Hartley vd., 2012; Kurnaz, 2011) öğrencilerin bu konuyu öğrenirken zorluk yaşamalarına neden olmaktadır. Örneğin, öğrenciler enerjiyi soyut yapılardan çok pil ve yakıt gibi malzemelerle ilişkilendirirler (Duit, 1984). Benzer şekilde, Yürümezoğlu, Ayaz ve Çökelez (2009) de öğrencilerin enerji dönüşümleri sürecinde gözlenebilen bir durum olduğunda enerji dönüşümünü kavrayabildiklerini, doğrudan gözlenemeyen durumlarda ise dönüşümü anlamakta sorun yaşadıklarını ifade etmektedirler. Dolayısıyla öğrencilerin soyut içeriğinden dolayı enerji dönüşümlerini öğrenme sürecinde de sorunlarla karşılaştıkları söylenebilir. Ayrıca enerji ile ilgili kavramların öğrencilerin zihinlerinde temel düzeyde kinetik ve potansiyel enerji olarak yapılandırıldığı ve öğrencilerin bu kavramların dönüştürülmesi ve korunumu yerine sadece temel kavramlara odaklandıkları ifade edilmektedir (Kıryak, Candaş, Karanisoğlu ve Özmen, 2019). Bu sonuç, öğrencilerin enerji dönüşümleri konusunda zorlandıklarını açıkça ortaya koymaktadır.

Bu sorunların bir nedeni, geleneksel eğitimin (yani düz anlatıma dayalı eğitim) günlük olaylarda yaşanan enerji dönüşümlerini değil, basit enerji hesaplamalarını içermesidir (Fortus vd., 2019; Nordine, 2007). Enerjinin günlük hayatta kullanımı ile bilimsel anlamı arasındaki uyumsuzluk da öğrenmeyi zorlaştırmaktadır (Brook, 1986; Chen vd., 2014; Nordine, 2007; Solomon, 1983; Wijayanti, Raharjo, Saputro ve Mulyani, 2018). Örneğin, bir bireyin günlük yaşamda uykunun kendisine enerji verdiğini ifade etmesi (Chen vd., 2014) veya “çok enerjim var” demesi, onun enerji ile güçlü olmayı yanlış bir biçimde ilişkilendirdiğini gösterir (Brook, 1986).

Yukarıdaki ifadeler doğrultusunda öğrencilerin enerji ve enerji dönüşümlerini öğrenmede sorun yaşadıkları söylenebilir. Enerji ve ilgili kavramlar 6.-8. sınıflarda etkili bir şekilde öğrenilmesi gereken temel ve önemli kavramlar olduğu (NGSS, 2013) ve TIMSS ve PISA gibi uluslararası sınavlarda da yer alan temel kavramlar arasında olduğu için bu sorunların ortadan kaldırılması önemlidir (Duit, 2014).

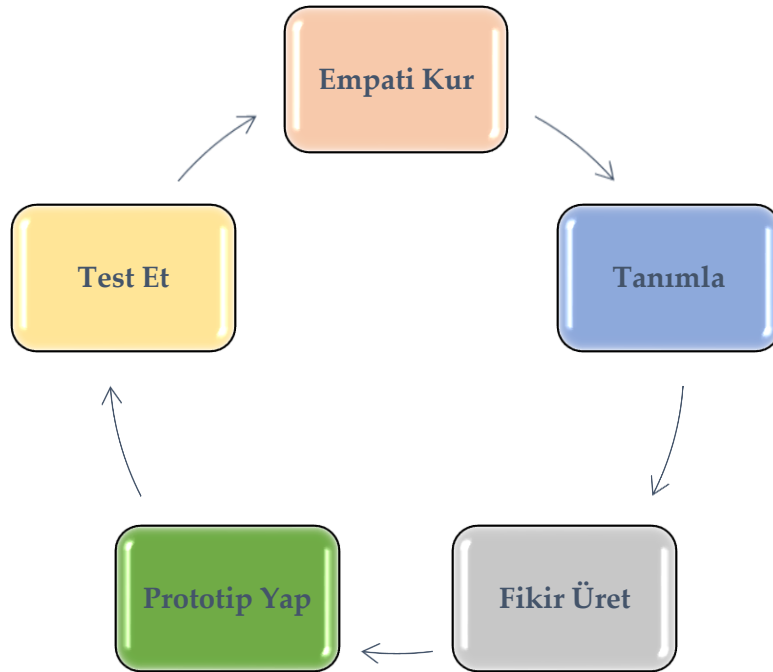
K-12 Eğitiminde Tasarım Odaklı Düşünme (Design Thinking, DT)

Tasarım odaklı düşünme (DT) ilk olarak Simon tarafından 1969 yılında tasarımın doğası üzerine yaptığı temel çalışmalarda ortaya atılmış ve tasarım dünyasında kullanılmak üzere 1987 yılında Rowe tarafından tanımlanmıştır (McCurdy, Nickels ve Bush, 2020). DT yaklaşımı Stanford Üniversitesi tarafından popüler hale getirilmiştir (Cabello Llamas, 2015; Yang, 2018). DT yaklaşımı, sorunları anlamayı ve bunlara yönelik yenilikçi çözümler sunmayı amaçlayan insan merkezli ve empati odaklı bir yaklaşımdır (Aflatoony, 2015; Canestraro, 2017; Taşpınar, 2022; von Thienen, Meinel ve Nicolai, 2014).

DT yaklaşımının eğitimde kullanılması, disiplinler arası konuların öğretimini kolaylaştırmak (Henriksen, 2017), öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek (Girgin, 2019; Lin, Shadiev, Hwang ve Shen, 2020; Retna, 2016) ve akademik performanslarını artırmak (Girgin, 2019; Simeon, Samsudin ve Yakob, 2020), gerçek dünya deneyimi sağlamak (Crane, 2018), edinilen bilgileri gerçek hayatla ilişkilendirmeye yardımcı olmak (Mahil, 2016), öğrenme motivasyonunu yükseltmek (Yang, 2018), öğrencilerin iletişim kurmasına yardımcı olmak (Yılmaz, 2022), fen içerik bilgisinin gelişimini

desteklemek (Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx ve Mamlok-Naaman, 2004; Kolodner vd., 2003; Simeon vd., 2020) ve eğitim ortamlarında ihtiyaçları belirlemek ve karşılamak (Aydemir, 2019) gibi önemli çıktılar sağlamaktadır. Ayrıca DT yaklaşımı, var olan bilgi ile yeni bilgi arasındaki bağlantıyı ve aktif öğrenmeyi desteklemektedir (Kwek, 2011; Özekin, 2006; Simeon vd., 2020). DT yaklaşımının literatürde ortaya konmuş olan ve yukarıda belirtilen çıktıları, bu yaklaşımın K-12 öğrenme ortamlarında uygulanmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

DT yaklaşımının öğrenme ortamlarında uygulanmasını kolaylaştıracak bazı modeller mevcuttur, örneğin, 3I (İlham, Fikir Üretme, Uygulama) modeli, HDC (Duy, Üret, Teslim Et) modeli, Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modeli. Bu çalışmada, Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modeli kullanılmıştır. Çünkü bu model, empati aşamasından başlayarak, öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırmaya katkıda bulunmaktadır (Cook ve Bush, 2018; Henriksen, Richardson ve Mehta, 2017). Ayrıca, bu modelde tasarım yapılırken aşamalar döngüsel bir şekilde takip edildiğinden, model, konuların yinelenmeli süreçlerle daha kolay öğrenilmesini sağlamaktadır (Nordine vd., 2011). Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modeli (Şekil 1) ve aşamaları (empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototip yapma, test etme) hakkında detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Stanford Tasarım Odaklı Düşünme Modeli Aşamaları (Stanford d.school'dan uyarlanmıştır)

Stanford d.school modelinde 5 aşama bulunmaktadır. Bu aşamalar aşağıda açıklanmıştır (Henriksen, Gretter ve Richardson, 2020):

1. *Empati kurma aşaması*, gözlem ve görüşme gibi yöntemlerle bireylerle empati kurmayı ve böylece problemi anlamayı içerir.
2. *Tanımlama aşamasında* problemin daha kapsamlı, açık ve öz bir şekilde tanımlanmasına ve problemin sınırlarının belirlenmesine odaklanılır.
3. *Fikir oluşturma aşaması*, beyin fırtınası yoluyla mümkün olduğunca çözüm odaklı çok sayıda fikir üretmeyi içerir.
4. *Prototip yapma aşamasında* üretilen fikirlerden biri seçilir ve fikir somut bir modele dönüştürülür.
5. *Test etme aşamasında*, prototipte nelerin işe yarayıp yaramadığı ve nelere ihtiyaç duyulduğu öğrencilerle birlikte değerlendirilir.

Modeller ve Model Tabanlı Açıklamalar

Bilimsel okuryazarlığı geliştirmek üzere, öğrenciler, temel kavramlarla ilgili kavramsal anlayışlarını geliştirmek için bilimsel uygulamalarla meşgul olmalıdır (National Research Council [NRC], 2012). Öğrencilerin temel kavramlara ilişkin kavramsal anlayışlarını geliştiren temel bilimsel uygulamalardan biri modellemedir (Zangori, 2015). Modeller, doğal sistemlerin temsilleridir (Forbes, Vo, Zangori ve Schwarz, 2015). Öğrencilerin modellemeye dayalı olarak oluşturdukları bilimsel açıklamalara model tabanlı açıklamalar (model-based explanations) adı verilmekte ve bu açıklamalarda öğrenciler neden-sonuç ilişkisi kurmaktadır (Zangori, 2015).

Model tabanlı açıklamalar, bileşenler (components) ve bu bileşenler arasındaki bağlantılar (sequences) gibi bazı epistemik özelliklere sahiptir (bkz. Ek 2) (Zangori ve Forbes, 2016). Model tabanlı açıklamaların bileşenleri potansiyel enerji, kinetik enerji, hız, yükseklik, pürüzlü yüzey, pürüzsüz yüzey ve sürtünme kuvveti gibi öğrencilerin göstermeyi seçtikleri konunun bazı unsurlarını içerir. Öte yandan bağlantılar, bileşenler arasındaki ilişkilerin gösterilmesini içerir. Bu açıklamalarda öğrenciler, ön bilgileri doğrultusunda, bir soru veya probleme yanıt olarak modeller ve model tabanlı açıklamalar geliştirirler. Bileşenler ve bağlantılar, öğrencilerin konuyla ilgili model tabanlı açıklamaları kullanmalarını sağlar. Öğrenciler, konuyla ilgili yeni anlayışlar geliştirirken, ilk modellerini değerlendirir ve revize ederler (Peel, Zangori, Friedrichsen, Hayes ve Sadler, 2019). Geliştirme, kullanma, değerlendirme ve gözden geçirme aşamalarından oluşan yinelemeli modelleme döngüsü öğrencilerin kavramsal gelişimini sağlar (Peel, Zangori vd., 2019; Zangori, Peel, Kinslow, Friedrichsen ve Sadler, 2017).

Literatürde model tabanlı açıklamalar hem anlamlandırma stratejisi hem de değerlendirme stratejisi olarak kullanılmaktadır (örneğin, Peel, Zangori vd., 2019; Zangori vd., 2017). Mevcut araştırmada, model tabanlı açıklamalar yalnızca bir değerlendirme stratejisi olarak kullanılmıştır (bkz. Peel, Zangori vd., 2019). Bu çalışmada, öğrencilerin kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri, sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi ve hava direncinin etkileri ile ilgili model tabanlı açıklamaları değerlendirilmiştir. Bu kavramlara ilişkin bileşenler, bağlantılar ve rubrikler Ek 2'de verilmiştir.

Yöntem

Bu çalışmada tasarım temelli ampirik bir araştırma yöntemi benimsenmiştir (Brown, 1992; Collins, 1992; Zangori ve Forbes, 2016). Bu yöntem, araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında işbirliğine dayalı ve yinelemeli bir şekilde tasarım, geliştirme, uygulama ve analiz yoluyla eğitim uygulamalarını iyileştirmeyi amaçlayan sistematik ancak esnek bir metodolojidir (Wang ve Hannafin, 2005). Ayrıca, bu yöntemde, müfredat tasarımı ve uygulaması yoluyla, öğrenmenin çalışılmasına vurgu yapılır (Design-Based Research Collective, 2006). Bu çalışmada, tasarım temelli ampirik araştırma kapsamında, McKenney ve Reeves (2013) tarafından oluşturulan araştırma döngüsü kullanılmıştır. Bu araştırma şu aşamaları içermektedir: 1) tasarım ve geliştirme, 2) uygulama ve veri toplama, 3) analiz ve sonuçlar. Bu kapsamda, enerji dönüşümleri hakkında DT yaklaşımına dayalı bir modül geliştirilmiştir. Modül, Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 yılında güncellenen Fen Bilgisi Öğretim Programında enerji dönüşümleri ile ilgili kazanımlara göre geliştirilmiştir. Bu yaklaşım hakkında eğitim almak ve bu yaklaşımı kullanarak öğretim yapmak için gönüllü olan bir fen bilimleri öğretmenine geliştirilen modül ve DT yaklaşımı hakkında eğitim verilmiş ve sonrasında bu fen bilgisi öğretmeni 7. sınıf öğrencilerine enerji dönüşümleri modülünü öğretmiştir. Ayrıca araştırmada öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişimi de değerlendirilmiştir.

Katılımcılar

Bu çalışma kapsamında, 2018-2019 eğitim-öğretim yılı güz yarıyılında toplam otuz altı ortaokul 7. sınıf öğrencisi (on üç kız, yirmi üç erkek) çalışmaya dâhil edilmiştir. Öğrencilerin yaş aralığı 11-14'tür. Bu öğrenciler, Türkiye'de, Doğu Anadolu bölgesindeki bir il merkezinde eğitim görmektedirler. Ayrıca bu öğrenciler daha önce tasarım odaklı düşünme eğitimi almamış ve enerji dönüşümleri konusunu öğrenmemişlerdir. Bununla birlikte, "Model Tabanlı Açıklamalar Değerlendirme Ölçeği"ni (Ek 1) ön uygulamada iki, son uygulamada dört öğrenci yanıtlamamıştır. Çünkü bu öğrenciler veri toplama

araçlarının uygulandığı gün derse gelmemişlerdir. Bu altı öğrenci dışında, iki öğrenci veri toplama sürecine katılmaya gönüllü olmamıştır. Bu nedenle, yalnızca yirmi sekiz öğrencinin model tabanlı açıklamalarına ilişkin bulgular sunulmuştur.

Enerji dönüşümleri konusunda DT tabanlı modülü uygulayan fen bilgisi öğretmeni ilk kez mevcut araştırma kapsamında bu yaklaşıma dair araştırmacı (birinci yazar) tarafından sağlanan bir eğitim almıştır. Öğretmen erkek ve otuz üç yaşında olup 7 yıllık öğretmenlik deneyimine sahiptir. Fen bilgisi öğretmeni bu çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Ayrıca, öğretmen DT yaklaşımı konusunda eğitim almak ve vermek için gönüllü olmuştur. Bu bağlamda, araştırmacı (birinci yazar), öğretmenle dört hafta boyunca günde üç saat, haftada iki kez görüşmüştür. Araştırmacı, öğretmene DT yaklaşımının tanımı ve özellikleri, Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modeli ve empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototip oluşturma ve test etme aşamaları hakkında eğitim vermiştir. Araştırmacı bu çalışma kapsamında uygulanan etkinlikler hakkında öğretmene detaylı bilgi vermiş ve bu etkinlikleri (lunapark hız trenim, araba tasarlıyorum ve maceraseverler) öğretmenle birlikte gerçekleştirmiştir. Öğretmene verilen eğitimin yeterli olup olmadığını belirlemek için etkinliklerin uygulanması sırasında öğretmenle sürekli görüş alışverişinde bulunulmuştur.

Öğretmen eğitiminin içeriğine ilişkin uzman görüşleri, DT yaklaşımı konusunda uzman bir araştırmacı, Türk Dili ve Edebiyatı alanında uzman bir araştırmacı, Fizik alanında uzman bir araştırmacı ve iki fen bilgisi öğretmeninden alınmıştır ve onlardan gelen dönütler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Süreçte uygulamayı gerçekleştiren öğretmenden sürekli geri bildirim alınmış ve sürecin anlaşılır bir şekilde ilerlemesi sağlanmıştır. Anlaşılmayan noktalar olduğunda öğretmene daha açık ve anlaşılır örnekler verilmiştir. Örneğin, öğretmen başlangıçta DT aşamaları ile ilgili kavramsal zorluklar yaşamış ve araştırmacı kendisine bu konuda daha fazla açıklama yapmış ve konu ile ilgili kaynakların incelenmesi sağlanmıştır. Ayrıca öğretmen genellikle düz anlatıma dayalı öğretimi kullandığını belirtmiş; DT'nin öğrenci merkezli bir yaklaşım olması ve buna bağlı olarak değişen öğretmen ve öğrenci rolü nedeniyle modülü uygularken zorlanacağını belirtmiştir. Bu kaygıları gidermek ve sürece alışmasına yardımcı olmak için modüldeki etkinlikler kendisine uygulanmış olup, DT ile ilgili etkinliklerin videolarını izlemesi sağlanmış ve modüldeki etkinlikler (lunapark hız trenim, araba tasarlıyorum ve maceraseverler) öğretmenle birlikte dört kez ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca öğretmenden gelen öneriler dikkate alınarak etkinliklerde düzeltmeler yapılmıştır. Örneğin, "araba tasarlıyorum" etkinliğinde ısındırma etkinlikleri için sabun kullanılacakken, öğretmen bunun yerine bir parça buz önermiştir. Bu bağlamda, materyal listesi öğretmenin önerisi doğrultusunda güncellenmiştir.

Müfredat Tasarım ve Uygulama Süreci

Öncelikle, modül tasarımı için Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının kazanımları dikkate alınmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Bu kazanımlar:

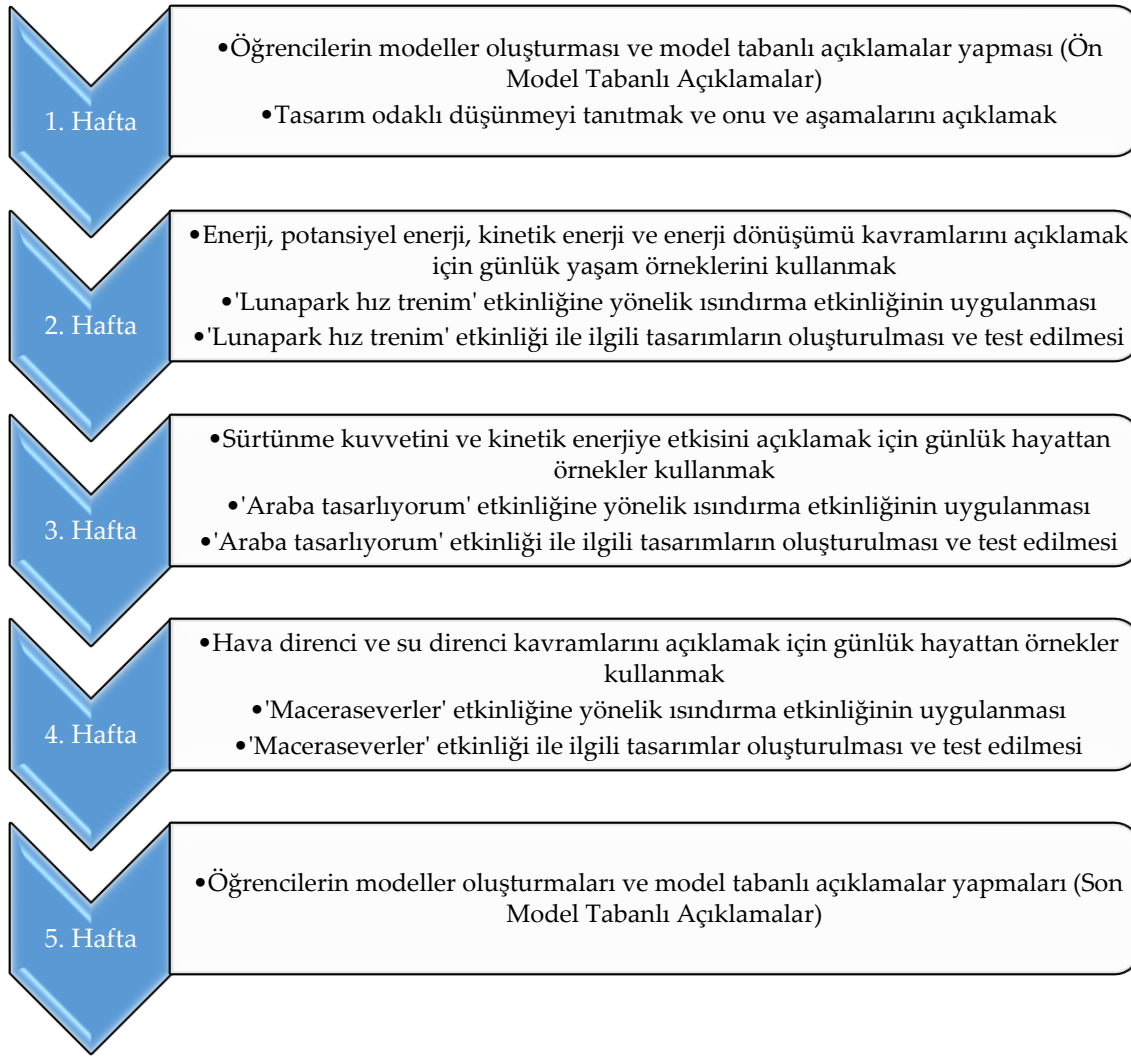
1. Enerjiyi iş kavramı ile ilişkilendirerek, kinetik ve potansiyel enerji olarak sınıflandırır.
2. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.
3. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.
4. Hava veya su direncinin yaşamdaki etkisini fark eder.
5. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar (MEB, 2018).

Bu çalışmada, enerji dönüşümleri konusunda DT yaklaşımı için üç temel etkinlik (lunapark hız trenim, araba tasarlıyorum ve maceraseverler) ve bu etkinliklere yönelik ısındırma etkinlikleri uygulanmıştır. Bu etkinlikler, yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda, günlük yaşamdaki problemler dikkate alınarak geliştirilmiştir. Lunapark hız trenim etkinliği, “Enerjiyi iş kavramıyla ilişkilendirerek kinetik ve potansiyel enerji olarak sınıflandırır” ve “Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır” kazanımlarına yönelik geliştirilmiştir. “Araba tasarlıyorum” etkinliğinde, “Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar” kazanımı hedef alınmıştır. “Maceraseverler” etkinliğinde ise “Hava ve su direncinin yaşamdaki etkisini fark eder” ve “Hava ve su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar” kazanımları ele alınmıştır. Mevcut çalışmadaki etkinlikler geliştirilirken, Çiftçi ve Topçu (2020) tarafından yapılan çalışmadan alınan ve aşağıda verilen etkinlik şablonu kullanılmıştır (Bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Tasarım odaklı düşünme için etkinlik şablonu (Çiftçi ve Topçu, 2020)

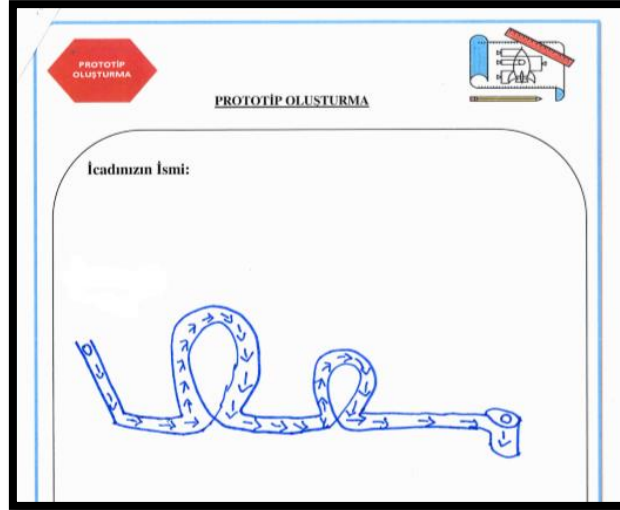
Aktivite İsmi
Sınıf Düzeyi
Ünite İsmi
Konu
Süre
Bilimsel Kavramlar
Güvenlik Önlemleri (gerekliyse)
Amaç ve Özet
Kazanımlar
Malzeme ve Teknik Donanım
Isındırma Aktiviteleri
Senaryo-Öykü
Tasarım Odaklı Düşünme Süreci
• Empati Kur
• Tanımla
• Fikir Geliştir
• Prototip Yap
• Test Et
Aktivite ile ilgili meslekler
Anahtar Sorular
Kaynaklar

Modül geliştirildikten sonra fen eğitimi alanında uzmanlaşmış iki öğretim üyesi, bir fen bilgisi öğretmeni ve Türk Dili ve Edebiyatı alanında uzmanlaşmış bir öğretim üyesinden uzman görüşü alınmış ve onların görüşleri ve önerileri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Aktivitelerin tasarlanmasında ve uygulanmasında Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modelinin aşamaları (empati kur, tanımla, fikir üret, prototip yap ve test et) izlenmiştir. Uygulama süreci, veri toplama dâhil, yaklaşık beş hafta sürmüştür. Etkinliklerin uygulanması sırasında öğrenciler gruplar halinde çalışmışlardır. Bu kapsamda altı grup oluşturulmuş ve her grupta altışar öğrenci yer almıştır. Ayrıca öğrencilerden her bir grup üyesinin rolünün (çizim yapma, materyal sağlama, grup liderliği vb.) ne olacağına grup olarak karar vermeleri istenmiştir. Aktivitelerin uygulanması için takip edilen zaman çizelgesi Şekil 2’de gösterilmiştir.

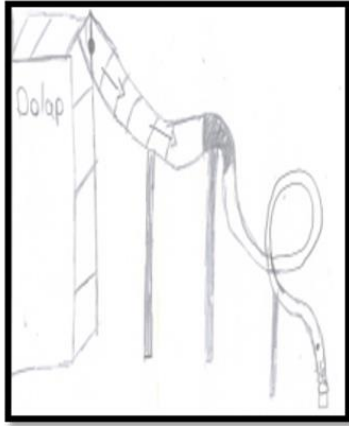


Şekil 2. Uygulamanın İçeriği

Bu araştırmada Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modeline göre etkinlik geliştirilirken yukarıda açıklanan beş aşama yinelemeli olarak takip edilmiştir. Örneğin, lunapark hız trenim aktivitesinde (Şekil 3), *empati aşamasında*, diğer öğrencilerle görüşülerek öğrencilerin tasarlanacak lunapark hız trenleri ile ilgili ihtiyaç ve isteklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gruplar bir öğrenciyle görüşme yapmış ve ona bir lunapark hız treninde kendisini nasıl hissetmek istediğini (heyecanlı veya sakin) sormuştur. *Tanımlama aşamasında*, öğrencilere mevcut problemin sınırlarını net bir şekilde tanımlamaları için rehberlik edilmiştir. *Fikir üretme aşamasında*, probleme çözüm ve fikir üretmek için beyin fırtınası yapılmıştır. Daha sonra öğrenciler beyin fırtınası yaparak ürettikleri fikrin prototipini yapmışlardır (*prototip yapma aşaması*). Ardından gruplar tarafından tasarlanan hız trenleri bazı kriterlere göre (müşteri olarak seçilen öğrencinin ihtiyaçlarına uygun olması gibi) değerlendirilmiştir (test etme aşaması). Test aşamasında başarısız olan tasarımlarda, öğrenciler diğer aşamalara dönerek tasarımlarını geliştirmeye/iyileştirmeye çalışmışlardır. Aşağıdaki Şekil 3'te bir grubun ilk ve son prototip çizimlerinin ve tasarımlarının bir resmi verilmiştir.



a) Prototipin ilk çizimi



b) Prototipin son çizimi



c) Tasarımın resmi

Şekil 3. Lunapark hız trenim aktivitesi ile ilgili resimler (Şekil 3'teki bazı görseller Çiftçi ve Topçu (2020)'nin çalışmasında da kullanılmıştır)

Veri Kaynakları

Araştırmanın veri kaynağı model tabanlı açıklamalardır. Veri kaynağı hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

Model Tabanlı Açıklamalar

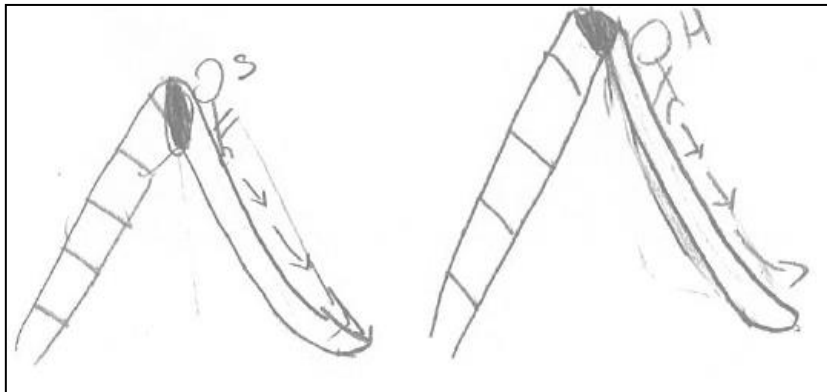
Araştırmanın veri toplama kaynağı, öğrencilerin model tabanlı açıklamalarıdır. Buna göre, öğrencilerin ön ve son model tabanlı açıklamaları 'kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri', 'sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi' ve 'hava direncinin etkileri' ile ilgili senaryolar ve öğrencilerin bu senaryolardaki olayları açıklamalarını gerektiren sorular vasıtasıyla toplanmıştır. Senaryolar İdin ve Aydoğdu (2016) ve Aktaş (2017) tarafından yapılan çalışmalardan alınarak revize edilmiş ve sorular yazarlar tarafından hazırlanmıştır. Bu sorular hazırlandıktan sonra modelleme alanında çalışan bir öğretim üyesi, fizik alanında uzman bir öğretim üyesi, fen eğitimi alanında çalışan üç öğretim üyesi, ölçme ve değerlendirme alanında çalışan bir öğretim üyesi ve iki fen bilgisi öğretmeninden uzman görüşü alınmıştır. Ayrıca sunulan senaryo ve soruların pilot uygulaması bu konuyu daha önce öğrenen 41 8. sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Uzmanların sunduğu öneri ve eleştiriler ile öğrencilerin pilot uygulamada verdiği cevaplar doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Öğrencilerin model tabanlı açıklamalar üretmelerini sağlamak için sunulan senaryolar ve sorular Ek 1'de verilmiştir.

Veri Analizi

Öğrencilerin, 'kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri', 'sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi' ve 'hava direncinin etkileri' konularına yönelik ön ve son model tabanlı açıklamalarını içeren ölçme aracına verdikleri yanıtlar değerlendirilmiştir. Öğrencilerin model tabanlı açıklamalarını değerlendirmek için araştırmacılar tarafından her konu (kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri, sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi ve hava direncinin etkileri) için iki farklı rubrik geliştirilmiştir. Bu rubriklerden biri ilgili *bileşenleri* değerlendirmek için, diğeri *bağlantıları* değerlendirmek için geliştirilmiştir. Rubrikler oluşturulurken fizik alanında uzman bir öğretim üyesi, fen eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesi ve iki fen bilgisi öğretmeninden uzman görüşü alınmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda rubriklerde gerekli düzeltmeler yapılarak bunlara son hali verilmiştir. Bu rubrikler Ek 2'de gösterilmiştir.

Literatürde verilerin belirli bir yüzdesinin başka bir araştırmacı tarafından incelenmesi yönünde genel bir eğilim mevcut olup bu oranın da genellikle %30'un altında olduğu görülmektedir (örneğin, Forbes, Zangori ve Schwarz, 2015; Peel, Sadler ve Friedrichsen, 2019). Mevcut çalışmada, öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının yüzde otuzu kodlayıcılar arası güvenilirlik için rubriklere göre iki araştırmacı tarafından birbirinden bağımsız olarak incelenmiştir. Bu çalışmada model tabanlı açıklamalar için kodlayıcılar arası güvenilirlik %95 olarak bulunmuştur. Ayrıca iki araştırmacı bir araya gelerek fikir birliğine ulaşamayan noktalar üzerinde fikir alışverişinde bulunup uzlaşmaya varmışlardır. Geriye kalan veriler (%70) birinci yazar tarafından analiz edilmiştir. Öğrencilerin model tabanlı açıklamaları, bileşenler ve bağlantılar doğrultusunda, 4 düzeyde değerlendirilmiştir. Bunlar Düzey 0, Düzey 1, Düzey 2 ve Düzey 3'tür. Her düzeyde nelere önem verildiği Ek 2'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ayrıca öğrencilerin ortalama puanlarının hesaplanmasında Düzey 0'a 0 puan, Düzey 1'e 1 puan, Düzey 2'ye 2 puan ve Düzey 3'e 3 puan verilmiştir.

'Kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri' ile ilgili modellerin ve model tabanlı açıklamaların nasıl analiz edildiğini göstermek için Ö13 rumuzlu öğrencinin ön modeli, son modeli ve model tabanlı açıklamalarının bir örneği aşağıda verilmiştir.

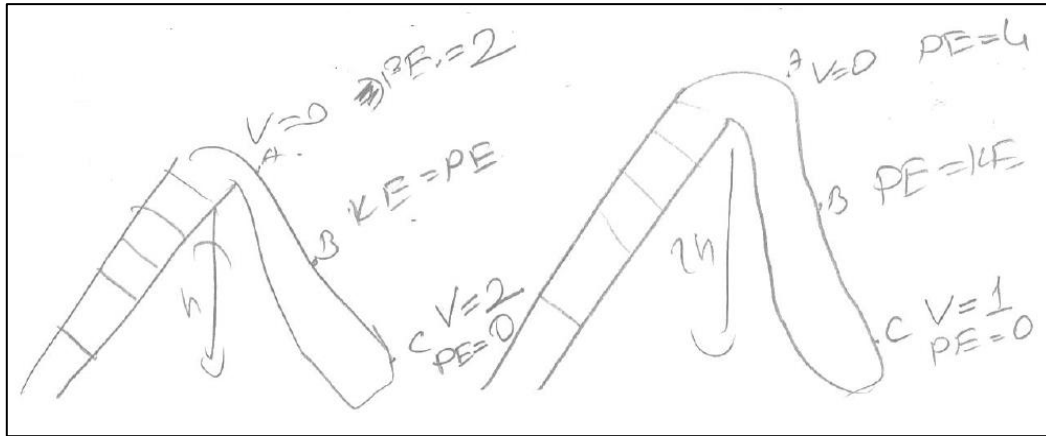


Şekil 4. Ö13'ün Kinetik ve Potansiyel Enerji Dönüşümleri Hakkındaki Ön Modeli

Ö13'ün ön modeli ile ilgili açıklaması:

“Serkan, Hakan'dan önce yere ulaşır. Serkan daha az kinetik enerji harcar.”

Ö13 ön modeli için yaptığı açıklamada (Şekil 4) sadece kinetik enerji bileşenine yer vermiş ve bileşenler arasında herhangi bir bağlantı kurmamıştır. Bu nedenle bileşenler rubriğe göre Düzey 1'e, bağlantılar ise rubriğe göre Düzey 0'a karşılık gelmektedir. Aynı öğrencinin son modeli (Şekil 5) ve bu modele ilişkin açıklamaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Ö13'ün Kinetik ve Potansiyel Enerji Dönüşümlerine İlişkin Son Modeli

Ö13'ün açıklaması:

“A noktasında ikisinin [Hakan ve Serkan] hızı sıfırdır. Kinetik enerji yok. Çünkü hız yok. B noktasında her ikisinde de potansiyel enerji azaldı ve kinetik enerji arttı. Böylece B noktasında potansiyel ve kinetik enerji birbirine eşit oldu. C noktasında potansiyel enerji daha da azaldı ve sıfır oldu. Kinetik enerji ise daha fazla arttı ve hız da A noktasındakine göre 2 kat arttı.”

Ö13'ün son modelinde (Şekil 5) ve açıklamasında kinetik enerji, potansiyel enerji, yükseklik, hız ve enerji dönüşümü bileşenlerine yer verdiği görülmektedir. Ayrıca bu öğrenci, potansiyel enerjinin yükseklik ile ilişkisi, kinetik enerjinin hız ile ilişkisi ve potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümü bağlantılarına yer vermiştir. Dolayısıyla Ö13'ün bu açıklaması iki rubriğe (bileşenler ve bağlantılar) göre de Düzey 3'e karşılık gelmektedir.

Sonuçlar

Bu bölümde öğrencilerin ön ve son model tabanlı açıklamalarında yer alan bileşenlerin ve bağlantıların hangi düzeyde olduğuna ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

Bu araştırmada ortaokul öğrencilerinin kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri, sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisi ve hava direncinin etkileri ile ilgili model tabanlı açıklamalarının zaman içinde nasıl değiştiği incelenmiştir. Öğrencilerin kullandıkları bileşenlerin ve oluşturdukları bağlantıların düzeyi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Öğrencilerin bu konu ve bu kavramlar ile ilgili ön ve son modellerinin bileşenlerindeki değişim aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu amaçla bileşenlerin bulunduğu seviyelerin frekansları hesaplanmıştır.

Tablo 2. Bileşenlerin Düzeyleri ile ilgili Bulgular

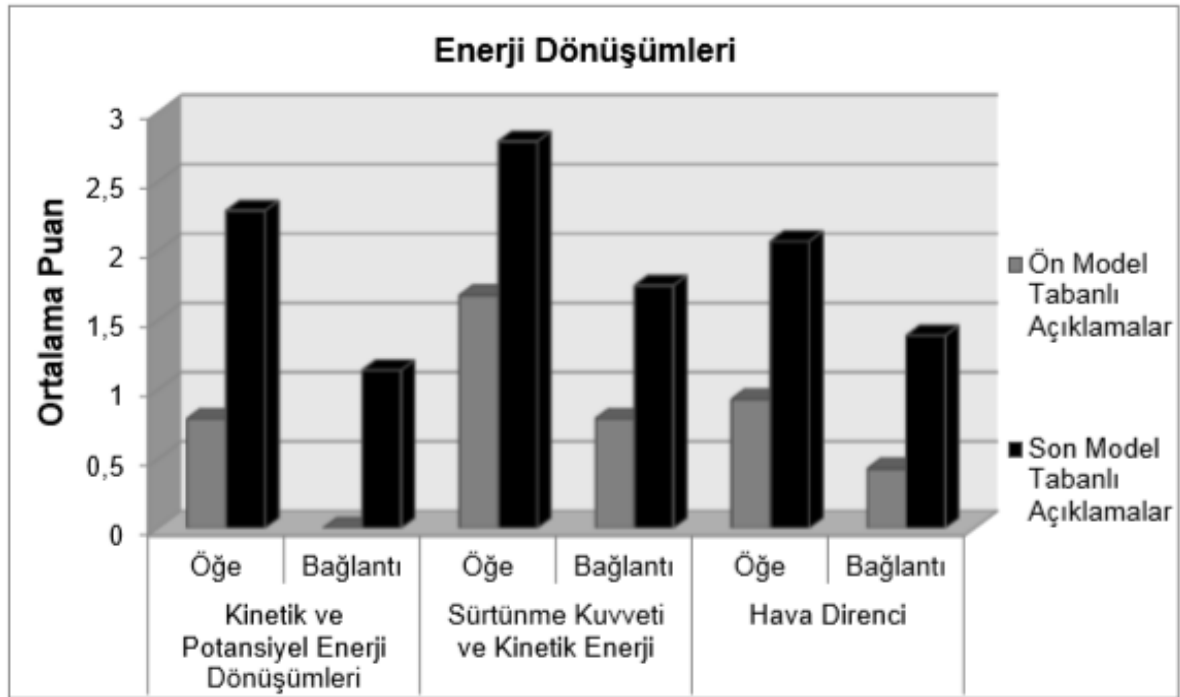
Kavram/Konu	Ön & Son Açıklamalar	Düzey (f)			
		Düzey 0	Düzey 1	Düzey 2	Düzey 3
Kinetik ve Potansiyel Enerji	Ön Açıklamalar	11	14	1	2
Dönüşümleri	Son Açıklamalar	1	5	7	15
Sürtünme Kuvveti ve Kinetik Enerji	Ön Açıklamalar	5	6	10	7
	Son Açıklamalar	0	0	6	22
Hava Direnci	Ön Açıklamalar	10	13	2	3
	Son Açıklamalar	1	6	11	10

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin modellerinde 'kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri', 'sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi' ve 'hava direnci' ile ilgili olarak yer verdikleri bileşenlerin düzeyinin arttığı görülmektedir. Öğrencilerin bu konu ve bu kavramlara ilişkin oluşturdukları bağlantıların düzeylerine ilişkin bulgular aşağıda, Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Bağlantıların Düzeylerine İlişkin Bulgular

Kavram/Konu	Ön & Son Açıklamalar	Düzyer (f)			
		Düzyer 0	Düzyer 1	Düzyer 2	Düzyer 3
Kinetik ve Potansiyel Enerji Dönüşümleri	Ön Açıklamalar	28	0	0	0
Sürtünme Kuvveti ve Kinetik Enerji	Son Açıklamalar	7	13	5	3
Hava Direnci	Ön Açıklamalar	10	14	4	0
	Son Açıklamalar	2	7	15	4
	Ön Açıklamalar	18	8	2	0
	Son Açıklamalar	4	13	7	4

Tablo 3 incelendiğinde, öğrencilerin modellerinde 'kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri', 'sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi' ve 'hava direnci' ile ilgili olarak bileşenler arasında kurdukları bağlantıların düzeylerinin gelişmiş olduğu görülmektedir. Öğrencilerin bu konu ve bu kavramlara ilişkin ön ve son modellerindeki değişimi daha net değerlendirebilmek üzere bileşenler ve bağlantılar için ortalama puanları da ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuçlar, öğrencilerin hem bileşenler hem de bağlantılar için ortalama puanlarının zaman içinde arttığını ortaya koymuştur (Şekil 6).

**Şekil 6.** Ön ve Son Model Tabanlı Açıklamalara İlişkin Puanlar

Öğrencilerin ön modeldeki 'kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri' ile ilgili bileşenlere ilişkin puan ortalaması 0.79 iken, son modelde 2.29'dur. Bağlantıların ortalama puanı ön modelde 0 iken, son modelde 1.14'tür. Öğrencilerin 'sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi' konusundaki ön modelde bileşenler ile ilgili ortalama puanı 1.68 iken, son modelde 2.79'dur. Bağlantıların ortalama puanı ön modelde 0.79 iken, son modelde 1.75'tir. Öğrencilerin 'hava direncinin etkileri' konusundaki ön modelde bileşenler ile ilgili ortalama puanı 0.93 iken, son modelde 2.07'dir. Bağlantıların ortalama puanı ön modelde 0.43 iken, son modelde 1.39'dur. Ayrıca öğrencilerin ön model tabanlı açıklamalarına ilişkin puan ortalamaları karşılaştırıldığında, en yüksek ortalamanın "sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi" konusunda olması dikkat çekici bir bulgudur. Bununla birlikte, Şekil 6'da öğrencilerin bileşenlere yönelik ortalama puanlarının bağlantılara yönelik ortalama puanlarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Mevcut araştırmanın amacı, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin enerji dönüşümlerine ilişkin model tabanlı açıklamalarının, DT temelli enerji dönüşümleri modülünün uygulanmasından sonra nasıl değiştiğini incelemektir. Bu amaçla öğrencilerin model tabanlı açıklamaları değerlendirilmiştir. Sonuçlar, DT temelli modülün uygulanması sonucunda, ön ve son model tabanlı açıklamalar karşılaştırıldığında enerji dönüşümleri kapsamındaki kavramlarla ilgili model tabanlı açıklamaların zaman içinde geliştiğini göstermektedir. Benzer şekilde, ilgili literatürde DT yaklaşımının fen konularının daha etkili öğrenilmesine katkı sağladığı vurgulanmaktadır (Chusinkunawut vd., 2020; Çiftçi ve Topçu, 2020; Ladachart vd., 2022; Nichols vd., 2021; Yang vd., 2020). Bu çalışmada, literatürde yer alan DT yaklaşımı ile ilgili çalışmalardan farklı olarak, enerji dönüşümlerini öğrenme konusu ele alınmış ve öğrencilerin model tabanlı açıklamaları incelenmiştir. Örneğin, Çiftçi ve Topçu (2020), ortaokul öğrencilerinin fen öğretiminde DT yaklaşımına ilişkin görüşlerine ve deneyimlerine odaklanmışlardır. Ladachart ve diğerleri (2022) ise ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin katılımıyla makara konusunda DT uygulamaları gerçekleştirmiş ve DT'nin öğrencilerin makara konusuna ilişkin kavramsal öğrenmelerini kolaylaştırdığını belirlemişlerdir. Chusinkunawut ve diğerleri (2020), dokuzuncu sınıf öğrencilerinin katılımıyla tasarım tabanlı bilim uygulamaları gerçekleştirdikleri çalışmalarında, öğrencilerin fenni nasıl öğrendiklerini, üretken konuşmalar yaptıklarını ve problem çözdüklerini ortaya koymuştur. Başka bir çalışmada, Yang ve diğerleri (2020), lise ikinci sınıf öğrencileriyle DT temelli kimya dersleri yürütmüş ve öğrencilerin empati, problem çözme, bilim ve tasarım yeterliliklerinin geliştiği sonucuna varmıştır. Özetle, literatürde DT yaklaşımına dayalı öğretim ile ortaokul öğrencilerinin model tabanlı açıklamalarının nasıl desteklendiğine dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Gelecekteki çalışmalarda, DT yaklaşımı farklı fen konularına entegre edilerek öğrencilerin farklı fen konularına ilişkin model tabanlı açıklamaları incelenebilir.

Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modelinin yinelemeli ve doğrusal olmayan (döngüsel) aşamaları içermesi, model tabanlı açıklamaların gelişimini destekleyen bir faktör olabilir. Öğrenciler, tasarım yaparken empati kurma, tanımlama, fikir oluşturma, prototip yapma ve test etme aşamalarını döngüsel ve yinelemeli olarak takip etmişlerdir. Örneğin, prototipin test edilmesi sürecinde, tasarımın önceden belirlenen kriterleri karşılamadığı durumlarda, öğrenciler, diğer aşamalara dönerek bilgilerini gözden geçirme fırsatı bulmuşlardır. Bu durum, tasarımcı öğrencilere ilk varsayımlarını, bilgilerini ve anlayışlarını gözden geçirmeleri, sorgulamaları ve geliştirmeleri için önemli fırsatlar sağlamaktadır (Deepa, 2020). Literatürde de, benzer şekilde, öğrencilerin bilgiyi pasif olarak edinmedikleri belirtilmektedir (Simeon vd., 2020). Öte yandan öğrenciler DT yaklaşımına dayalı uygulamalarda elde edilen bilgileri yorumlar, bu bilgileri gözden geçirerek değiştirir ve bilgileri problem için çözümlere dönüştürürler (Simeon vd., 2020). DT yaklaşımının bu özellikleri (yinelemeli olması, doğrusal olmaması ve bilgiyi gözden geçirme fırsatı sağlaması) aynı zamanda öğrencilerin var olan bilgilerle yeni bilgiler arasında bağlantı kurmasını ve böylece anlamlı öğrenmesini desteklemektedir (Kwek, 2011; Özekin, 2006; Simeon vd., 2020). Bilimsel kavramların öğrenilmesinde tasarım temelli yaklaşımların oldukça etkili olduğu literatürde de belirtilmektedir (Chusinkunawut vd., 2020; Çiftçi ve Topçu, 2020). Bu nedenle, DT yaklaşımı sadece enerji dönüşümleri konusunda değil, diğer fen konularının öğretiminde de kullanılabilir. İleride yapılacak çalışmalarda, diğer fen konularının öğretiminde DT tabanlı öğretim materyalleri, üniteler ve modüller tasarlanabilir.

Öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişmesinin bir başka nedeni de bu çalışmada kullanılan Stanford d.school tasarım odaklı düşünme modelinin empati kurma ve prototip yapma aşamalarını içermesi olabilir. Çünkü literatürde prototip geliştirmenin ve empati kurmanın öğrencilerin dikkatini derse çekmek için güçlü bir sınıf aracı olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır (Carroll vd., 2010; Cook ve Bush, 2018; Henriksen vd., 2017) ve empati öğrencilerin fen kavramlarını öğrenmeye olan ilgilerini destekleyebilir (McCurdy vd., 2020). Bu nedenle, bu çalışmada empati ve prototip aşamaları, öğrencilerin enerji dönüşümleri hakkındaki bilgi edinme isteğini artırmaya olanak sağlamış olabilir. Ayrıca prototip aşaması fikirleri ürüne dönüştürerek öğrencilerin ilgisini çekmekte (Çiftçi ve Topçu, 2020), yaparak ve yaşayarak öğrenmeye dayalı konuların öğrenilmesini desteklemekte ve öğrenciler

uygulamalı bir yaklaşımla deneyim kazanmaktadır (Deepa, 2020). Bu noktadan hareketle, DT modelinin empati ve prototip aşamalarının öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonlarını ve ilgilerini artırmak için kullanılabileceği söylenebilir.

Görselleştirme, DT'nin öğrencilerin model tabanlı açıklamalarını geliştirmesinin nedenlerinden biri olabilir. Çünkü görsellik DT'nin temel unsuru olarak kabul edilmektedir (Tschimmel, 2012). Bu bağlamda, mevcut araştırmada uygulanan DT'nin aşamaları kapsamında yer alan eskiz ve prototip oluşturma (Sipe, 2019), öğrencilerin model geliştirme becerilerine katkı sağlamış olabilir (Nickerson, 1994; Vial, 2013). Mevcut araştırmada, görsellik, eskiz ve prototip oluşturma süreçleri ile sağlanmıştır. Öğrenciler eskiz yaparak ve prototip oluşturma sürecini yaşayarak zihinlerinde modeller oluşturmaktadırlar. Bu durum, öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişiminde etkili ve önemli bir faktör olabilir. Ayrıca literatürde modelleme, DT'nin dili olarak kabul edilmektedir (Andreasen, 1994; Baynes ve Norman, 2012; Cross, 2006). DT kapsamında gerçekleştirdiğimiz aktivitelerde öğrenciler modeller oluşturmuş, değiştirmiş ve geliştirmişlerdir. Dolayısıyla mevcut araştırma kapsamında gerçekleştirilen aktivitelerin, öğrencilerin modellerinin ve model tabanlı açıklamalarının geliştirilmesine katkı sağladığı söylenebilir. Ayrıca gelecekte yapılacak araştırmalarda, enerji dönüşümleri konusu, DT yaklaşımı ve modelleme uygulamaları bütünleştirilerek öğretiler.

Bu araştırmada öğrencilerin kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri, sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisi ve hava direncinin etkileri ile ilgili model tabanlı açıklamalarında hem bileşenlerin hem de bağlantıların ortalama puanları zamanla artmıştır (Şekil 6). Ancak bağlantıların ortalama puanı bileşenlerin ortalama puanına göre daha az artmıştır. Bu sonuç, bileşenler arasındaki ilişkileri bulmanın ve bağlantıları oluşturmanın bileşenleri belirlemekten daha zor olması ve daha yüksek düzeyde bilişsel beceri gerektirmesi ile açıklanabilir. Örneğin, Bloom'un Taksonomisine göre, bileşenleri belirlemek hatırlama düzeyindeyse, bağlantıları kurmak veya bileşenler arasındaki ilişkileri bulmak analiz düzeyindedir (Krathwohl, 2002).

Öğrencilerin "Sürtünme kuvvetinin kinetik enerjiye etkisi" ile ilgili ön model tabanlı açıklamalarına ilişkin ortalama puanlarının diğer konulardaki ön model tabanlı açıklamalara yönelik ortalama puanlarından yüksek olması da dikkat çekici bir bulgudur (Şekil 6). Bu sonuç, sürtünme kuvveti ile ilgili kazanımların Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018), 5. sınıfta yer alması ile açıklanabilir. Dolayısıyla 7. sınıf öğrencileri 5. sınıfta sürtünme kuvvetini öğrendikleri için bu konuda ön bilgi sahibi olmuşlardır.

Özet olarak, mevcut araştırma, DT'nin öğrencilerin enerji dönüşümleri ile ilgili model tabanlı açıklamalarını nasıl desteklediğini göstererek literatürü genişletmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının gelişimi DT yaklaşımına dayalı uygulamalarla desteklenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, SDK-2018-3373 numaralı proje kapsamında, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Ofisi desteği ile tamamlanmıştır.

Kaynakça

- Aflatoony, L. (2015). *Development, implementation, and evaluation of an interaction design thinking course in the context of secondary education* (Doktora tezi). Simon Fraser Üniversitesi, Kanada.
- Aktaş, T. (2017). *The effect of argument driven inquiry method in teaching of 'force and energy' unit on the academic achievements of seventh grade students and their argumentation levels* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Andreasen, M. M. (1994). Modelling—the language of the designer. *Journal of Engineering Design*, 5(2), 103-115.
- Aydemir, A. (2019). *Design thinking approach in social studies* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Aydın, G. ve Balım, A. G. (2005). An interdisciplinary application based on constructivist approach: Teaching of energy topics. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences*, 38(2), 145-166.
- Baynes, K. ve Norman, E. (2012). Modelling and designerly thinking: Stem to steam. *Thinking through drawing 2012: STEAM international symposium* içinde. Wimbledon College of Art, London, England.
- Bezen, S., Bayrak, C. ve Aykutlu, I. (2016). Physics teachers' views on teaching the concept of energy. *Eurasian Journal of Educational Research*, 64, 109-124. doi:10.14689/ejer.2016.64.6
- Bressler, D. M. ve Annetta, L. A. (2022). Using game design to increase teachers' familiarity with design thinking. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(2), 1023-1035.
- Brook, A. (1986). Children's understanding of ideas about energy: A review of the literature. R. Driver ve R. Millar (Ed.), *Energy matters* içinde (s. 33-45). San Diego, CA: Centre for Studies of Mathematics and Science Education.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. doi:10.1207/s15327809jls0202_s
- Cabello Llamas, A. (2015). *Human-centered innovation processes, the case of design thinking in nascent and large firm*. Programme Doctoral en Management de la Technologie, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne.
- Canestraro, N. (2017). *The impact of design thinking on education: The case of active learning lab* (Yüksek lisans tezi). Venedik Ca' Foscari Üniversitesi, İtalya.
- Carroll, M., Goldman, S., Britos, L., Koh, J., Royalty, A. ve Hornstein, M. (2010). Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom. *International Journal of Art & Design Education*, 29(1), 37-53.
- Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. ve Scheff, A. (Ed.). (2014). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. Cham: Springer.
- Chusinkunawut, K., Henderson, C., Nugultham, K., Wannagatesiri, T. ve Fakcharoenphol, W. (2020). Design-based science with communication scaffolding results in productive conversations and improved learning for secondary students. *Research in Science Education*, 51(4), 1123-1140.
- Collins, A. (1992). Towards a design science of education. E. Scanlon ve T. O'Shea (Ed.), *New directions in educational technology* içinde (s. 15-22). Cham: Springer.
- Cook, K. L. ve Bush, S. B. (2018). Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. *School Science and Mathematics*, 118(3-4), 93-103.
- Crane, A. (2018). *Exploring best practices for implementing design thinking processes in k12 education* (Doktora tezi). Kansas Üniversitesi, Kansas.
- Cross, N. (2006). *Designerly ways of knowing*. Cham: Springer.
- Çiftçi, A. ve Topçu, M. S. (2020). Design thinking: Opinions and experiences of middle school students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 10(3), 961-1000.

- Deepa, M. P. (2020). A study on the concepts of design thinking. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(12), 269-272.
- Design-Based Research Collective. (2006). A peer tutorial for design-based research. <http://dbr.coe.uga.edu/explain01.htm> adresinden erişildi.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from the Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19(2), 59.
- Duit, R. (2014). Teaching and learning the physics energy concept. *Teaching and learning of energy in K-12 education* içinde (pp. 67-85). Cham: Springer.
- Forbes, C., Vo, T., Zangori, L. ve Schwarz, C. (2015). Scientific models help students understand the water cycle. *Science and Children*, 53(2), 42-49.
- Forbes, C. T., Zangori, L. ve Schwarz, C. V. (2015). Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model-driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 895-921.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W. ve Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Fortus, D., Kubsch, M., Bielik, T., Krajcik, J., Lehavi, Y., Neumann, K. ... Touitou, I. (2019). Systems, transfer, and fields: Evaluating a new approach to energy instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), 1341-1361.
- Fry, M., Dimeo, L., Wilson, C., Sadler, J. ve Fawns, R. (2003). A new approach to teaching "energy and change": Using an abstract picture language to teach thermodynamic thinking in junior science classes. *Australian Science Teachers Journal*, 49(1), 36-43.
- Girgin, D. (2019). The cognitive structure of teachers concerning design-based thinking and their conceptual change. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 459-482.
- Güven, G. ve Sülün, Y. (2018). Investigation of the effect of the interdisciplinary instructional approach on pre-service science teachers' cognitive structure about the concept of energy. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education*, 12(1), 249-281.
- Güven, G. ve Sülün, Y. (2019). Interdisciplinary approach-based energy education. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 9(1), 57-87.
- Hartley, L. M., Momsen, J., Maskiewicz, A. ve D'Avanzo, C. (2012). Energy and matter: Differences in discourse in physical and biological sciences can be confusing for introductory biology students. *BioScience*, 62(5), 488-496.
- Hehn, J. ve Mendez, D. (2022). Combining design thinking and software requirements engineering to create human-centered software-intensive systems. *Design thinking for software engineering* içinde (s. 11-60). Cham: Springer.
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1), 1-11.
- Henriksen, D., Gretter, S. ve Richardson, C. (2020). Design thinking and the practicing teacher: Addressing problems of practice in teacher education. *Teaching Education*, 31(2), 209-229.
- Henriksen, D., Richardson, C. ve Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking skills and Creativity*, 26, 140-153.
- Heron, P., Michelini, M. ve Stefanel, A. (2009). Teaching and learning the concept of energy at 14 years old. M. Garip (Ed.), *Proceedings of selected papers to the Frontiers in Science Education Research Conference* içinde (s. 231-240). Kibris: EMU.
- İdin, S. ve Aydoğdu, C. (2016). Validity and reliability study for the unit achievement test of force and motion. *Journal of Research in Education, Science and Technology*, 1(1), 14-33.

- Kıryak, Z., Candaş, B., Karanisoğlu, B. ve Özmen, H. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin enerji dönüşümlerine yönelik bilgi düzeylerinin çizimler aracılığıyla belirlenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 2(2), 79-92.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J. ve Ryan, M. (2003). Promoting deep science learning through case-based reasoning: Rituals and practices in learning by design classrooms. N. M. Steel (Ed.), *Instructional design: International perspectives* içinde (s. 89-114). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
- Kurnaz, M. A. (2011). *The effect of learning environments based on model-based learning approach to mental model development about energy subject* (Yayımlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Küçük, A. (2022). Which is more effective in teaching energy transformations: technology-based or inquiry-based science teaching?. *Shanlax International Journal of Education*, 10(4), 88-100.
- Kwek, S. H. (2011). *Innovation in the classroom: Design thinking for 21st century learning* (Yüksek lisans tezi). https://redlab.sites.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj7141/f/kwek-innovation_in_the_classroom.pdf adresinden erişildi.
- Ladachart, L., Radchanet, V. ve Phothong, W. (2022). Design thinking mindsets facilitating students' learning of scientific concepts in design-based activities. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 19(1), 1-16.
- Lin, L., Shadiev, R., Hwang, W. Y. ve Shen, S. (2020). From knowledge and skills to digital works: An application of design thinking in the information technology course. *Thinking Skills and Creativity*, 36, 100646.
- Liu, X. ve Park, M. (2014). Contextual dimensions of the energy concept and implications for energy teaching and learning. *Teaching and learning of energy in K-12 education* içinde (s. 175-186). Cham: Springer.
- Mahil, S. (2016). Fostering STEM+ education: Improve design thinking skills. *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* içinde (s. 125129). IEEE.
- McCurdy, R. P., Nickels, M. L. ve Bush, S. B. (2020). Problem-based design thinking tasks: Engaging student empathy in STEM. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 24(2), 22-55.
- McKenney, S. ve Reeves, T. C. (2013). Systematic review of design-based research progress: Is a little knowledge a dangerous thing?. *Educational Researcher*, 42(2), 97-100.
- Melles, G., Anderson, N., Barrett, T. ve Thompson-Whiteside, S. (2015). Problem finding through design thinking in education. *Inquiry-based learning for multidisciplinary programs: A conceptual and practical resource for educators* içinde. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *İlköğretim kurumları için fen bilimleri dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academic Press.
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Next Generation Science Standards. (2013). *Appendix G – Crosscutting concepts*. <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20G%20-%20Crosscutting%20Concepts%20FINAL%20edited%204.10.13.pdf> adresinden erişildi.
- Nichols, K., Musofer, R., Fynes-Clinton, L. ve Blundell, R. (2021). Design thinking and inquiry behaviours are co-constituted in a community of inquiry middle years' science classroom context:

- Empirical evidence for design thinking and pragmatist inquiry interconnections. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-25.
- Nickerson, R. S. (1994). The teaching of thinking and problem solving. R. J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* içinde (s. 409-449). San Diego, CA: Academic Press.
- Nordine, J. C. (2007). *Supporting middle school students' development of an accurate and applicable energy concept* (Doktora tezi). Michigan Üniversitesi, ABD.
- Nordine, J. ve Lee, O. (Ed.). (2021). *Crosscutting concepts: Strengthening science and engineering learning*. Arlington: NSTA Press, National Science Teaching Association.
- Nordine, J., Krajcik, J. ve Fortus, D. (2011). Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), 670-699.
- Özekin, M. (2006). *İlköğretim 2.,3.,4.,5. ve 6. sınıf öğrencilerinin eğitiminde tasarımcı düşünce eğitim modelinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Peel, A., Sadler, T. D. ve Friedrichsen, P. (2019a). Learning natural selection through computational thinking: Unplugged design of algorithmic explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 983-1007.
- Peel, A., Zangori, L., Friedrichsen, P., Hayes, E. ve Sadler, T. (2019b). Students' model-based explanations about natural selection and antibiotic resistance through socio-scientific issues-based learning. *International Journal of Science Education*, 41(4), 510-532.
- Razzouk, R. ve Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important?. *Review of Educational Research*, 82(3), 330-348.
- Retna, K. S. (2016). Thinking about "design thinking": A study of teacher experiences. *Asia Pacific Journal of Education*, 36(sup1), 5-19.
- Simeon, M. I., Samsudin, M. A. ve Yakob, N. (2020). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 185-212.
- Sipe, B. S. (2019). Engaging faculty and students with design thinking. *The Department Chair*, 29(4), 22-24.
- Solomon, J. (1983). Messy, contradictory, and obstinately persistent: A study of children's out-of-school ideas about energy. *School Science Review*, 65(231), 225-233.
- Taşpınar, Ş. E. (2022). Design thinking and art education. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 12(2), 379-398.
- Tellioğlu, H. (2016). The role of design models in design thinking. *IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems*, 11(2), 132-145.
- Trumper, R. (1990). Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept--part one. *International Journal of Science Education*, 12(4), 343-354.
- Trumper, R. (1991). Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept--part two. *International Journal of Science Education*, 13(1), 1-10.
- Tschimmel, K. (2012). Design thinking as an effective toolkit for innovation. *Proceedings of the XXIII ISPIM Conference: Action for Innovation: Innovating from Experience*, Barcelona, Spain.
- Vial, S. (2013). Design and creation: Outline of a Philosophy of modelling. https://www.academia.edu/5415670/Design_and_creation_outline_of_a_philosophy_of_modelling adresinden erişildi.
- von Thienen, J., Meinel, C. ve Nicolai, C. (2014). How design thinking tools help to solve wicked problems. L. Leifer, H. Plattner ve C. Meinel (Ed.), *Design thinking research* içinde (s. 97-102). Cham: Springer.
- Wang, F. ve Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.

- Wijayanti, M. D., Raharjo, S. B., Saputro, S. ve Mulyani, S. (2018). Investigation to reduce students' misconception in energy material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), 012080. doi:10.1088/1742-6596/1013/1/012080
- Yang, C. M. (2018). Applying design thinking as a method for teaching packaging design. *Journal of Education and Learning*, 7(5), 52-61.
- Yang, H., Kim, M. Y., & Kang, S. J. (2020). The Effects of Design Thinking in High School Chemistry Classes. *Journal of the Korean Chemical Society*, 64(3), 159-174.
- Yılmaz, G. (2022). Revitalizing the communication classroom: A case of design thinking. *Communication Teacher*, 36(3), 216-233.
- Yürümezoğlu, K., Ayaz, S. ve Çökelez, A. (2009). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin enerji ve enerji ile ilgili kavramları algılamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3(2), 52-73.
- Zangori, L. (2015). *Exploring 3rd-grade students' model-based explanations about plant growth and development* (Doktora tezi). Nebraska Üniversitesi, Lincoln.
- Zangori, L. ve Forbes, C. T. (2016). Development of an empirically based learning performances framework for third-grade students' model-based explanations about plant processes. *Science Education*, 100(6), 961-982.
- Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P. ve Sadler, T. D. (2017). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249-1273.

Ekler

Ek 1: Modelleme Görevi

1. Hadi Kayalım

Serkan ve Hakan ikizdir. Serkan ve Hakan'ın boyları ve kiloları birbirine eşittir. Anneleri ile parka giderler. Serkan koşarak parktaki ilk kaydırağı kapınca Hakan da diğer kaydırağın başına geçer. İvizlerin kaydırakları aynı genişlik ve uzunluktadır. Yalnız Hakan'ın kaydırağı daha yüksektir. Serkan ve Hakan aynı anda kaymaya başlarlar fakat farklı zamanlarda yere ulaşırlar.

- a. Bu durumda Serkan ve Hakan'ın kaydırağın tepe noktasından yere ulaşıncaya kadar geçirdikleri enerji dnşimlerini model çizerek gösteriniz ve açıklayınız. (Sürtünmeler ihmal edilecek.)

Bir model iz:

Modelini açıkla:

.....

.....

.....

- b. Serkan'ın ve Hakan'ın kaydıkları kaydırakların aynı uzunluk ve genişlikte olduklarının yanı sıra aynı yüksekte olduklarını düşünelim. Ayrıca Serkan'ın kaydđđı kaydırağın yüzeyinin daha przlı, Hakan'ın kaydđđı kaydırağın daha pürüzsüz olduğunu düşünürsek, hangisi daha kısa sürede yere ulaşır? Sebebini/sebeplerini resim çizerek gösteriniz ve açıklayınız.

Bir model iz:

Modelini açıkla:

.....

.....

.....

2. Boyları ve kiloları birbirine eşit olan paraşütçüler Cemil ve Kemal yerden 12.000 metre yüksekte bulunan uçaktan aynı anda bir serbest atlayış gerçekleştiriyorlar. Kemal'in paraşütü, Cemil'in paraştne göre daha az açılmaktadır. Paraştlerini atıktan sonra Cemil'in yere Kemal'den sonra iniş yaptđđı gözleniyor. Bu durumun nedenini/nedenlerini resim çizerek gösteriniz ve açıklayınız.

Bir model iz:

Modelini açıkla:

.....

.....

.....

Ek 2: Model Tabanlı Açıklamaları Değerlendirmek için Tasarlanmış Rubrikler

1. Öğrencilerin kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri hakkındaki modellerini ve model tabanlı açıklamalarını değerlendirmeye yönelik geliştirilen rubrik (a şıkında sorulan soru için).

Düzy	Tanımlama
Öğeler	Potansiyel Enerji, Kinetik Enerji/Hareket Enerjisi, Hız, Yükseklik, Enerji Dönüşümleri
Düzy 3	En az 3 bileşen yazmak ve/veya çizmek
Düzy 2	2 bileşeni yazmak ve/veya çizmek
Düzy 1	Bileşenlerden sadece birinin yazılması ve/veya çizilmesi
Düzy 0	Enerji dönüşümleri ile ilgili bileşenlerin hiçbirinin yazılmaması ve/veya çizilmemesi
Bileşenler arasındaki bağlantılar	
Düzy 3	Düzy 1’de yer alan en az 3 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 2	Düzy 1’de yer alan 2 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 1	Aşağıda belirtilen bağlantılardan sadece birine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme <ul style="list-style-type: none"> • Potansiyel enerjinin yükseklik ile ilişkisine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Kinetik enerjinin hız ile ilişkisine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Enerji korunumu yasasına göre potansiyel enerji ve kinetik enerjinin biri artarken, diğerinin azalacağına yönelik ilişki kurulan çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 0	<ul style="list-style-type: none"> • Herhangi bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer vermeme • Ya da yanlış bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme

2. Öğrencilerin sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisine ilişkin modellerini ve model tabanlı açıklamalarını değerlendirmek için geliştirilen rubrik (b şıkında sorulan soru için).

Düzy	Tanımlama
Bileşenler	Pürüzlü Yüzey, Pürüzsüz Yüzey, Sürtünme Kuvveti, Hareket, Hız
Düzy 3	En az 3 bileşen yazmak ve/veya çizmek
Düzy 2	2 bileşeni yazmak ve/veya çizmek
Düzy 1	Bileşenlerden sadece birinin yazılması ve/veya çizilmesi
Düzy 0	Kaydırağın tepe noktasından yere ulaşınca kadar geçen süre ile ilgili hiçbir öğenin yazılmaması ve/veya çizilmemesi
Bileşenler arasındaki bağlantılar	
Düzy 3	Seviye 1’de yer alan en az 3 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 2	Seviye 1’de yer alan 2 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 1	Aşağıda belirtilen bağlantılardan sadece birine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme <ul style="list-style-type: none"> Sürtünme kuvveti ile hareket arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme Yüzeyin cinsi ile sürtünme kuvveti arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme Yüzeyin cinsi ile yere ulaşma süresi arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme Yüzeyin cinsi ile hız arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzy 0	<ul style="list-style-type: none"> Herhangi bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer vermeme Ya da yanlış bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme

3. Öğrencilerin hava direnci ile ilgili modellerini ve model tabanlı açıklamalarını değerlendirmek için geliştirilen rubrik (2. soru için).

Düzyey	Tanımlama
Bileşenler	Hava Direnci, Temas Yüzeyi, Hareket, Sürtünme Kuvveti, Hız
Düzyey 3	En az 3 bileşen yazmak ve/veya çizmek
Düzyey 2	2 bileşeni yazmak ve/veya çizmek
Düzyey 1	Bileşenlerden sadece birinin yazılması ve/veya çizilmesi
Düzyey 0	Hava direnci ile ilgili bileşenlerin hiçbirinin yazılmaması ve/veya çizilmemesi
Bileşenler arasındaki bağlantılar	
Düzyey 3	Seviye 1’de yer alan en az 3 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzyey 2	Seviye 1’de yer alan 2 bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzyey 1	Aşağıda belirtilen bağlantılardan sadece birine yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme <ul style="list-style-type: none"> • Hava direnci ile hareket arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Temas yüzeyi ile hareket arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Hava direnci ile temas yüzeyi arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Hava direnci ile yere ulaşma süresi arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Temas yüzeyi ile hız arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme • Temas yüzeyi ile yere ulaşma süresi arasındaki ilişkiye yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme
Düzyey 0	<ul style="list-style-type: none"> • Herhangi bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer vermeme • Ya da yanlış bir bağlantıya yönelik çizim ve/veya açıklamalara yer verme