

**Fen Eğitimi Yüksek Lisans Öğrencilerinin Model ve Modellemeye
Yönelik Görüşleri: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Katkı
Potansiyeli**

**Science Education Master's Students' Views on Models and Modeling:
Potential Contribution to Sustainable Development Goals**

Aslı ŞENSOY ¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, ORCID No: 0000-0002-9132-8874

Kaynak Gösterimi İçin (For cited in):

Şensoy, A. (2025). Fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye yönelik görüşleri: Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı potansiyeli. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 13 (2), 162-205. DOI: <https://doi.org/10.56423/fbod.1549567>

Fen Eğitimi Yüksek Lisans Öğrencilerinin Model ve Modellemeye Yönelik Görüşleri: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Katkı Potansiyeli **

Aslı ŞENSOY ^{1,*}

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, ORCID No: 0000-0002-9132-8874

Makale Bilgisi	Öz
Gönderilme Tarihi: 18, Eylül, 2024 Revizyon Tarihi: 27, Ekim, 2025 Kabul Tarihi: 29, Ekim, 2025	<i>Bu çalışmanın amacı, fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme konusundaki görüşlerini incelemek ve nitelikli eğitim aracılığıyla sürdürülebilir kalkınma amaçlarına nasıl katkıda bulunabileceklerini ortaya koymaktır. Nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılan bu çalışmanın çalışma grubunu Karadeniz Bölgesi'ndeki bir devlet üniversitesinin 2023-2024 güz ve bahar döneminde "Fen Eğitiminde Model ve Modelleme" dersini almış olan sekiz fen eğitimi yüksek lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada verileri elde etmek için katılımcılardan çizim yapmaları istenmiş, katılımcılara SWOT analizi tablosu verilmiş ve kendileriyle yarı yapılandırılmış mülakat gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Model ve modellemeye yönelik katılımcıların genel anlamda olumlu görüşlere sahip olduğu, olası sorunların çözümlerine yönelik fikirlerinin olduğu ancak birçok katılımcının sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik bilgi birikiminin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle öğretim programlarında da yer alan sürdürülebilir kalkınma amaçlarının yüksek lisans öğrencilerine de kazandırılması önerilmektedir.</i>
Anahtar Kelimeler: Model ve Modelleme, Fen Eğitimi, Yüksek Lisans Öğrencileri, SWOT Analizi, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları	

Science Education Master's Students' Views on Models and Modelling: Potential Contribution to Sustainable Development Goals

Article Information	Abstract
Received: 18, September, 2024 Revised: 27, October, 2025 Accepted: 29, October, 2025	<i>This study aims to investigate the views of master's students in science education on models and modelling and to explore how they can contribute to the Sustainable Development Goals through quality education. This research is a case study approach, and the study group consists of eight graduate students in science education who took the course "Models and Modelling in Science Education" at a state university in the Black Sea Region during the 2023-2024 fall and spring semesters. To collect data, the graduate students were asked to create drawings, provided with a SWOT analysis table, and interviewed through semi-structured interviews. The data obtained were analysed using content analysis. The findings indicate that participants generally hold positive views on models and modelling and have ideas about solutions to potential problems. Still, many participants lack sufficient knowledge regarding the Sustainable Development Goals. Therefore, it is suggested that sustainable developmental goals be incorporated into the curricula for graduate students.</i>
Keywords: Models and Modelling, Science Education, Master Students, SWOT Analysis, Sustainable Development Goals	

*Sorumlu Yazar: E-mail: draslisensoy@gmail.com

** 16. Ulusal Fen ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

ISSN: 2148-2160 ©2021

Giriş

Fen eğitiminde model ve modelleme süreci, soyut kavramların anlaşılması ve bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi için merkezi bir rol oynayan araçlardan biridir (Harrison & Treagust, 1996; Gilbert, 2004). Fen eğitiminde kullanılan modeller, karmaşık sistemleri ve olguları sadeleştirip somutlaştırarak öğrenmeyi desteklerken, modelleme süreci ise bilimsel bilginin yapılandırılmasına, hipotezler geliştirilmesine ve tahminlerde bulunulmasına olanak tanınması nedeniyle bilimsel süreç becerilerini desteklemektedir (Halloun, 2007). Modeller sayesinde öğrenciler, bilimsel süreçleri ve doğa olaylarını simüle edebilir, tahminlerde bulunabilir ve hipotezlerini test edebilirler (Benzer & Ünal, 2021; Namdar & Shen, 2015; Mitrevski, 2021). Örneğin bir elektrokimyasal hücrede mikroskobik düzeyde neler olduğunun görselleştirilmesine yardımcı olan model ile soyut ve karmaşık olan konuların ve kavramların daha anlaşılır hale getirilmesi sağlanmaktadır (Chittleborough & Treagust, 2009; Huddle ve diğerleri, 2000). Bu, öğrenme sürecini daha etkileşimli ve katılımcı hale getirirken, aynı zamanda kritik düşünme, problem çözme ve analitik becerilerin gelişimini de destekler (Bostic, 2015). Fen eğitiminde modellemenin kullanılması, bilim insanlarının gerçek hayatta nasıl çalıştığını öğrencilere gösterir ve onlara bilimsel düşünme şekline daha yakın bir deneyim sunar (Treagust & Chittleborough, 2009). Bu bağlamda, fen eğitiminin vazgeçilmez bir parçası olan modelleme, öğrencilerin bilimle olan bağını güçlendirerek fen bilimlerine olan ilgi ve meraklarını artırır; öğrencilere bilimsel kavramları ve dünyayı keşfetme konusunda derinlemesine bir anlayış sağlar (Mitrevski, 2021; Göhner & Krell, 2020; Benzer & Ünal, 2021; Hidayat ve diğerleri, 2019; Krell ve diğerleri, 2014). Fen eğitiminde model ve modelleme yaklaşımlarının güçlendirilmesi, öğrencilere gerçek dünya problemlerine yönelik kritik düşünme, problem çözme ve karar verme becerileri kazandırmada önemli bir araçtır (Harrison & Treagust, 1998; Sintia & Sumarmin, 2019; Hattie & Donoghue, 2016; Fakhrudin ve diğerleri, 2021; Windschitl ve diğerleri, 2008).

Model ve modelleme sürecinin eğitim süreçlerinde araç olarak etkin bir şekilde kullanılması ile gelişen beceriler ışığında, onların bilimsel okuryazarlıklarını arttırarak onları daha bilinçli bireyler haline getirdiği söylenebilir. Ülkelerin eğitim sistemleri belli hedef ve davranışların kazandırılmasını hedeflerken, aynı zamanda bu sistemlerin öğrencileri yaşama hazırlaması da beklenmektedir (Sarışan-Tungaç & Ünalı-Coral, 2017). Bireylerin eğitim sistemleri çerçevesinde öğretim ortamlarında gerçekleştirilen yaşama hazırlık çalışmaları sosyo-ekonomik ve çevresel faktörlerin değişimlerinden etkilenmekte, bu nedenle bireylerin iş dünyasında sahip olmaları beklenen becerilerin ve bunun sonucu olarak ihtiyaç duyulan iş gücünün sürekli olarak değiştiği OECD ve UNICEF gibi uluslararası kuruluşların raporlarında görülmektedir (Martin, 2018; UNICEF, 2017; UNICEF, 2019). Sürekli değişen ve gelişen koşullara ayak uyduracak şekilde beklenen iş gücünün gelecek nesillerin sahip olması için bireylerin yetiştirilmesi işi eğitim sistemleri ve sağladığı fırsatlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir (Allmendinger, 1989). Çünkü eğitim sistemlerinin yapıları ve sağladıkları fırsatlar, ülkeler için gelecek nesillerin nitelikli iş gücü olarak yetiştirilmesini sağlar. Bu durumun sürdürülebilir olması da ülkeler için oldukça büyük önem arz eder. TDK'da “bir durum veya herhangi bir şeyin devam etmesini sağlamak” olarak tanımlanan “sürdürülebilirlik” kavramının, nitelikli iş gücünün sürekli olarak sağlanması noktasında oldukça önemli olduğu söylenebilir. Elbette ki sürdürülebilirlik için ülkelerin önünde birtakım dönüşüm süreçleri yer almaktadır (Plag &

Jules-Plag, 2020; Messerli ve diğerleri, 2019; Allen ve diğerleri, 2016). Bu bağlamda sosyo-ekonomik ve çevresel unsurlara dayanan sürdürülebilir kalkınma amaçlarının (Saito ve diğerleri, 2017; Allen ve diğerleri, 2016; Miller ve diğerleri, 2014) ülkemiz eğitim sistemi içerisinde yer alması (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024) ülkemizce de önemseniyor olduğuna ve bu amaçlarının eğitim sistemimizin dönüşümüne işaret etmektedir. Eğitim sistemimiz içerisinde bulunan hem “Ortak Metin”de hem de “Fen Bilimleri Dersi” öğretim programında yer alan sürdürülebilir kalkınma amaçları, mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılamasını tehlikeye atmayan bir ekonomik büyüme ve sosyal ilerleme modelini benimser (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987). Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma, gezegenimizin geleceği için kritik öneme sahip multidisipliner bir yaklaşımdır (Saito ve diğerleri, 2017; Miller ve diğerleri, 2014). Sürdürülebilir kalkınmanın 17 temel amacı ve her amaca ait alt amaçlar bulunmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2024). Bu temel amaçlardan birisi de nitelikli eğitimidir. Birleşmiş Milletler’in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) içinde yer alan “Nitelikli Eğitim” (SKA4) maddesinde, herkes için adil ve kapsayıcı eğitim fırsatlarının sağlanması ve yaşam boyu öğrenmenin teşvik edilmesi hedeflenmektedir (Birleşmiş Milletler, 2024). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına yönelik ülkemizde Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Ortak Metninde “sürdürülebilirlik okuryazarlığı” başlığı altında sürdürülebilir kalkınmayı anlama ve çözümleme, sürdürülebilir olmayan sistemleri ise yapılandırma konuları yer almaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024). Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının dördüncüsü olan “Nitelikli Eğitim” amacının “hayat boyu öğrenme” bileşeni göz önüne alınarak Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Ortak Metni incelendiğinde karmaşık sistemlerin anlaşılması ve bu sistemler arasındaki ilişkilerin görülebilmesi yeteneğinin önemi olarak ifade edilmiş olan “sistem okuryazarlığı” başlığı altında “öğrencilerin hayat boyu öğrenme yeterliliklerinin güçlendirilmesi” yer almaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024). Karmaşık sistemlerin yer aldığı konular barındıran Fen Eğitiminde de “sistemin farkında olunması, sistemi oluşturan parçaların bilinmesi, sistemi oluşturan parçalar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve sistemin amacının ve işlevinin anlaşılması” olarak ifade edilen sistem okuryazarlığının işe koşulması gerekmekte ve programda önerilmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında yer alan konu ve kavramlar, karmaşık sistemleri barındırmakta olduğundan Fen Eğitiminde hayat boyu öğrenmeyi sağlamak için, bu sistemlerin anlaşılmasının önemli olduğu görülmektedir. Fen eğitiminde karmaşık sistemlerin anlaşılmasını kolaylaştırıcı bir rolü olan modellerin; öğrenciyi aktif kıldığı, çeşitli olgular hakkında sorular, teoriler ve hipotezler üretmeye ve deneyler yürütülebilen modellerin kullanımı ile karmaşık sistemlerin anlaşılmasına yardımcı olduğu ifade edilmiştir (Jacobson & Wilensky, 2006). Bu nedenle özellikle karmaşık konu veya kavramların model yolu ile öğreniminin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik beceriler kazanmada önemli bir rol oynamaktadır. Ortak metinde karmaşık sistemlerin anlaşılması, sistemler arasındaki ilişkilerin görülmesi olarak tanımlanan sistem düşüncesi yaklaşımının sürdürülebilirlik açısından değerli olduğu alan yazında da belirtilmektedir (Abson ve diğerleri, 2017). Bu beceriler, sürdürülebilir kalkınmanın çeşitli boyutlarıyla, özellikle de nitelikli eğitim, çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik büyüme ve sosyal adaletle ilişkilendirilebilir (Henderson & Loreau, 2023). Fen eğitiminde kullanılan modellere sürdürülebilir kalkınma perspektifinden bakıldığında, öğrencilerin çevre sorunları, enerji kaynakları, iklim değişikliği gibi konuları daha iyi anlamalarına yardımcı olabileceği

düşünülebilir. Çünkü modeller, öğrencilere karmaşık bilimsel kavramları ve fenomenleri anlamaları, keşfetmeleri ve açıklamaları için güçlü bir araç sunarak fen eğitiminde merkezi bir rol oynar (Harrison & Treagust, 1998; Göhner & Krell, 2020; Hidayat ve diğerleri, 2019). Bu yöntem, teorik bilgileri pratik uygulamalarla birleştirerek, öğrencilerin soyut kavramları somut örnekler üzerinden kavramasını sağlar.

Nitelikli Eğitim Amacı'nın gerçekleştirilmesinde diğer bir faktör olan nitelikli öğretmenlerin varlığı ve gelişimi de diğer bir alt amaç (Amaç 4.c.) olarak karşımıza çıkmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2024). Sürdürülebilir kalkınma amaçları perspektifinde bakıldığında nitelikli eğitim sağlayan unsurlardan biri olan öğretmenler hem kendi gelişimlerini sağlarken hem de öğrencilerinin gelişimlerini yaşam boyu sürdürmelerini destekleyecek ortamlar sunarlar. Öğretmenler bireysel gelişimlerini hizmet içi eğitimler ile sağlayabilirken aynı zamanda alanlarında yüksek lisans ve doktora öğrenimlerine devam ederek alanlarındaki güncel ve derin bilgilere erişebilmektedirler. Bununla birlikte Fen Eğitimi konuları içerisinde yer alan karmaşık sistemlerin anlaşılmasına başlanmasının erkenden başlayabildiği fakat tam anlamıyla anlaşılmasının ancak lisansüstü düzeyinde olabileceği alan yazında ifade edilmiştir (Jacobson & Wilensky, 2006). Dolayısıyla, aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin hem model ve modelleme hakkındaki hem de sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik anlayışlarını fark etmenin, bu anlayışları derinleştirmenin ilk aşaması olduğu düşünülmektedir. Bu bakış açısıyla aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi, bu alanın eğitim pratikleri ve teorik temelleri açısından önemli bir araştırma konusudur. Aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme kavramlarını fen eğitiminde nerede gördüklerini, bu kavramların onlar tarafından nasıl anlaşıldığının belirlenmesi sürdürülebilir kalkınma amaçlarından olan nitelikli eğitimin gerçekleşmesi amacıyla fen eğitimi programlarını geliştirmek ve öğretim yöntemlerini optimize etmek açısından da kritik bir adımdır. Bunun için de söz konusu anlayışların geliştirilebilmesi için, anlayışların neler olduğunun belirlenmesi önemlidir.

Bu nedenle bu çalışmada aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencileri katılımcı olarak belirlenmiş ve görüşleri alınmıştır. Bu çalışma, aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme konularına ilişkin görüşlerini incelemekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bu konuların eğitim süreçlerine ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarından özellikle nitelikli eğitim amacına ulaşmada etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın amacı gereğince model ve modelleme hakkında belirli bir ön bilgiye sahip olmaları önemli olduğu için, “Fen Eğitiminde Modeller ve Modelleme” dersini alan aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencileri ile çalışma yürütülmüştür. Bu araştırma, model ve modellemenin nitelikli eğitime katkısının yanı sıra fen eğitimindeki yerini ve önemini vurgularken, aynı zamanda katılımcıların bu kavramlara yönelik görüşlerini açığa çıkarmak hedeflenmektedir. Bu amaca yönelik gerçekleştirilen araştırmanın soruları aşağıdaki gibidir:

1. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme kavramlarına ilişkin görüşleri nelerdir?

- a. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modelleme kavramlarına ilişkin tanımlamaları nasıldır?
- b. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin güçlü ve zayıf yönleri ile sunduğu fırsatlar ve tehditlere yönelik görüşleri nelerdir?
- c. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme ile ilgili kişisel deneyimleri nasıldır?
- d. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye yönelik uygulamaları nasıldır?
- e. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmadaki etkilerine ilişkin görüşleri nedir?
- f. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modellemenin geleceği için nasıl öngörülere sahiptir?

Yöntem

Bu çalışma, nitel bir araştırma yaklaşımını benimsemekte ve aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme konularına ilişkin görüşlerini ve bu konuların eğitim süreçlerine ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarından özellikle nitelikli eğitim amacına ulaşmada etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada yarı yapılandırılmış mülakatlar, katılımcı çizimleri ve model ve modellemeye yönelik SWOT analizi tablosu (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) veri toplama araçları olarak kullanılmıştır. Araştırmada nitel araştırma desenlerinden biri olan durum çalışması deseni benimsenmiştir. Durum çalışması deseni, bir veya birkaç durumu çoklu veri kaynakları ile derinlemesine incelendiği ve durumun ortaya konduğu bir araştırma desendir (Creswell, 2021).

Çalışma Grubu

Çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme yoluyla belirlenen sekiz katılımcıyı içermektedir. Ölçüt örnekleme yöntemi, araştırmacının belirli özelliklere veya kriterlere sahip bireyleri bilinçli olarak seçmesine olanak tanır (Patton, 1987). Çalışmanın amacı gereğince model ve modelleme hakkında belirli bir ön bilgiye sahip olmaları önemli olduğu için, ölçüt örnekleme yöntemi kullanarak, Karadeniz’de yer alan bir devlet üniversitesinde “Fen Eğitiminde Modeller ve Modelleme” dersini alan ve aktif öğretmenlik yapan sekiz Fen Eğitimi yüksek lisans öğrencisi çalışma grubu olarak belirlenmiştir.

Veri Toplama Araçları

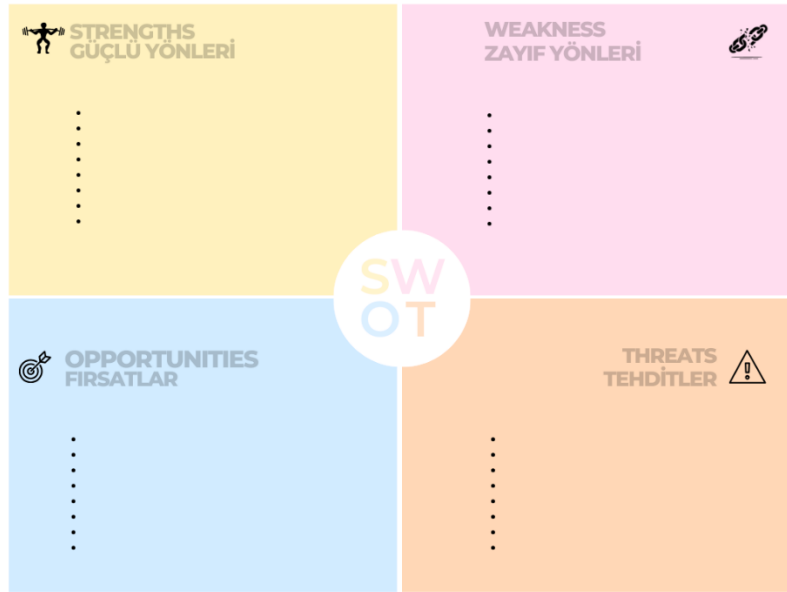
Çalışmada verileri elde etmek için katılımcılardan çizim yapmaları istenmiş, katılımcılara SWOT analizi tablosu verilmiş ve kendileriyle yarı yapılandırılmış mülakat gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki alt başlıklarda kullanılan veri toplama araçları açıklanmıştır.

Model ve Modellemeye İlişkin İmaj Formu

Katılımcılardan, model ve modellemeye ilişkin kavramsal anlayışlarını görselleştirmeleri için kendilerine boş bir kağıt verilip “Model ve modellemeye ilişkin model çizimi yapar mısınız” diye sorulmuştur. Katılımcılar çizimleri yaptıktan sonra, kendi çizimlerinde neyi ifade etmek istedikleri görüşme öncesinde sözel olarak katılımcıların kendi yanıtlamaları için sorulmuştur ve katılımcıların yanıtları, çizimlerin altlarında ifade edilmiştir. Bu çizimler ve kullanılan ifadeler katılımcıların model ve modellemeye ilişkin zihinsel modellerinin somut göstergeleri olarak değerlendirilmiş ve mülakatlar sırasında tartışma için birer başlangıç noktası olarak kullanılmıştır.

SWOT Analizi Formu

Model ve modellemeye ilişkin görüşler çizimler ile edinildikten sonra çalışma grubundan Fen Eğitiminde Model ve Modellemeye yönelik SWOT analizi tablosunu doldurmaları istenmiştir. Katılımcılara öncelikle SWOT analizinin ne olduğu açıklanmış, ardından aşağıda yer alan tablo doldurmaları için verilmiştir (Bakınız Şekil 1).



Şekil 1. SWOT analizi tablosu

Şekil 1’de sunulan SWOT analizi, araştırılmak istenen konunun Güçlü Yönlerini (Strengths), Zayıf Yönlerini (Weaknesses), Fırsatlarını (Opportunities) ve Tehditlerini (Threats) ortaya koyar (Dyson, 2004). Dolayısıyla SWOT analizi model ve modelleme süreçlerinin eğitimdeki potansiyelini ve karşılaşılan zorlukları detaylı bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılar. Güçlü yönler, modelleme sürecinin uygulanmasının getirdiği kolaylıkları ve sağladığı faydalar gibi hususları; zayıf yönler ise bu sürecin uygulanmasında karşılaşılan zorlukları ve kısıtlamaları ortaya çıkarır. Fırsatlar, modelleme kullanımı neticesinde sunulan olumlu durumları ortaya çıkarırken; tehditler, hangi faktörlerin olumsuz

etkileyebileceğini ortaya çıkarır. Bu bağlamda, SWOT analizi, modellemenin mevcut durumunun değerlendirilmesi ve gelecekteki stratejilerin geliştirilmesine yönelik somut adımlar atmak için bir araç olarak hizmet eder.

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Katılımcılarla yüz yüze yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşme soruları hazırlanırken alan yazın incelenmiş ve sorular “Model ve Modelleme Kavramı”, “Kişisel Deneyimler”, “Eğitim Süreçleri ve Yöntemler”, “Uygulama ve İçgörüler” ile “Geleceğe Yönelik Perspektifler” ana kavramları etrafında şekillendirilmiştir (Bakınız EK-1). Görüşme sorularının anlaşılabilirliği, çok genel olmaması ve yanıtlanabilir olması önemlidir (Rubin & Rubin, 2011). Bu nedenle sorular oluşturulurken alanında uzman iki kişinin ve alan uzmanlığı olmayan bir kişinin de soruların anlaşılabilirliği noktasında görüşleri alınmıştır. Katı ve kesin yanıtlar elde edilmesinden çok görüşlerinin belirlenmesi amaçlandığı için günlük hayatlarındaki model ve modelleme kullanımına yönelik sorular da formda yer almıştır (Josselson, 2013). Bununla birlikte model ve modellemenin avantaj ve dezavantajına ilişkin katılımcıların görüşlerinin belirlenmesi amacıyla “ideal pozisyon soruları” da formda yer almıştır (Tisdell ve diğerleri, 2025). Görüşme sorularında farklı açılardan sorular sorulmasının nedeni farklı açılardan yanıtlar alınarak inceleme yapılmasının istenmesi ile ilgilidir. Katılımcıların görüşlerini güvenle aktarabilmeleri için görüşme formundaki sorularda sıralama hususuna da dikkat edilmiştir (Leech, 2002). Görüşme formundaki soruların sıralamasında dikkat edilen şeylerden birisi aynı boyuta yönelik soruların peş peşe sorulmasıdır. Soruların sıralamasında dikkat edilen bir başka husus da başlangıç sorularının sonraki sorulara göre daha kolay, hatırlanabilir sorulardan oluşmasıdır (Leech, 2002; Rubin & Rubin, 2011). Görüşme formunda yer alan ilk sorular daha çok hatırlama düzeyinde, ortada yer alan sorular daha analitik boyutta iken, son sorular model ve modellemenin geleceğine yönelik düşüncelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Görüşme süresince katılımcının araştırmacı tarafından nasıl anlaşıldığına ilişkin geçiş ifadeleri kullanılmış ve katılımcıdan araştırmacı tarafından doğru anlaşılıp anlaşılmadığı noktasında aktif dinleyici rolü bağlamında teyit alınmıştır (Saldaña & Omasta, 2016; Seidman, 2006). Görüşmeler, katılımcıların rahatça düşüncelerini ifade edebilmeleri için esnek bir diyalog formunda yürütülmüş ve her bir görüşme 30-60 dakika sürmüştür. Görüşmede, model ve modelleme kavramlarına ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla kendilerine sorular sözel olarak yöneltilmiştir ve yanıtlar ses kaydı ile kaydedilmiştir. Görüşme sonunda katılımcıya araştırmacının sormadığı, soruların eksik kaldığı ya da kendisinin eklemek istediği noktalarda fırsat tanımak açısından katılımcılara eklemek istedikleri bir husus olup olmadığı sorulmuştur (Rubin & Rubin, 2011).

Veri Analizi

Her bir katılımcının oluşturduğu model ve modelleme çizimleri dijital formatlara aktarılmıştır. Çizimler analiz edilirken, katılımcıların açıklama ifadeleriyle birlikte sembolik ifadeler ve temsil edilen kavramlar incelenmiştir. SWOT analizi aşamasında, verilerin analizlerinden elde edilen güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlere yönelik görüşler belirlenmiştir. Katılımcılar ile gerçekleştirilen mülakatların ses kayıtları yazılı metne dönüştürülmüştür. Ardından yazılı metinler kodlanmıştır ve bu kodlara ilişkin veri parçaları kategorize edilmiştir. Ardından her bir kategoriden ortaya çıkan temalar oluşturulmuştur. Elde edilen veriler, öğrencilerin model ve modelleme kavramlarına ilişkin anlayışları ve nitelikli

eğitim aracılığıyla sürdürülebilir kalkınma amaçlarına nasıl katkıda bulunabileceklerini ortaya çıkarmak için analiz edilmiştir.

İçerik analizi, bu araştırmada katılımcı olan fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye ilişkin görüşlerini ve nitelikli eğitim aracılığıyla sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkılarını sistematik bir şekilde incelemek için kullanılmıştır. İçerik analizi, katılımcıların ifadelerinden elde edilen verilerin sistematik bir biçimde işlenmesi ve analiz edilmesi yoluyla, araştırma sorularına yanıt bulma ve araştırmanın teorik çerçevesine katkıda bulunma konusunda kritik bir rol oynar. Bu analiz, araştırmanın bulgularının güvenilirliğini ve geçerliliğini artırırken, aynı zamanda model ve modellemenin fen eğitimi içindeki yerine dair zengin içgörüler ve ayrıntılı ve kapsamlı anlayışlar sağlar.

Geçerlik ve Güvenirlik

Çalışma Guba ve Lincoln (1982) tarafından belirlenen inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve doğrulanabilirlik ölçütlerini içeren geçerlilik ve güvenilirlik ilkelerine göre yürütülmüştür.

İnandırıcılık ölçütü (iç geçerlik), çalışma sonuçlarına nasıl ulaşıldığının ayrıntılı olarak açıklanmasıyla ulaşılabileceğini ifade eder (Guba & Lincoln, 1982). Bu bağlamda çalışma sonuçlarına nasıl ulaşıldığı konusundaki analizler ayrıntılı olarak verilerek inandırıcılık ölçütü sağlanmaya çalışılmıştır. Nitel çalışmalarda iç geçerlik ve sonuçların zenginliği için veri çeşitlemesi önerilen bir tekniktir (Silverman, 2013). Bu çalışmada iç geçerlik için veri çeşitlemesi (triangulation) yapılmıştır.

Aktarılabilirlik ölçütü (dış geçerlik), veri analizinden elde edilen sonuçları genellemeye izin verecek şekilde ifade edilmesi ile sağlanabilir (Guba & Lincoln, 1982). Bu bağlamda araştırma ortamının, katılımcıların özelliklerinin betimlenmesine önem verilmiştir. Bulgular için kapsamlı betimleme yapılarak da dış geçerlik sağlanmaya çalışılmıştır. Dış geçerlik için araştırmanın kapsamında belirlenen katılımcıların doğrudan araştırılan konuyla ilişkili olması durumunda kullanılan ve nitel çalışmalarda önerilen kriterlerden birisi olan amaçlı örnekleme kullanılmıştır (Lincoln & Guba, 1985). Bu örnekleme yöntemi araştırmanın geçerliliği ile doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Tutarlılık (onaylanabilirlik) için araştırma yönteminin neden ve nasıl seçildiği açıkça ifade edilmeli ve literatürdeki benzer çalışmalardan örnekler verilmelidir (Guba & Lincoln, 1982). Tutarlılık için bulgular mevcut diğer çalışmalardaki benzer bulgularla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Doğrulanabilirlik (güven duyulabilirlik) için diğer araştırmacıların benzer koşullar altında aynı sonuçları elde etmesi gerekir (Guba & Lincoln, 1982). Bu bağlamda verilerden elde edilen bulgular literatürdeki diğer çalışmaların sonuçlarıyla olumlu ve olumsuz karşılaştırmalar yapılarak gösterilmiş ve araştırmacı tarafından yapılan kodlamalar için uzman görüşü alınmıştır. Güvenirlik için kodlayıcılar arasındaki tutarlılık sonuçları için Miles-Huberman katsayısı hesaplanmıştır ve sonuç %99 olarak belirlenmiştir (Guest ve diğerleri, 2012).

Bulgular

Bu çalışmanın bulguları, Karadeniz Bölgesi'ndeki bir devlet üniversitesinde aktif olarak öğretmenlik yapan fen eğitimi yüksek lisans öğrencileri olan katılımcıların model ve modelleme kavramlarına yönelik görüşlerini ve bu yolla sürdürülebilir kalkınma amaçlarından özellikle nitelikli eğitim amacına ulaşmada etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan ve aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme kavramlarına yönelik görüşlerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada alt problemlere göre bulgular ifade edilmiştir.

Model ve Modelleme Kavramlarına İlişkin Tanımlamalar

Katılımcıların model ve modelleme kavramlarına ilişkin tanımlamalarına yönelik ortaya çıkan temalar, kategoriler ve kodlar Tablo 1'de sunulmuş ve çizimlerine yönelik bulgular verilmiştir. Model ve modelleme tanımları yapılmış, öğrenmeyi kolaylaştırdığı ifade edilmiştir. Model oluştururken aşamalara dikkat edilmesi gerektiği, bu aşamalara dikkat edildiğinde zaman yönetiminin etkinliğini arttırabileceği, ekonomik olabileceği ve kavram öğretimi konusunda destekleyici olabileceği ortaya çıkmıştır.

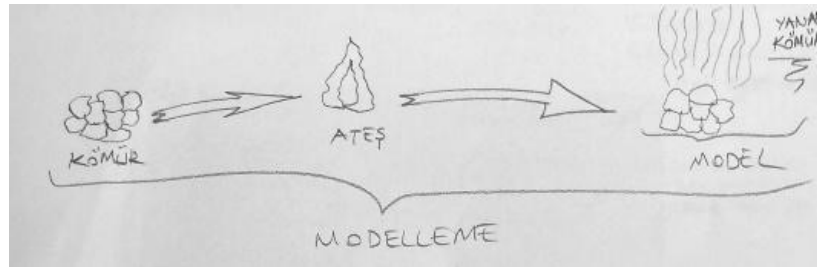
Tablo 1. Temalar, kategoriler ve kodlar

Tema	Kategori	Kod	Katılımcılar	f
Model ve modelleme tanımlarını yapma	Model sonuç, modelleme süreç	Model ve modellemenin sonuç ve süreç ilişkisi olduğuna dair farkındalık	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8	8
Öğrenmeyi kolaylaştırma	Somutlaştırma ve görselleştirme stratejileri	Öğretimde görselleştirmenin katkısı, soyut kavramları somutlaştırma, karmaşık konuları basitleştirme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7	7
Kavram öğretme	Kavram yanlışlarını önleme ve kavram öğretimi	Kavram yanlışlarını fark etme, kavram yanlışısını önlemeye yönelik model kullanımı, modelin kavram öğretimindeki işlevini fark etme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7	7
Model oluşturma aşamalarına dikkat etme	Model geliştirme süreci	Planlama ve tasarım aşamalarına dikkat etme, modelin amacına uygunluğunu değerlendirme, sunum ve değerlendirme aşamalarına önem verme	Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8	6
Ekonomik koşulları gözetme	Ekonomiklik ve maliyet duyarlılığı	Model oluştururken ekonomik koşulları dikkate alma, maliyetlerin yüksekliğini bir etmen olarak gözetme, uygun malzeme seçimi ile maliyeti azaltma	Ö2, Ö3, Ö5, Ö6	4
Zaman yönetiminin etkinliğini artırma	Zaman Yönetimi	Modellemenin derste zaman kazandırması, bazı durumlarda fazla zaman alması, etkinliklerin sürecini hızlandırması	Ö3, Ö7, Ö8	3
TOPLAM				35

“**Model ve Modelleme Tanımlarını Yapma**” temasına ilişkin katılımcıların model ve modelleme kavramlarını görüşmelerde tanımlamaları istendiğinde de modelin genellikle bir ürün, modellemenin ise bir süreç olarak değerlendirildiği görülmüştür. Katılımcılardan biri, modellemeyi bir süreç, modeli ise bir araç olarak tanımlayarak,

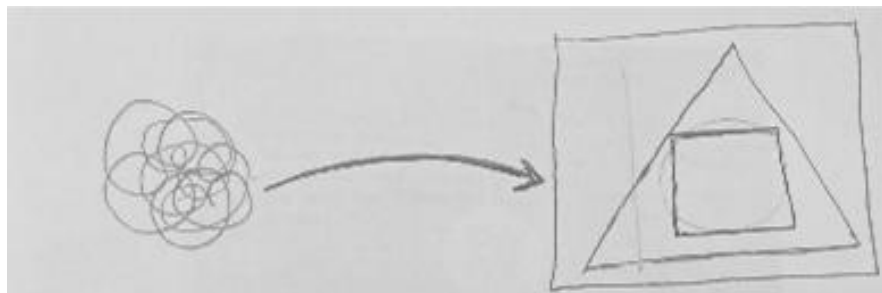
“Modelleme model oluşturmak için üzerinden geçilen yöntem, süreç. Model de ulaşmak istediğimiz hedefe ulaşmamızı sağlayan araçlardır. Model, ulaşmak istediğimiz kazanıma yönelik oluşturduğumuz basit, anlaşılır araçlardır. Öğretim programlarının amacı öğrencilere bilimsel bilgiyi kazandırmaktır. Bu öğretmenler vasıtasıyla yapılıyor. Öğretmenlerin de bu bilgiyi direk didaktik yöntemle değil de araçlar kullanarak yapması gerektiğine inanıyorum. Bu araçların da en önemlisi modellerdir. Öğretmenin elindeki modelin, bir yazarın kalemi gibi veya daktilosu veya şu anki duruma göre bir bilgisayar klavyesi gibi olduğunu düşünüyorum.”

şeklinde görüş bildirmiştir (Ö2). Bununla birlikte katılımcıların model ve modellemeye yönelik ürün-süreç bağlamındaki çizimleri ve katılımcıların çizimlerini açıklarken kullandıkları ifadeler aşağıdaki şekilde verilmiştir (Bakınız Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4).



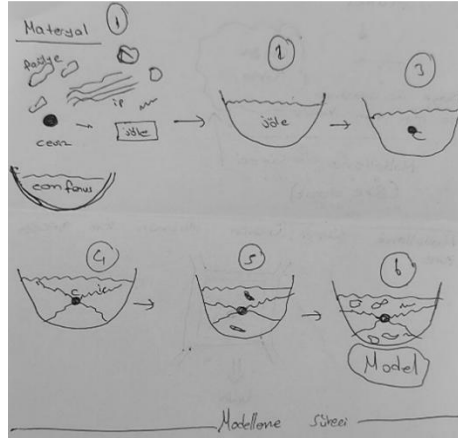
Şekil 2. Model ve modellemeye yönelik bazı katılımcıların çizimleri (Ö2)

Ö2: “Amacımız kömürü yakmak yani bir model oluşturmak, bir hedefe ulaşmak. Hedefimiz kömürü yakmak bunun için kömürle ateşi buluşturmak ve sonuçta yanan bir kömür elde etmek de süreç olduğu için orası modelleme diye düşündüm en sonunda oluşturduğumuz hedefimiz de yanan bir kömür o da model diye düşündüm.”



Şekil 3. Model ve modellemeye yönelik bazı katılımcıların çizimleri (Ö1)

Ö1: “Bu çizim karmaşık bir sürecin somutlaştırılmasını ifade ediyor. Modelleme süreci sonucunda oluşan ürüne de model deniliyor. Burada farklı şekilde çizmemin nedeni ise her kişinin modelinin farklı olması.”



Şekil 4. Model ve modellemeye yönelik bazı katılımcıların çizimleri (Ö3)

Ö3: “Önce organelleri benzeterek malzeme seçeriz: yuvarlak bir cam fanus, jöle, ip, ceviz, düğme, fasulye mesela. İlk olarak kabın içerisine jöleyi yerleştiriyoruz. Daha sonra merkeze çekirdeği alıyoruz, onun yerine ceviz kullanıyoruz. Çekirdekten hücre zarına uzanan endoplazmik retikulum için ip kullanıyoruz. Daha sonraki aşamada ise mitokondri yerine fasulye, ribozom yerine yuvarlak düğmeler kullanıyoruz. Yani birçok aşamadan oluşuyor. En sonunda oluşan model, sürecin tamamı ise modelleme.”

Şekil 2’deki çizim ve katılımcı açıklamaları incelendiğinde Ö2’nin model ve modelleme sürecini anlatmak için modeli yanan kömüre, kömürün yanması için geçen süreci ise modellemeye benzeterek analogi kullandığı; Şekil 3’teki çizim ve katılımcı açıklamaları incelendiğinde Ö1’in karmaşık olan konuların karmaşık çizgilerle, süreç sonucunda oluşan modelin ise daha basit ve daha az karmaşık olacak şekilde farklı formlarda ortaya çıkabileceğini ve her sürecin sonunda bir konuyu anlatmak için farklı modeller oluşabileceğini anlatmak için analogi kullandığı; Şekil 4’te yer alan çizim ve katılımcı açıklamaları incelendiğinde ise Ö3’ün model ve modelleme sürecinin fen konusuna yönelik bir model örneği ile anlatıldığı görülmektedir. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’te yer alan tüm çizimler ve katılımcı açıklamaları bir arada incelendiğinde ise katılımcıların özellikle odaklandıkları noktanın modelin bir ürün, modellemenin bir süreç olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Hem görüşme hem de çizim bulguları birlikte incelendiğinde, katılımcıların model ve modelleme kavramlarını birbirinden ayırarak değerlendirdiklerini, modelin öğrenmeyi kolaylaştıran bir araç olarak görüldüğünü, modelleme sürecinin ise bu aracın oluşturulması ve kullanıma sunulmasını kapsayan bir süreç olarak tanımlandığını ortaya koymaktadır.

Görüşmeler ve çizimler birlikte değerlendirildiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun model kavramını öğrenmeyi kolaylaştıran, somut ve hedefe yönelik bir araç olarak; modelleme kavramını ise bu aracın oluşturulmasına yönelik planlama, malzeme seçimi, tasarım ve uygulama aşamalarını kapsayan bir süreç olarak tanımladıkları görülmüştür. Bu bulgular, katılımcıların modelleme sürecine yalnızca sonuç odaklı değil, öğretimsel bir bütünlük içerisinde yaklaştıklarını ve modelin pedagojik bir işlev taşıdığını benimsediklerini göstermektedir.

Modelin “**Öğrenmeyi Kolaylaştırma**” noktasında öğrenilmesi zor ya da soyut olan konu ve kavramların daha basit, anlaşılır ve somut hale getirmeye yarayan önemli bir araç olduğu ifade edilmiştir. Katılımcı Ö8, modellemeyi soyut veya zor bir konuyu somutlaştırma süreci

olarak değerlendirirken, modelin bu sürecin sonucunda ortaya çıkan materyal veya gösterim olduğunu ifade etmiştir: “Soyut bir konuyu somutlaştırmak ya da zor bir konuyu daha kolay aktarabilmek için geçen süreç modelleme, bu sürecin sonucunda öğrenciye sunulan materyal ya da bir gösterimi de model olarak anlatabilirim.”. Benzer şekilde, başka bir katılımcı modellemeyi, “Soyut olan bir şey olabilir karmaşık olan bir şey olabilir bunun somutlaştırma sürecine modelleme diyorum, somutlaştırma süreci sonunda oluşan ürüne de model denir.” şeklinde tanımlamıştır (Ö1). Modelin yalnızca soyut kavramları somutlaştırma amacı taşımadığı, aynı zamanda somut kavramların da öğretiminde kullanılabildiği yönünde görüş bildiren bir katılımcı, modele yönelik görüşlerini “Model; soyut bir kavramı öğrencilere anlatırken öğrencinin görerek dokunarak öğrenebileceği 3 boyutlu ürünlerdir. Soyut olmasa bile bazen somut kavramlar için de kullanıyoruz. Modelleme de bu kullanacağımız modelin o şekle bürünmesi sürecidir.” şeklinde ifade etmiştir (Ö3).

Bu bulgular, katılımcıların model ve modelleme uygulamalarının yalnızca bilgi sunma aracı değil, aynı zamanda öğrencinin bilişsel sürecini destekleyen, öğrenmeyi kolaylaştıran ve anlamlandırmayı sağlayan pedagojik stratejiler olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Katılımcıların özellikle soyut ve karmaşık konuların öğretiminde modellemenin, öğrencinin konuya dair zihinsel temsiller geliştirmesinde etkili bir rol oynadığını vurguladıkları belirlenmiştir.

“**Kavram Öğretme**” temasına ilişkin öğretmenin konuya hakim olmasının, modelin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayacağı ve kavram yanlışlarını önleyebileceği ifade edilen görüş, “Konunun öğretmen tarafından iyi bilinmesi gerektiğini düşünüyorum. İyi bilinirse iyi sunulur ve böylece kavram yanlışısına sebebiyet vermez.” şeklinde dile getirilmiştir (Ö1). Öğretmenin konuya hakimiyetinin yanı sıra, modelin öğrencinin düzeyine uygunluğunun, gerçeği ne kadar yansıttığının ve kavram yanlışısı oluşturmada sunulmasının önemli olduğu vurgulanmıştır: “Modelin kavram yanlışısı oluşturulmadan sunulmasının, gerçeği ne kadar yansıttığının, öğrencinin düzeyine uygunluğunun önemli olduğunu düşünüyorum” (Ö5). Öğretmenin konuya hakim olmasının yanı sıra model tasarımının konuyla doğrudan ilişkili olması gerektiği ve kavram yanlışlarına yol açmamak adına bu sürecin dikkatle ele alınması gerektiği de vurgulanmıştır: “Bence ilk olarak konu önemli. Daha sonra konuyla ilgili bir tasarım sürecinin yapılması gerekiyor. Öğretmenin konuyu bilmesi önemli. Son olarak da kavram yanlışlarına dikkat edilmesi gerekiyor bence.” (Ö7).

Bu bulgular, katılımcıların kavram öğretiminde model kullanımının etkili olabilmesi için yalnızca fiziksel bir temsil sağlamasının yeterli olmadığını; modelin kavramsal olarak doğru, hedef kitleye uygun ve pedagojik açıdan dikkatle kurgulanmış olması gerektiğini düşündüklerini ortaya koymaktadır. Katılımcıların hem konu bilgisi hem de öğretim stratejilerine dair yeterliliğinin, modelin öğrencide doğru kavram gelişimi sağlamasında belirleyici bir unsur olarak öne çıktığını düşündükleri anlaşılmaktadır.

“**Model Oluşturma Aşamalarına Dikkat Etme**” hususunda modelleme sürecinde planlamanın ve tasarım aşamasının, modeli oluşturmada kritik bir rol oynadığı belirlenmiştir. Katılımcılar, bu süreçte konunun öğretmen tarafından derinlemesine bilinmesinin, modelin amaca uygun ve gerçeğe yakın olmasının, zaman yönetiminin, ekonomikliğin, erişimi kolay olan materyallerin kullanılmasının, materyallerin önceden belirlenmiş olmasının, model

sunumu yapılırken kavram yanılgısı oluşturabileceğinin farkında olmanın ve öğrencinin düzeyine uygunluğunun önemine vurgu yapmışlardır. Bu bağlamda, planlama aşamasının modelleme sürecinde temel bir adım olduğu ifade edilmiştir. Bir katılımcı, “*Modelleme sürecinde en önemli adım planlama yapmaktır. Öncelikle modeli niçin oluşturuyoruz? Onun hangi kazanımlara yönelik olacağını dair planlamamızı yapıp, not almamız gerektiğine inanıyorum.*” şeklinde görüş belirtmiştir (Ö2). Kullanılan bir modelin amaca uygun olması gerektiği belirtilmiş ve bu bağlamda kullanılan görsellerin ayrıntılarına dikkat edilmesinin önemine değinilmiştir: “*Bir model önce amacı karşılamalı. Renkleri, şekilleri bunlara da dikkat etmeliyiz*” (Ö6). Bir başka katılımcı, görsellere dikkat edilmesi gerektiğinin yanı sıra modelin öğrenciler tarafından oluşturulması durumunda, sürecin öğrencinin zihninde önceden kurgulanması gerektiği belirtilmiş ve şu şekilde ifade edilmiştir:

Ö3: “*Eğer modeli öğrenci hazırlayacaksa en önemli aşaması öğrencinin evinde modelin gerçeğe yakın halini kafasında tasarlaması gerekiyor. Öğrencilerin kafasında derse gelmeden oluşması lazım ki modeli daha rahat oluştursun. Çünkü ona göre malzeme toplaması gerekiyor. Eğer modeli bizler oluşturacaksak modelin biraz daha profesyonel olması gerekiyor. Modelin gerçeğe yakın olması gerekiyor. Ayrıntıya dikkat etmek gerekiyor. Ayrıntı derken mesela bir hücre modelinde seçeceğim materyalin bence organellerin şekline de benziyor olması gerekiyor. Çekirdekte kullanılacak materyalin bir üçgen ya da silindir gibi olması değil de daha yuvarlak olması bence daha etkili olur. Çünkü çocuğun kafasında direk o model canlanacak şekilde alakalı, onunla özdeşleştirecek yani.*”

Benzer şekilde, zaman yönetiminin modelleme sürecinde kritik bir unsur olduğu vurgulanmış ve bu durum,

“*Modelleme sürecindeki en önemli adımlardan ilki zamanı verimli kullanmak. Daha sonra ulaşılabilir materyalle bir model oluşturmamız ve bunu hazırlarken ekonomiklik ilkesine dikkat etmeliyiz. Çünkü model kullanacağımız konularda zamanımızı çok alacak bir modeli sınıfta oluşturmak istersek ders sürelerini aşacağı için verimli bir öğretim olmaz. Kalıcı bir bilgi oluşabilir ama zaman olarak verimli bir süreç geçmez.*”

ifadeleriyle dile getirilmiştir (Ö8). Ayrıca, model oluşturma sürecinde bir rehberin ya da kılavuzun bulunmasının faydalı olacağı belirtilerek, “*İlk önce konu hakkında ya da yapılacak bir model hakkında bilgiye sahip olmak gerekiyor. Daha sonra modelin yapım aşaması bir kılavuzunun olması lazım. Ne kadar bilgiye sahip olsam bu kılavuzdan yardım alınması gerektiğini düşünüyorum*” ifadeleri kullanılmıştır (Ö4).

Tüm bu bulgular doğrultusunda, katılımcıların model oluşturma sürecinin yalnızca teknik bir üretim süreci değil, aynı zamanda pedagojik planlamayı, içerik bilgisiyle bütünleşmiş görsel tasarımı ve öğretimsel stratejileri kapsayan bütüncül bir süreç olduğunu belirttikleri anlaşılmaktadır.

“***Ekonomik Koşulları Gözetme***” temasına yönelik katılımcıların büyük bir kısmı, model hazırlama sürecinde ekonomik koşulların belirleyici bir unsur olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin maddi durumları, malzeme teminindeki kolaylık ve katılımcıların kendi bütçelerine olan etkiler, model seçimini doğrudan etkilemektedir. Katılımcılar, genellikle düşük maliyetli ve kolay erişilebilir malzemeleri tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bu duruma ilişkin olarak bir katılımcı, model seçiminde ilk aşamada ekonomik boyutu doğrudan dikkate almasa da sürecin ilerleyen aşamalarında maliyetin önem kazandığını ifade etmiştir: “*Daha sonra*

ekonomik olup olmadığı önemli. Kullanacağımız modeli yapmak istediğimiz malzemelerin erişilebilirliği kolay olmalı” (Ö2). Benzer şekilde, bir başka katılımcı öğrencilerin malzeme temininde yaşadığı güçlükleri vurgulamış ve bu nedenle ucuz malzeme kullanımına özen gösterdiğini belirtmiştir: “*Ekonomik olmasına çok dikkat ediyorum ben çünkü istediğim malzemeleri öğrenciler getirmekte zorluk yaşıyorlar. O nedenle ucuz malzeme aldirmaya çalışıyorum ben. Dikkat ettiğim şey bu genellikle.*” (Ö3). Bir katılımcılar ise model hazırlama sürecinde kendi ekonomik durumunun zorlandığını dile getirmiştir: “*Ekonomik zorluğu olabilir. Hazırladığım modelin maddi olarak beni zorlaması olabilir.*” (Ö5). Özellikle ekonomik açıdan dezavantajlı bölgelerde görev yapan katılımcılar, öğrencilerinin katkı sağlayamaması nedeniyle tüm masrafları kendilerinin karşılamak zorunda kaldığını ifade etmişlerdir: “*Çalıştığım okulda ekonomik olarak zayıf öğrenciler var. Bu nedenle model masraflarını benim karşılamam gerekiyor.*” (Ö6). Bu bulgular, katılımcıların model tasarımı ekonomik koşulları dikkate aldıklarını ve bu durumun öğretimsel tercihlere doğrudan yansıdığını ortaya koymaktadır.

Katılımcılar “**Zaman Yönetiminin Etkinliğini Arttırma**” temasına yönelik model ve modelleme süreçlerinde zaman yönetiminin dikkatle ele alınması gereken önemli bir unsur olduğunu ifade etmişlerdir. Modelleme etkinliklerinin ders süresi içinde uygulanabilir olması ve zamanın verimli kullanılması, öğretim sürecinin etkililiğini doğrudan etkilemektedir. Bazı katılımcılar, modelin sınıf ortamında oluşturulmasının zaman açısından zorlayıcı olabileceğini belirtmiştir. Bu durum, öğretim süresinin planlanandan sapmasına ve hedeflenen kazanımlara ulaşılmasında aksamalara neden olabilmektedir. Bu doğrultuda bir katılımcı şu ifadeleri kullanmıştır: “*Model ders esnasında yapıldığında tasarlanması zaman alıcı olabiliyor*” (Ö7). Buna karşın modelin zaman yönetimini kolaylaştıran bir araç olarak da görülebileceği belirtilmiştir. Modelin planlı bir şekilde kullanılması durumunda öğretim sürecini daha verimli hale getirdiği katılımcı Ö4 tarafından şöyle ifade edilmiştir: “*Model ve modelleme bizim zamanı verimli kullanmamız için iyi bir araç.*” Zaman yönetiminin modelleme sürecindeki kilit unsurlardan biri olduğunu vurgulayan bir diğer katılımcı ise, modelin sınıf içerisinde uygulanabilirliğine şu cümleler ile dikkat çekmiştir:

Ö8: “*Modelleme sürecindeki en önemli adımlar bence ilk olarak zamanı verimli kullanmak için süreci iyi ayarlamak. Model kullanacağımız konularda zamanımızı çok alacak bir modeli sınıfta oluşturmak istersek ders sürelerini aşacağı için verimli bir öğretim olmaz. Kalıcı bir bilgi oluşabilir ama zaman olarak verimli bir süreç geçmez.*”

Bu bulgular, model kullanımının yalnızca içerik aktarımı değil, aynı zamanda zamanın verimli kullanımı açısından da stratejik olarak planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Zaman yönetiminde yaşanan sorunlar, katılımcıların model seçimi ve uygulama kararlarını doğrudan etkilemektedir.

Model ve Modellemenin Güçlü ve Zayıf Yönleri ile Sunduğu Fırsatlar ve Tehditler

Derslerde kullanılması planlanan her yöntem, teknik veya yaklaşım gibi model ve modellemenin de artı ve eksi yönleri ile bu yönlerin etkileri vardır. Bu yönleri ve etkilerinin neler olabileceğine yönelik katılımcı görüşlerini belirlemek için SWOT analizi bulguları ile birlikte görüşme bulguları sunulmuştur. SWOT analizi ile model ve modelleme kullanımının güçlü yönleri, zayıf yönleri, sağladığı fırsatlar ve karşılaşılabilecek tehditlere ilişkin

katılımcıların görüşleri ortaya çıkarılmıştır. SWOT analizi ve görüşmeler sonucunda ortaya çıkan kod, kategori ve temalar ile sunularak model ve modellemenin Tablo 2’de güçlü yönleri, Tablo 3’te sunduğu fırsatlar, Tablo 4’te zayıf yönleri, Tablo 5’te ise olası tehditleri verilmiştir.

Tablolarda her faktörün (güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar, tehditler) altında ortaya çıkmış temalar en fazla frekansa sahip olandan en az frekansa sahip olana göre sıralanmıştır. Katılımcılar başlıkları altında hangi katılımcının o temaya yönelik ifadesinin bulunduğunu göstermektedir. f olarak ifade edilen kısım ise (frekans) katılımcıların o kategoriye ait ifadelerine kaç kere rastlandığını ifade etmektedir.

Tablo 2. Katılımcıların model ve modellemeye yönelik SWOT analizi (güçlü yönleri)

Temalar	Kategoriler	Kodlar	Katılımcılar	f
Öğrenmeyi Kolaylaştırma	Öğrenme Sürecini destekleyici uygulamalar	Somut olması, Soyut kavramların anlatımında kolaylık, soyut kavramı somutlaştırır, Dikkat çeker, Zor konu ve kavramları anlaşılır kılar, Açıklaması zor konuların daha rahat ifade edilmesi, Kalıcı, kalıcılığı artırır, Basitleştirme, Görselleştirme, görsel materyal	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8	18
Zaman Yönetiminin Etkinliğini Artırma	Zaman Kazanımı	Etkin planlama ile zamandan tasarruf etme	Ö3, Ö4	2
Öğrenme İsteğini Arttırma	Dersi Eğlenceli Hale Getirme	Modellemenin derse ilgiyi artırması	Ö7, Ö8	2
Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama	Yeniden Kullanılabilirlik	Tasarlanan modelin tekrar kullanılması	Ö2	1
Beceri Kazandırma	İş Birliği Becerisi Kazandırma	Grup çalışmasıyla iş birliği becerisi geliştirme	Ö7	1
Aktif Öğrenmeyi Destekleme	Öğrenci Merkezli Öğrenme	Modelleme sürecine öğrencinin doğrudan katılımı	Ö7	1
TOPLAM				25

Katılımcılar, Tablo 2’de verilen SWOT analizi ile ortaya koyulan bulgulara göre model ve modellemenin güçlü yönlerini; konu, kavram ve kazanımları somutlaştırarak basitleştirerek görselleştirerek ve özellikle zor konuların kalıcı öğrenilmesini sağlayarak “**Öğrenmeyi Kolaylaştırma**” (18), iyi plan yapıldığında “**Zaman Yönetiminin Etkinliğini Artırma**” (2), dersi eğlenceli hale getirerek ve sevdirerek “**Öğrenme İsteğini Arttırma**” (2), tasarlanan bir modelin yeniden kullanılması yoluyla “**Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama**” (1), işbirliği becerisini vurgulayarak “**Beceri Kazandırma**” (1) ve öğrenciyi aktif kılarak “**Aktif Öğrenmeyi Destekleme**” (1) olarak ifade etmişlerdir. Model ve modelleme kullanımının öğrencinin yanı sıra öğretmenlere de faydalar sağladığını, en güçlü yönünün ise “**Öğrenmeyi Kolaylaştırma**” olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Katılımcıların model ve modellemeye yönelik SWOT analizi (fırsatlar)

Temalar	Kategoriler	Kodlar	Katılımcılar	f
Öğrenmeyi Kolaylaştırma	Anlamayı Destekleme, Teorik Bilgiyi Uygulamaya Aktarma, Günlük Yaşamla Bağ Kurma, çoklu duyulara hitap etme	Anlaşılması güç konuları kolaylaştırma, Anlamayı kolaylaştırma, Teorik bilgileri uygulamayı ortamına taşıma, konuları günlük yaşamla ilişkilendirme, görsel, işitsel ve dokunsal öğrenme unsurlarını bir arada kullanma	Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö5	7
Aktif Öğrenmeyi Destekleme	Öğrenciyi ve Öğretmeni Aktif Kılma	Öğrencilerin sürece dahil olması, modelleme sürecine aktif katılım, modelleme yöntemiyle öğrencinin gördüğü bir modele benzer modelleri kendinin de modellemesi, öğrencinin aktif katılımı, Öğretmenin modelleme sürecinde aktif olması	Ö2, Ö3, Ö5, Ö7	5
Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama	Yeniden Kullanılabilirlik ve Geri Dönüşümü Destekleme	Tasarlanan bir modelin tekrar kullanılabilmesi, Bazı modellerde kolay bulunabilir malzemeler kullanılırsa geri kazanıma katkıda bulunarak geri dönüşümü bu yolla öğrencilere kazandırma	Ö1, Ö3, Ö7	3
Beceri Kazandırma	Problem Çözme Becerisi , Bilimsel Süreç Becerileri, İletişim Becerisi	Öğrencinin problem çözme yollarını geliştirmesine katkıda bulunma, Bilimsel süreç becerilerini geliştirir, Derslerde model yaptırmak (grup halinde) öğrenciler arasındaki iletişimi geliştirir	Ö3, Ö4, Ö5	3
Ekonomik Olabilme	Ulaşılabilir Malzeme Kullanımı	Eldeki malzemelerle kolaylıkla istenen modelin oluşturulması	Ö5, Ö2	2
Öğrenme İsteğini artırma	İlgi Uyandırma	İlgisiz öğrencileri derse katılımını artırma	Ö8	1
Zaman Yönetiminin Etkinliğini Artırma	Zaman Kazandırma	Öğretim sürecinde zamandan tasarruf sağlama	Ö8	1
TOPLAM				22

Model ve modellemenin güçlü yönleri öğretmen ve öğrencilere bazı fırsatlar sunmaktadır. Katılımcılar bu fırsatları ise günlük yaşamla ilişkilendirerek teorik bilgileri pratiğe aktarmayı kolaylaştırma yoluyla birden fazla duyu organına hitap ederek “**Öğrenmeyi Kolaylaştırma**” (7), öğrenci ve öğretmeni aktif kılarak “**Aktif Öğrenmeyi Destekleme**” (5), kullanılan malzemelerin seçiminde atık maddelerin kullanılması ya da bir modelin yeniden kullanılması yoluyla “**Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama**” (3), öğrencilerin problem çözme, bilimsel süreç becerileri ve iletişim gibi becerilerini geliştirmelerine olanak tanıyarak “**Beceri Kazandırma**” (3), seçilecek malzemenin çeşitliliği sayesinde “**Ekonomik Olabilme**” (2), ilgi uyandırarak öğrencinin “**Öğrenme İsteğini Arttırma**” (1) ve iyi planlamayla konu ve kazanımların öğretilmesinde zaman kazandırarak “**Zaman Yönetiminin Etkinliğini Arttırma**” (1) olarak ifade etmiştir. Model ve modellemenin sunduğu en büyük fırsatın ise “**Öğrenmeyi Kolaylaştırma**” olduğu belirlenmiştir (Bakınız Tablo 3).

Tablo 4. Katılımcıların model ve modellemeye yönelik SWOT analizi (zayıf yönleri)

Temalar	Kategoriler	Kodlar	Katılımcılar	f
Kavram Öğretimi	Kavramsal Anlama Güçlükleri	Modelin kavram yanlışlığına neden olabilmesi, her konuya uygulanamama durumu, modelin konuyu tam anlamıyla yansıtmayabileceği	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8	10
Maliyetlerin Yüksek Olması	Ekonomik Kısıtlar	Modelleme sürecinin maliyet gerektirmesi, malzeme temininde zorluk yaşanması	Ö6, Ö7, Ö8	3
Zaman Yönetiminin Etkinliğinin Azalması	Zaman Sınırlılıkları	Modelleme planlamasının zaman alması	Ö2, Ö3	2
Modele Erişimin Zor Olması	Erişim Engelleri	Modelleme (profesyonel anlamda) ulaşmak her zaman kolay olmaması	Ö3	1
TOPLAM				16

Model ve modellemenin katılımcılar tarafından ifade edilmiş olan en zayıf yönünün, **“Kavram Öğretimi”** olduğu ve bunun bir modelin konu ya da kavramın kendisi değil de temsili olmasından, konuyu ya da kazanımı tam olarak yansıtmayışından, her konuya ya da kazanıma uygulanamayışından ve doğru sunulmadığı ya da oluşturulmadığında kavram yanlışlığına sebebiyet verebilmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir (10). Bununla birlikte seçilecek olan malzemelerin pahalı olması durumunda **“Maliyetlerin Yüksek Olması”** (3), iyi planlanmadığında zamanın kontrolsüz kullanılmasıyla **“Zaman Yönetiminin Etkinliğinin Azalması”** (2), hazır ve profesyonel modellere **“Erişimin Zor Olması”** (1) model ve modellemenin zayıf yönleri olarak ifade edilmiştir. Model ve modelleme kullanımının en zayıf yönünün **“Kavram Öğretimi”** olduğu belirlenmiştir (Bakınız Tablo 4).

Tablo 5. Katılımcıların model ve modellemeye yönelik SWOT analizi (tehditler)

Temalar	Kategoriler	Kodlar	Katılımcılar	f
Kavram Öğretimi	Kavramsal Anlama Güçlükleri	Modelin kavram yanlışlığına neden olabilmesi, her konuya uygulanamama durumu, modelin konuyu tam anlamıyla yansıtmayabileceği	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö7	5
Maliyetlerin Yüksek Olması	Ekonomik Kısıtlar	Modelleme sürecinin maliyet gerektirmesi, malzeme temininde zorluk yaşanması	Ö3, Ö8	2
Sınıf Yönetimini Zorlaştırması	Öğretim Sürecinde Yönetim Zorlukları	Modelin amacının dışında kullanımı, model kullanılmadığında öğrenci ilgisinin azalması	Ö4, Ö5	2
Zaman Yönetimini Zorlaştırması	Zaman Sınırlılıkları	Fazla süre ve materyal ile konudan uzaklaşılabilir	Ö5	1
TOPLAM				10

Katılımcıların en zayıf yön olarak ifade ettikleri **“Kavram Öğretimi”** aynı zamanda kavram yanlışlığına da sebebiyet verebilmesi nedeniyle en büyük tehdit unsuru olarak da öne çıkmıştır (5). Seçilen malzemenin ekonomik olmaması ya da öğrencilerin ailelerinin ekonomik seviyelerinin iyi olmaması nedeniyle **“Maliyetlerin Yüksek Olması”** (2), modelin amacı dışında kullanımı ve özellikle grup çalışması şeklinde gerçekleştirilen model oluşturma sürecinde öğrencileri yönetmedeki zorluğun **“Sınıf yönetimini Zorlaştırması”** (2) ve iyi planlama

yapılmadığında konu ya da kazanımın belirlenen zamanda aktarılamamasının “**Zaman Yönetimini Zorlaştırması**” da (1) tehdit unsurları olarak belirtilmiştir. Model ve modelleme kullanımının sebep olabileceği en büyük tehditin ise “**Kavram Öğretimi**” olduğu belirlenmiştir (Bakınız Tablo 5).

Güçlü Yönler (25)	Zayıf Yönler (16)
• Öğrenmeyi Kolaylaştırma (18) • Zaman Yönetimini Sağlama (2) • Öğrenme İsteğini Artırma (2) • Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama (1) • Beceri Kazandırma (1) • Aktif Öğrenmeyi Destekleme (1)	• Kavram Öğretimi (10) • Maliyetlerin Yüksek Olması (3) • Zaman Yönetiminin Etkinliğinin Azalması (2) • Erişimin Zor Olması (1)
Fırsatlar (22)	Tehditler (10)
• Öğrenmeyi Kolaylaştırma (7) • Aktif Öğrenmeyi Destekleme (5) • Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlama (3) • Beceri Kazandırma (3) • Ekonomik Olabilme (2) • Öğrenme İsteğini Arttırma (1) • Zaman Yönetiminin Etkinliğini Arttırma (1)	• Kavram Öğretimi (5) • Maliyetlerin Yüksek Olması (2) • Sınıf yönetimini Zorlaştırması (2) • Zaman Yönetimini Zorlaştırması (1)

Şekil 5. SWOT Analiz Sonuçları

SWOT analizi toplam frekanslar bağlamında incelendiğinde (Bakınız Şekil 5) güçlü yönlerinin (25) ve fırsatlarının (22), zayıf yönlerinden (16) ve tehditlerinden (10) daha fazla olduğu belirlenmiştir. Katılımcıların model ve modelleme kullanımına yönelik olumsuz görüşlerdense olumlu görüşlerin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Temalar bir arada incelendiğinde ise **zaman yönetiminin ve ekonominin** güçlü yön, zayıf yön, fırsat ve de tehdit olabildiği ifade edilmiştir. Katılımcılar model ve modelleme süreçlerinde eğer iyi planlama yapılırsa zamanı daha etkili yönetmeye, konu veya kazanımı çok daha kısa sürede ifade etmeye fırsat verebileceğini ancak iyi planlama süreci olmazsa zaman yönetiminin etkinliğinin azalması durumu ile karşı karşıya kalılabileceğini ve model oluşturma süresinin kontrolsüz bir şekilde uzayabileceğini ifade etmişlerdir. Ekonomik durum ile ilgili de katılımcılar bazı modellerin hazır alınması ya da yapılması gerektiği durumlarda ekonomik olmaktan uzak olabileceğini, ancak öğretmenlerin model yapımı aşamasında kullanılmasını ifade ettikleri materyallerin kolay erişilebilir, evde bulunan malzemelerden seçilmesi durumunda daha ekonomik olabileceğini ifade etmişlerdir.

Görüşmelerde verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların model kullanımının bazı avantajlar sağladığı ve aynı zamanda bazı zorlukları olduğunu ifade etmişlerdir. Katılımcılar, fen eğitiminde model kullanımının gerekliliğine ve sağladığı avantajlara vurgu yapmışlardır. Bu bağlamda, modellemenin günlük hayatla bağlantı kurarak öğrenmeyi daha etkili hale getirdiği ifade edilmiştir. Bir katılımcı,

Ö8: “Fen eğitimi genele baktığımızda günlük hayattan konular içeriyor ve bu konular genelde soyutlar o yüzden model ve modellemeyi günlük hayattan örneklerle, materyallerle sunduğumuz zaman öğrenci dersi daha fazla sever, dikkatini derse verir ve konuyu kalıcı şekilde öğrenebilir. Ben özellikle zor konuları öğrenciye daha kısa sürede anlatıp daha kalıcı bilgiye ulaşmak için model kullanımının önemine çok inanıyorum.”

şeklinde görüş bildirmiştir (Ö8). Bunun yanı sıra, modellemenin görselleştirme yoluyla konunun anlaşılmasını kolaylaştırdığı ve öğrencinin zihninde bir temsil oluşturmaya yardımcı olduğu vurgulanmıştır. Bu görüş, “*Çocuğun zihninde modeli tasavvur edebilmesi benim için önemli. Modelin bu şekilde görsel-işitsel olması daha gerçekçi kılıyor anlatılan konuyu. Mesela manyetik alan çizgilerini göstermezsem çocuk mıknatısın birbirini nasıl itip çektiğini anlamakta biraz daha güçlük yaşayabilir.*” şeklinde dile getirilmiştir (Ö6). Modelin soyut kavramların anlaşılmasını kolaylaştırarak konunun daha dikkat çekici ve kalıcı hale gelmesini sağladığı ifade edilmiştir. Örneğin, bir katılımcı, “*Kesinlikle fen eğitiminde modelin kullanılması gerektiğini düşünüyorum. Çok fazla soyut konu var ve bu soyut konuların anlaşılması için modele ihtiyaç var. Model hem daha kalıcı olmasını sağlıyor hem de dikkat çekerek konunun öğrenilmesini arttırıyor.*” şeklinde görüş bildirmiştir (Ö1). Fen eğitiminde model ve modelleme sürecinin vazgeçilmez olduğu belirtilerek, “*Model modelleme fen eğitiminin olmazsa olmazlarından olduğunu düşünüyorum. Soyut kavramların somutlaştırarak öğrenciye daha kalıcı ve daha iyi aktarım sağlıyoruz. Bu nedenle fen eğitiminde önemi büyüktür.*” ifadesiyle bu görüş desteklenmiştir (Ö4). Öğrencilerin soyut kavramları anlamalarını kolaylaştırmak amacıyla model kullanımının kritik olduğu vurgulanmış ve şu şekilde ifade edilmiştir:

Ö7: “Fen eğitiminin daha çok soyut olan ve somutlaştırılması gereken konuları olduğu için bence fen eğitiminde model kullanımı gayet gerekli ve önemlidir. Çünkü mesela atom modeli diyoruz veya iç organları anlatıyoruz ama bu öğrencide kalıcı olmuyor. Daha kalıcı hale gelmesi için modellerin kullanılması önemli olduğunu düşünüyorum.”

Modelin, fen derslerinde diğer derslere kıyasla daha büyük bir öneme sahip olduğu belirtilmiş ve günlük yaşamla ilişkilendirmenin öğrenme sürecini desteklediği ifade edilmiştir:

Ö3: “Fende model olmazsa olmazdı gibi bir şey. Diğer derslerde de öyle ama bizim derslerimizde daha çok önemli çünkü bazı kavramlar soyut kalıyor gerçekten. Bir de şöyle bir şey var günlük yaşamla iç içe olduğu için konular, mutlaka model kullanılması gerekiyor ve kullanıyoruz da zaten. Model olmadan öğrencinin soyut kavramları anlaması çok zor.”

Son olarak, modellemenin, sınıf ortamında doğrudan gösterilmesi mümkün olmayan, karmaşık konuların ve kavramların öğretiminde önemli bir rol oynadığına dikkat çekilmiş ve

Ö5: “Fen bilgisinin soyut ve somut konuları olan karışık bir ders olduğunu düşünüyorum. Ve sadece mikroskop altında görünebilecek olan hücre konusu ya da astronomi konuları gibi sınıf ortamına getiremeyeceğimiz konular var. Bu konuları model olarak sunduğumuzda somutlaştırmış oluyoruz ve böylelikle daha kalıcı olabiliyor. Bu nedenle model ve modellemenin önemli olduğunu düşünüyorum.”

şeklinde görüş bildirilmiştir.

Katılımcıların, model oluştururken doğru seçimler yapmakta ve modelin etkili bir şekilde sunumu konularında güçlük yaşadıkları belirlenmiştir. Bu bağlamda bir katılımcı, “*Model ve modelleme konusunda karşılaştığım zorluk doğru modeli oluşturup oluşturmama noktasında.*

Oluşturacağım model acaba benim anlatmak istediğim şeyi anlatacak mı? Veyahut da modeli oluşturduktan sonra ben onu doğru şekilde nasıl sunmalıyım? Benim için bu ikisi en çok zorlandığım ya da sorun olarak gördüğüm iki konu.” şeklinde görüş bildirmiştir (Ö2). Modelleme sürecinin alt dallara ayrılması nedeniyle hangi modelin hangi kategoriye girdiğini belirlemenin zor olabildiği ifade edilmiştir. Bu duruma ilişkin olarak bir katılımcı, *“Konu çok alt dallara ayrılıyor. Bu alt dallara ayrılan kısımlarda hangi model hangi süreç hangi kategoriye girer bunu ayırt etmekte biraz zorluk yaşadım. Daha sonra özellikle model yapmaya, oluşturmaya uygun olmayan konuları öğrenciye nasıl aktarabiliriz diye düşünürken uzun bir süreç geçirdim”* şeklinde görüş bildirmiştir (Ö8). Materyal temininin ve fiziksel modellerin yetersizliğinin öğretim sürecinde önemli bir zorluk oluşturduğu ifade edilmiştir. Bu durum, özellikle ölçek modelleri gibi belirli materyallere dayalı modellerin eksikliğinde daha belirgin hale gelmektedir. Bu konuya ilişkin olarak bir katılımcı, *“Bu konuda karşılaştığım en büyük zorluk malzeme yetersizliği. Özellikle ölçek modelleri için mesela eskiden ortaokullarda iç organları gösteren onları temsil eden modeller falan olurdu laboratuvarlarda, bunlar yok öyle söyleyeyim yani. Elimde yeterli materyal olmaması öğrencilere konuyu anlatmada bana güçlük çıkarıyor.”* şeklinde görüş bildirmiştir (Ö6). Model oluşturma her konu için mümkün olmayabileceği, ancak model kullanımının mümkün olan konular için yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır. *“Her konu için model oluşturmamıza gerek yok. Ancak her konu için kullanılmayacaksa da örneğin yedi konu varsa bir beşinde kullanılması gerektiği kanaatindeyim.”* ifadesiyle bu görüş desteklenmiştir (Ö1). Modelleme sürecinde, modelin öğrencide kavram yanılgısına yol açabilecek şekilde sunulmasının bir diğer önemli zorluk olduğu belirtilmiştir. Bir katılımcı, *“Modellemesi yapılacak konunun gerçekten temsili olduğunun anlaşılması önemli çünkü öğrencide kavram yanılgısı yaratabilir.”* diyerek görüşünü ifade etmiştir (Ö7). Katılımcıların belirttikleri bir diğer zorluk ise teknoloji ile ilgilidir. Bilişim teknolojileri ve üç boyutlu modelleme konusundaki eksikliklerin de modelleme sürecini zorlaştırdığı belirtilmiştir. Bilgisayar eğitimi eksikliğinin, özellikle üç boyutlu modelleme gibi modern eğitim araçlarının kullanımında bir engel teşkil ettiği ifade edilmiştir:

Ö4: “Model ve modelleme konusunda karşılaştığımız en büyük zorluğun imkanların az olması olduğunu düşünüyorum. Yani bilgisayar eğitimi almamız gerektiğini düşünüyorum. 3 boyutlu modellemede bilgisayar eğitimimiz olmadığı için çizim yapamıyoruz. Onun dışında tabi bir konuya da hakim olmak lazım. Bazen de amacına uygun kullanmıyoruz, neyi nerede kullanmamız gerektiğini bilmemiz lazım.”

Materyal temini konusunda yaşanan sıkıntılar hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından belirgin bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Model yapımı için bazı durumlarda profesyonel desteğe ihtiyaç duyulması, süreci zorlaştıran bir etken olarak ifade edilmiştir: *“Materyal temini. Yapımı için bir marangoza ihtiyaç duyabiliyorsunuz bazen. Onlara ulaşmak zor çünkü bunlar sonuçta onlar için küçük iş ve el yeteneği istiyor. Orada zorluk çekiliyor. Öğrenci açısından materyal temini biraz zor.”* (Ö3). Materyal temini konusundaki zorluğun yanı sıra ekonomik faktörlerin ve modelin gerçeği tamamen yansıtmamasının da modelleme sürecinde zorluk yarattığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, *“Bence modelin gerçeği tamamen yansıtmaması büyük bir zorluk olabilir. Onun dışında ekonomik zorluğu olabilir.”* şeklinde görüş bildirilmiştir (Ö5).

Bu bulgular, modelleme sürecinde öğretmenlerin ve öğrencilerin çeşitli avantajlara sahip olduklarını ve aynı zamanda da zorluklarla karşılaştığını göstermektedir. Katılımcılar, model ve modellemenin özellikle soyut ve karmaşık kavramların somutlaştırılması, konuların görselleştirilmesi ve kalıcı öğrenmenin sağlanmasında etkili olduğunu belirtmiş; bu yönüyle en güçlü tarafının “öğrenmeyi kolaylaştırma” olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca model kullanımının, öğrencinin derse olan ilgisini artırma, aktif öğrenmeyi destekleme, beceri kazandırma ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı sağlama gibi önemli fırsatlar sunduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, modelin her zaman kavramı tam olarak yansıtamaması, yanlış anlaşılmalara yol açabilmesi ve her konuya uygulanabilir olmaması gibi nedenlerle “kavram öğretimi” en zayıf yön ve en büyük tehdit olarak öne çıkmıştır. Zaman yönetimi ve ekonomik koşullar, modellemenin hem avantaj hem de dezavantaj olarak değerlendirilebilecek yönleri arasında yer almıştır. Katılımcılar, etkili bir planlama ile model kullanımının süreci kolaylaştırabileceğini ancak yetersiz planlamanın zaman kaybına ve sınıf yönetimi sorunlarına yol açabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca materyal teminindeki güçlükler, teknolojik yetersizlikler ve profesyonel destek ihtiyacı gibi faktörler de modelleme sürecini zorlaştıran unsurlar arasında yer almıştır. Genel olarak bulgular, katılımcıların model ve modelleme kullanımına yönelik olumlu görüşleri olduğunu ve bu uygulamaların fen eğitimi açısından vazgeçilmez bir yere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Model ve Modelleme ile İlgili Kişisel Deneyimler

Bu bölümde, katılımcıların makale incelemeleri yoluyla model ve modelleme sürecine ilişkin kazandıkları sunulmuştur. Bulgular, yedi tema altında toplanmıştır: Model ve modelleme farkındalığı, modelin işlevi ve pedagojik rolü, modelleme sürecinin planlanması, modelin eleştirel değerlendirilmesi, modellemeye yönelik mesleki uygulamalar, modelin farklı disiplinlerdeki kullanımı, model tasarımında estetik ve temsil. Katılımcıların model ve modelleme ile ilgili kişisel deneyimlerine yönelik ortaya çıkan temalar, kategoriler ve kodlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 6. Katılımcıların model ve modelleme ile ilgili kişisel deneyimleri

Temalar	Kategoriler	Kodlar	Katılımcılar	f
Model ve modelleme kavramları farkındalığı	Model kavramını anlama	Modelin ne olduğunun farkına varma, modelin öğretimdeki önemini fark etme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö7	5
Modelin işlevi ve pedagojik rolü	Modelin öğretim sürecindeki yeri, Fen öğretimindeki yeri, Kavram öğretimine etkisi	Modelin yalnızca görsel değil pedagojik araç olduğunu fark etme, Modelin kavram yanlışlığına yol açabileceğinin farkına varma	Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7	5
Modelleme sürecinin aşamaları	Modelin amaçlarının belirlenmesi, Renk ve şekil seçimi, Mevcut modellerin eleştirel değerlendirilmesi	Modelleme sürecinde dikkat edilecek unsurların farkına varma, Modelde kullanılan renklerin öğrenci algısını etkilediğini fark etme	Ö2, Ö3, Ö4, Ö6	4
Modellemeye yönelik mesleki uygulamalar	Derslerde model kullanma eğilimi	Mesleki hayatında model kullanımını artırma isteği	Ö1, Ö2, Ö4, Ö7	4
Modelin farklı disiplinlerdeki kullanımı	Farklı derslerde model kullanımı	Fen dışındaki alanlarda da modelin kullanıldığını fark etme	Ö2, Ö3	2
TOPLAM				20

Tablo 6'ya göre “**Model ve Modelleme Kavramları Farkındalığı**” temasına yönelik katılımcılar, makale incelemeleri sayesinde model ve modelleme kavramlarına dair daha açık bir anlayış geliştirdiklerini ifade etmişlerdir. Önceden yaptıkları modellemeleri yeniden değerlendirme fırsatı bulduklarını ve modellerin bilimsel dayanaklarını sorgulama becerisi kazandıklarını belirtmişlerdir. Katılımcı Ö3 görüşlerini “*Model, modelleme süreci ve bunların aşamaları ile ilgili uluslararası çalışmalar makaleler incelenmesi faydalı oldu. Bilimsel bir çalışmada nasıl aşamalardan geçiliyorsa model yapmakta da bilimsel bir süreç var gibi geliyor bana.*” şeklinde ifade etmiştir. Bir başka katılımcı da model ve modelleme farkındalığı ile ilgili şu cümleleri kullanmıştır (Ö2):

“Model yapıyoruz, kullanıyoruz ama gerçekten o kullandığımız model, bizim istediğimiz amaca hizmet ediyor mu? Bilimsel olarak da bununla ilgili yapılmış çalışmaları görüp daha önceki oluşturduğum modellere baktığımda modellerde değişiklikler yapmam gerektiğini ve hangi değişiklikleri yapabileceğimi gördüm.”

Model ve modellemenin öneminin farkındalığına yönelik katılımcı Ö7, “*Ben bu derste modellemenin önemini anladığımı düşünüyorum. O yüzden derslerde kullanacağım.*” diyerek modelleme sürecinin gelecekteki mesleki uygulamalarına etkisini vurgulamıştır.

“**Modelin İşlevi ve Pedagojik Rolü**” temasına yönelik katılımcılar, modelin yalnızca görsel bir araç değil, pedagojik olarak da dikkatle planlanması gereken bir unsur olduğunu fark ettiklerini belirtmişlerdir. Modelin öğrenci anlaması üzerindeki etkisinin daha önce bu denli farkında olmadıklarını, artık modelleri öğretim sürecinin temel bir parçası olarak gördüklerini ifade etmişlerdir. Ö4, bu farkındalığı şöyle dile getirmiştir: “*Model ve modelleme kavramını öğrencilere resim olarak ya da maket olarak sunuyordum ama bunun model ve modelleme olduğunu bilmiyordum. Burada öğrenmiş oldum.*” Bunun yanı sıra Ö2: “*Kavram yanılgısına yol açabilecek şeyleri şu an daha iyi bir şekilde gördüm diye düşünüyorum. Özellikle modelleme süreciyle ilgili niçin kullanılır, yaparken nelere dikkat etmemiz gerekiyor gibi durumlar için makale incelemelerinden faydalandım*” ifadeleri ile kavram yanılgılarını önleme noktasında ileri doğru bir adım attığı görüşünde olduğunu belirtmiştir. Model kullanımının öğrenci yaşına uygunluğuna dikkat çeken Ö6, şu ifadeleri kullanmıştır:

“Bir de genelde beşinci ve altıncı sınıflarda soyut düşünme becerileri diğer sınıflara göre biraz daha az gelişmiş olduğundan anlamakta daha çok güçlük çekeceklerine inandığımdan daha çok model kullanıyorum. Çünkü genelde beşinci ve altıncı sınıf öğrencileri görerek-duyarak-temas ederek öğrenmeyi daha çok seviyor, soyut düşünmekte güçlük yaşıyabiliyorlar. Bu nedenle ölçek modellerine daha fazla önem veriyorum.”

“**Modelleme Sürecinin Aşamaları**” temasına yönelik katılımcılar, modelleme sürecinin gelişi güzel değil, belirli amaçlara hizmet edecek şekilde planlanması gerektiğini öğrenmişlerdir. Modelin kullanım amacı, hedef kazanımlarla ilişkilendirilmesi ve planlama sırasında dikkat edilecek hususlar katılımcıların sıklıkla vurguladığı konular arasında yer almıştır. Ö2, “*Modelleme süreciyle ilgili niçin kullanılır, yaparken nelere dikkat etmemiz gerekiyor gibi durumlar için makale incelemelerinden faydalandım.*” diyerek sürecin bilinçli yürütülmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Bazı katılımcılar, modelin sadece işlevsel yönüyle değil; estetik unsurlarının da öğrenci algısı üzerinde etkili olabileceğini fark ettiklerini ifade

etmişlerdir. Özellikle model tasarımında renklerin etkisi konusunda farkındalık kazandığını ifade eden Ö6,

“Ben model yaparken renklere o kadar önem vermiyordum. Sonrasında öğrencinin zihninde o modellediğim şeylerin renkleri ne ise, mesela gezegenlerin kimi kırmızı, kimi yeşil veya mavi renklere boyadığımda öğrencinin o gezegenlerin o renklerden oluştuğunu düşünebileceğini, rengin bir temsil olduğunu kaçırabileceğini fark etmemiştim. Şimdi buna dikkat ediyorum.”

diyerek modellemede renk seçiminin öğrenci algısı üzerindeki etkisini fark ettiğini belirtmiştir. Bununla birlikte katılımcılar, daha önce hazır modelleri olduğu gibi kabul ettiklerini ancak artık bu modellere eleştirel bir bakışla yaklaşmaları gerektiğini fark ettiklerini belirtmişlerdir. Modellerin öğrenci algısında kavram yanılgılarına neden olabileceği konusunda farkındalık kazandıkları vurgulanmıştır. Ö3 bu farkındalığı şu şekilde ifade etmiştir:

“Eğer elimizde hazır model varsa artık herhalde bundan sonra biraz daha eleştirel bakarım. Çünkü modelleri sanki daha önceden hatasızmış gibi kabul ederken, şimdi çocuğa yanlış yansıtabileceğimizi gördük. Bu nedenle eleştirel bir bakış açısı kazandırdı. Yine kendi yaptığımız modellerde de bazen hızlı geçilebiliyor, acele edilebiliyordum. Bunların çocuğun kafasında oluşturabileceği yanlış kavramların olabileceğini o nedenle dikkat edilmesi gerektiğini fark ettim. Bir farkındalık kazandırdı.”

“**Modellemeye Yönelik Mesleki Uygulamalar**” temasına yönelik katılımcıların büyük bir kısmı, modelleme süreciyle ilgili edindikleri bilgiler doğrultusunda mesleki yaşantılarında modelleri daha bilinçli kullanacaklarını ifade etmişlerdir. Model tasarlarken öğrenci düzeyine ve kazanıma uygunluk gibi ölçütlere dikkat edeceklerini belirtmişlerdir. Ö2, “*Fen öğretmenliği yapan arkadaşlarım için derslerinde kullanabileceği modeller için aldığım notlar var.*” diyerek sürecin mesleki uygulamalara etkisini vurgulamıştır. Aynı doğrultuda katılımcı Ö1, “*Daha önce fark etmediğim bazı modelleri uygulayabilirim aynı şekilde öğrencilere de bunu uygulatabilirim*” cümlelerini kullanmıştır. Ö4, “*Artık derslerimde öğrencilerime altıncı sınıf seviyesinde sistemleri anlatırken modelleri kullanıyorum. Çok faydasını gördüm.*” ifadeleri ile model kullanımının doğrudan öğretim sürecine katkı sağladığını ifade etmiştir.

Birçok disiplinde modellerin kullanımına yönelik ortaya çıkan “**Modelin Farklı Disiplinlerdeki Kullanımı**” temasına yönelik katılımcılar, modelleme sürecinin yalnızca fen bilimlerine özgü bir uygulama olmadığını, matematik, hayat bilgisi gibi disiplinlerde de farklı model türlerinin kullanıldığını fark ettiklerini belirtmişlerdir. Katılımcı Ö2 tarafından: “*Şimdi bir kazanımla, fen dersleriyle veyahut da sınıf düzeyine göre belki hayat bilgisi dersiyile ilişkilendirme konusu kafama yattı.*” Cümleleri ile farklı disiplinlerde kullanımına vurgu yapılmıştır. Aynı doğrultuda bir başka katılımcı (Ö3) şu cümleleri kullanmıştır:

“*Model, modelleme süreci ve bunların aşamaları ile ilgili uluslararası çalışmalar makaleler incelenmesi faydalı oldu. Bilimsel bir çalışmada nasıl aşamalardan geçiliyorsa model yapmakta da bilimsel bir süreç var gibi geliyor bana. Biz sadece modelin fen bilimlerinde kullanıyor olduğunu düşünürken işte matematikteki formüllerin, grafiklerin ve tabloların da birer model olduğunu fark ettik. Modellerin derste kullanım açısından faydaları gibi dezavantajları olduğunu da gördük.*”

Elde edilen bu bulgular, katılımcıların model ve modelleme süreçlerine dair çok boyutlu bir farkındalık geliştirdiklerini ortaya koyarak mesleki hayatlarına çeşitli açılardan katkı

sağladığını göstermektedir. Model ve modelleme ile ilgili makale incelemelerinin özellikle modelin neden kullanıldığı, fen eğitiminde öneminin anlaşılması, modelleme sürecinin planlanması, modelin kullanım amaçlarının belirlenmesi, modelin farklı disiplinlerde kullanılması, model türlerinin neler olduğu, modelin olası sorunları, modeli güncelleme veya değiştirme hususlarında geliştirici olduğu ifade edilmiştir. Katılımcılar, model kavramına ilişkin anlayışlarını derinleştirmiş; modelin yalnızca görsel bir temsil değil, pedagojik bir araç olarak işlev gördüğünü fark etmişlerdir. Modelleme sürecinin planlanması, kullanım amaçlarının belirlenmesi ve öğretim amaçlarıyla ilişkilendirilmesi gerektiği vurgulanmış; modelin yapısına eleştirel yaklaşma, kavram yanlışlarını önleme ve temsil unsurlarına dikkat etmenin önemine değinilmiştir. Ayrıca, modellerin yalnızca fen bilimleriyle sınırlı olmadığını, farklı disiplinlerde de kullanıldığını fark eden katılımcılar, mesleki uygulamalarında modellemeyi daha bilinçli ve amaçlı bir biçimde kullanma eğiliminde olduklarını ifade etmişlerdir. Bu bağlamda, makale incelemelerinin katılımcıların model kullanımına yönelik bilişsel, pedagojik ve eleştirel yaklaşımlarını geliştirdiğini düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır.

Model ve Modellemeye Yönelik Uygulamalar ve İçgörüler

Tablo 7. Katılımcıların model ve modellemeye yönelik uygulamaları ve içgörülleri

Tema	Kategori	Kod	Katılımcılar	Frekans
Modelleme Sürecinde Etkili Yöntem ve Teknikler	Öğretim Yöntem ve Teknikleri	İstasyon tekniği, Beyin fırtınası, Problem çözme yöntemlerini kullanma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8	8
Modellemede İş Birliği ve Bireysel Katkı	Katılım Biçimleri	Grup çalışması, İş birlikli öğrenme, Bireysel model oluşturma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7	5
Modelleme Yaklaşımlarında Etkilenen Faktörler	Modellemeye Etki Eden Unsurlar	Kaynak kişiler, deneyimler, çevresel faktörler	Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8	5
Modellemede Görselliğin Öğrenmeye Katkısı	Görsel Materyal Kullanımı Öğrenme Araçları	Görsel Materyal Kullanımının öğrenmeyi desteklemesi	Ö6, Ö7, Ö8	3
Modelleme Sürecinin Günlük Hayatla İlişkilendirilmesi	Gerçek Hayat Uygulamaları	Günlük yaşamda modelleme örneği kullanımı, Günlük yaşamda modelleme kullanılmaması	Ö2, Ö3	2
TOPLAM				23

Tablo 7’ye göre “**Modelleme Süreçlerinde Etkili Yöntem ve Teknikler**” temasına yönelik katılımcılar, modelleme süreçlerinde işlevsel öğrenmenin sağlanabilmesi için çeşitli yöntem ve tekniklerin kullanımını vurgulamıştır. Özellikle beyin fırtınası, problem çözme ve istasyon gibi yapılandırılmış öğretim tekniklerinin öğrencilerin sürece aktif katılımını sağladığı belirtilmiştir. Katılımcı Ö4 “*Problem çözme, örnek olay, çoklu zekâ kuramı içerisinde yer alan görsel-uzamsal zeka, beyin fırtınası... Yani aslında birçok yöntemi kullanıyoruz.*” ifadelerini kullanırken, Ö5 şu ifadeleri kullanmıştır: “*Başka yöntem olarak istasyon tekniği diyebilirim. Öğretmen olduğumda yapacağım yöntemlerden biri istasyon tekniği. Böyle bir tekniği kesinlikle kullanırım çünkü hem yaratıcılığı geliştiriyor hem de daha eğlenceli. Öğrencilerin dikkatini çekiyor.*”. Ö4’ün ifade ettiği gibi çoklu zekâ kuramı bağlamında yapılan uygulamalar, öğrenme ortamını zenginleştirirken; Ö5’in istasyon tekniğini yaratıcı ve dikkat çekici bulması, öğrencilerin derse yönelik ilgilerini artıran yöntemlere duyulan ihtiyacı göstermektedir. Bu

durum, modellemenin sadece içerik aktarımında değil, aynı zamanda pedagojik araç olarak da etkin kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

“Modellemede İş Birliği ve Bireysel Katkı” temasına yönelik katılımcılar, model oluşturma süreçlerinde grup çalışmalarının öğrenciler arasında fikir alışverişine olanak sağladığını, bu sayede öğrenmenin pekiştiğini dile getirmiştir. Katılımcı Ö2:

“Dersin durumuna göre modellerin küçük gruplar halinde yapılmasının iyi sonuçlar vereceğini düşünüyorum. Çünkü grup halinde olmasının şöyle avantajı olduğuna inanıyorum; aynı anda 5 kişi bir model oluşturmaya çalışırken şurayı da böyle yapalım dendiğinde, başka birisi onun ya o şekilde olmaz deyip fikrini sunabilir. Ve belki o fikrini sunduğunda o konuyla ilgili belki bir şey öğrenecek veyahut da yeni şeyler öğreneceği bir problemle karşılaşacak. Onu modeli tasarlarlarken belki öğretmenine soracak ve model yapım sürecine kendisi de daha aktif bir şekilde katıldığı için o yaptığı modeli unutmayacak. Dolayısıyla ben grup çalışması şeklinde model oluşturulmasını destekliyorum.”

ifadelerini kullanan katılımcı ile aynı doğrultuda görüşe sahip olan katılımcı Ö3 *“Özellikle öğrenciler model oluştururken mutlaka grup çalışması yaptırıyorum. Beraber daha iyi yapıyorlar çünkü malzemeleri ortak getiriyorlar, ortak fikir çıkarıyorlar. O nedenle sınıfta yaptırırsam grup çalışması.”*; katılımcı Ö7 *“Aynı zamanda grup çalışmasının önemli olduğunu ve model kullanımının iş birlikli öğrenme şeklinde ilerlemesi gerektiğini düşünüyorum. İş birlikli çalışma ile öğrencilerin beraber ortaya bir ürün çıkartmaları onları daha çok teşvik edici olabilir.”* cümlelerini kullanmışlardır. Ö2, grup dinamiğinin öğrenciye hem farklı bakış açıları kazandırdığını hem de bilgiyi kalıcı hale getirdiğini belirtmiştir. Ö3 ve Ö7 grup çalışmalarıyla ortak ürünler ortaya konduğunu ve bunun teşvik edici olduğunu ifade ederken; Ö5, bireysel çalışmanın da öğrenme açısından önemli olduğunu vurgulamıştır. Grup çalışmasının her zaman eşit katılımı garanti etmediğini ifade ederek bireysel katkının göz ardı edilmemesi gerektiğini belirtmiştir. Bu ifadeler, modelleme sürecinde bireyler arası farklılıkların ve katılım düzeylerinin gözetilmesi gerektiğine işaret etmektedir:

“Grup çalışmasının kesinlikle önemli olduğunu düşünüyorum ama ben bireysel çalışmayı da önemli buluyorum. Şöyle ki grup çalışması öğrencilerin iş birliği, iletişim gibi becerilerinin gelişmesini sağlıyor ama grupla yapılan çalışmalarda her öğrenci ürüne ortaklık etmiyor, herkes eşit düzeyde katkı sağlamıyor. Birkaç öğrenci çok güzel öğrenirken birkaçı da öğrenmiyor. Bu nedenle bireysel çalışmanın ben daha çok önemli olduğunu düşünüyorum. Bundan dolayı önceliğim bireysel olur daha sonra grup çalışması olur.”

Katılımcı Ö1 ise bireysel yapılan modellerin daha kalıcı olacağına yönelik görüşlerini şu şekilde ifade etmiştir: *“Bence öğrenci modeli kendi yaptıysa model kalıcı olmuş olur. Kendi yapmış olduğu modelin etkili olacağını düşünüyorum.”*

“Modelleme Yaklaşımlarında Etkilenen Faktörler” temasına ilişkin katılımcılar, modelleme konusundaki bilgi ve becerilerinin çeşitli kaynaklar ve kişilerden etkilendiğini ifade etmiştir. Bu kaynaklar arasında akademik çalışmalar, sosyal medya içerikleri ve proje deneyimleri yer almaktadır. Aldığı dersten etkilendiğini ifade eden iki katılımcı olduğu

belirlenmiştir. Ö3 “Şimdiye kadar yıllardır kullanıyorduk modeli ama bunların bu kadar ayrıntılı bir özelliğe sahip olduğunu ve bu kadar çok etkili olduğunu çok fark etmemiştik. Ders sayesinde fark ettik. O nedenle dersi veren hocamız diyorum.”; Ö7 ise “Makale incelediğimizde çok fazla çalışma yapan 2 kişi vardı ‘Harrison’ ve ‘Treagust’. Onların çalışmaları güzel.” ifadelerini kullanmışlardır. Projeye katılan Ö5 “Ben Rize’de bir projeye gitmiştim. Biz orada sürdürülebilir kalkınmayla ilgili çalıştık. Argüman argümantasyon temelli etkinlikler vardı ama nasıl daha iyi bir dünya bırakırız ile ilgili çalışıyorduk. Orada modelleme yoluyla proje fikirleri oluşturmuştuk. Bu beni çok etkilemişti.” cümleleri ile katıldığı projede edindiği deneyimlerin etkisi olduğunu belirtmiştir. Ö2 ve Ö8 çeşitli sosyal medya hesaplarından takip ettikleri öğretmenlerin onlar için etkili olduklarını ifade etmiştir:

Ö2: “Hintli ‘harvint gupta’ var. Elindeki çok basit malzemelerden mesela yapraktan veya atık malzemelerden bir model oluşturup o modeli de eğlenceli bir şekilde derslerinde kullanan, oradaki anlamıyla, bir fen-matematik öğretmeni. Bizdeki fen öğretmeni diyeceğim ama orada matematik de işin içerisinde. Onun yaptığı modellerin olduğu siteyi hayranlıkla lisans döneminden bu yana takip ediyorum. Çok fazla ve nerdeyse her alanda kategorilere ayrılmış bir şekilde modelleri var. Çocuklar için oyuncak olarak yaptım, tabii eğlendirmek amaçlıydı. Kendi çocuklarıma, çalıştığım yerdeki çocuklara, apartmandaki çocuklara yaptım. Hatta çocuklarımla birlikte model yapıp parkta oynayan çocuklara da verdik.”

Ö8: “Takip ettiğim bir sosyal medya hesabı var. Öğrencilere deneylerle ve modellerle anlattığı dersler çok ilgimi çekiyor. Ben de öğretmenliğe başladığım zaman o şekilde ders anlatmayı istiyorum.”

Ö2 ve Ö8’in bir öğretmenden ilham alması, Ö5’in katıldığı projede edindiği deneyimlerin etkisi ve Ö7’nin Harrison ve Treagust’un çalışmalarına olan ilgisi, öğretmenlerin mesleki gelişiminde etkileşimde bulundukları kaynakların belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu durum, modelleme uygulamalarının öğretmenlerin kişisel ve mesleki gelişimleriyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

“**Modellemede Görselliğin Öğrenmeye Katkısı**” temasına yönelik görsel materyallerin kullanımının öğrenme üzerinde olumlu etkiler yarattığı katılımcılar tarafından sıklıkla dile getirilmiştir. Ö6, akıllı tahta ve çizimlerle süreci desteklediğini şu cümleler ile belirtmiştir: “Ben daha çok görsel materyalleri yani onları tercih ediyorum. Simülasyonlar için akıllı tahtayı kullanıyorum. Diğer taraftan tahtaya konunun resmini çiziyorum veya çizdiriyorum.”. “Bence modellemede daha çok görsel materyal önemli çünkü benim de görsel hafızam daha güçlü olduğu için gördüğüm bir modeli ayrıntıların aklımda tutabiliyorum. Bu yüzden öğrenciye aktarırken de daha iyi bildiğim kısmı daha iyi aktarabileceğini düşünüyorum.” cümleleri ile Ö8, güçlü görsel hafızası nedeniyle modellemenin öğrenciye aktarımında bu yönü ön planda tuttuğunu ifade etmiştir. Ö7 ise görsel desteklerin kavramların zihinde canlanmasına yardımcı olduğunu ve öğrenmeyi somutlaştırdığını “Görsel materyal önemli çünkü çocuğun görmesi lazım. Çünkü konular sözel olarak ifade edildiğinde insanın aklında tam olarak canlanmayabilir. O yüzden görsel olmasının daha etkili olacağını düşünüyorum.” ifadeleri ile vurgulamıştır. Bu bulgular, görsel materyallerin modelleme sürecinin vazgeçilmez bir parçası olduğunu ortaya koymaktadır.

“Modelleme Sürecinin Günlük Hayatla İlişkilendirilmesi” ile öğrenmeye katkı sağlayacağı görüşü bazı katılımcılar tarafından dile getirilmiştir. Katılımcı Ö3, günlük yaşamda yapılan modellemelerin farkında olunmadan gerçekleştirildiğini *“Günlük hayatımızda modelleme aslında çok yapıyoruz da şu an örnek verebilir miyim bilmiyorum.”* Cümleleri ile belirtmiştir. Katılımcı Ö2 ise kendi çocukları için makara sistemleri ve mancınıklar yaptığını ifade etmiştir:

“Şöyle ki evim üçüncü kattayken çocuklar aşağıdan sürekli bir şeyler istediğinde, asansör de yoktu, balkondan bir şeyler atmak zorunda kalıyorduk. Bunun için 2 tane plastik makara alarak bunlardan makara sistemi ile bir düzenek hazırlayıp balkon demirine sabitledik. Yine basit makineler, kaldıraç konularında ev içerisinde çocuklarla yaptığımız oyuncaklar oldu. Ahşaptan ve plastik malzemelerden mancınık yaptık. Evde de bu şekilde model örnekleri kullandık.”

Katılımcıların görüşlerine göre model ve modelleme, öğretim sürecinde öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden, öğrenmeyi derinleştiren etkili bir pedagojik araçtır. Süreçte istasyon tekniği, beyin fırtınası ve problem çözme gibi yöntemlerin kullanıldığı; grup çalışmalarının iş birliğini artırırken bireysel modellemenin kalıcı öğrenmeye katkı sağladığı ifade edilmiştir. Katılımcılar, akademik yayınlar, sosyal medya içerikleri ve proje deneyimleri gibi çeşitli kaynakların modelleme yaklaşımlarını şekillendirdiğini belirtmiştir. Ayrıca, görsel materyallerin öğrenmeyi somutlaştırdığı ve modellemenin günlük yaşamla ilişkilendirilmesinin öğrenmeyi anlamlı kıldığı vurgulanmıştır.

Model ve Modellemenin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Ulaşmadaki Etkileri

Tablo 8. Katılımcıların model ve modellemenin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmadaki etkileri

Tema	Kategori	Kod	Katılımcılar	f
Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Bilgi Düzeyi	Sürdürülebilir kalkınma hakkında yeterli bilgisi bulunmuyor	Bilmeme, yeterince bilgisi olmama, fikri olmama	Ö4, Ö6, Ö7	3
	Tek Boyut (Erişilebilir ve Temiz Enerji)	Yalnızca yenilenebilir enerjiye veya enerji kaynaklarına odaklanma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö8	4
	Çok Boyut	Nitelikli Eğitim, Erişilebilir ve Temiz Enerji	Ö5	1
Modelleme ile Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Arasındaki Bağlantı	Model ve modelleme kullanımının Erişilebilir ve Temiz Enerji amacına katkısı	Geri dönüşüm, ileri dönüşüm	Ö3, Ö8	2
	Model ve modelleme kullanımının nitelikli eğitim amacına katkısı	Modelleme etkinliklerinin eğitime katkısı	Ö5	1
TOPLAM				11

Tablo 8’e göre **“Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Bilgi Düzeyi”** teması kapsamında katılımcıların büyük çoğunluğunun sürdürülebilir kalkınma amaçları hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmektedir. Özellikle katılımcı Ö6 *“Bilmiyorum”*, Ö4 *“Sürdürülebilir kalkınmayla ilgili bilgim yok.”* ifadesiyle, Ö7 ise *“Derslerde falan çok duyuyoruz ama açık bir şekilde ifade edebilecek kadar çok bir fikrim yok.”* sözleriyle bu durumu doğrudan ortaya koymuştur. Bununla birlikte, birçok alt amacı bulunan sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yalnızca 7. Amaç olan *“Erişilebilir ve Temiz Enerji”* ile ilişkilendiren katılımcıların olduğu

ancak bu amacı ifade etmek yerine “yenilenebilir enerji” terimini kullandıkları belirlenmiştir. Sürdürülebilir kalkınma amaçları ile ilgili katılımcı Ö8: “*Sürdürülebilir kalkınmayla ilgili şunu söyleyebilirim; geri dönüşüme, doğayla ilgili olumlu yanları bu birincisi; ikincisi de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla daha temiz bir çevre daha temiz bir doğa ile bir makaleler okumuştum.*” ifadeleri ile 7. Amaç olan “Erişilebilir ve Temiz Enerji”ye işaret etmektedir. Aynı şekilde Ö1, Ö2 ve Ö3 de aynı alt amaç ile bağlantı kurmuştur. Ö2 bu durumu şu şekilde dile getirmiştir: “*Sürdürülebilir kalkınma konusunda bir şey söyleyemeyeceğim. Sürdürülebilir kalkınma amaçları yani sürdürülebilir deyince aklıma hemen sürdürülebilir enerji geliyor yani var olan enerjilerin kullanımı geliyor.*” Katılımcı Ö1 de benzer biçimde, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik çağrışımının geri dönüşüm bağlamında olduğu ancak modellemeyle ilişkilendiremediği belirlenmiştir: “*Yenilenebilir enerji gibi geri dönüşüm gibi tekrar üretime kazandırmak gibi ama bunu model ve modellemeyle ilişkilendiremiyorum.*” Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının birden çok boyutuna vurgu yapan Ö5 kendisini şu şekilde ifade etmiştir: “*(...) Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, çevresel, sağlık boyutu da var eğitim boyutu da var.*”

Bu bağlamda, katılımcıların büyük bir kısmının sürdürülebilir kalkınma amaçlarına dair yüzeysel ya da sınırlı bilgiye sahip olduğu, amaçların bütüncül yapısından ziyade yalnızca enerji ve çevre temelli alt başlıklar üzerinde durdukları görülmektedir. Ayrıca, bu amaçların modelleme ile nasıl ilişkilendirileceğine dair anlamlı bir bütünlük kurmakta zorlandıkları dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının eğitim, sağlık, ekonomi gibi çok yönlü yapısına bütüncül yaklaşabilen katılımcı sayısı oldukça sınırlıdır. Bu durum, katılımcıların bu alandaki bilgi düzeylerinin artırılmasına ve disiplinlerarası bağlantı kurma becerilerinin desteklenmesine yönelik daha güçlü öğretim süreçlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

“**Modelleme ile Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Arasındaki Bağlantı**” temasına yönelik görüşler incelendiğinde modelleme ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasında açık bir ilişki kurabilen katılımcının az olduğu, sürdürülebilir kalkınma amaçlarından daha çok 7. Amaç olan “Erişilebilir ve Temiz Enerji” ile bağlantı kurulduğu belirlenmiştir. Yalnızca bir katılımcı sürdürülebilir kalkınma amaçlarının çevre, ekonomi boyutlarının yanı sıra eğitim boyutu olması gerektiğini ve model ve modellemenin nitelikli eğitime katkı sunacağını ifade ettiği belirlenmiştir. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının eğitim ile bağlantısını kuracak kadar çok bilgisinin olmadığını ifade eden katılımcı Ö8, model ile ilgili biraz düşününce uzun süre kullanımı olacak türden malzemelerin kullanımı ile oluşturulmuş modellerin israfın önüne geçerek geri dönüşümü sağlayacağını şu cümleler ile ifade etmiştir:

“Daha önce çalışmalar okumuştum ancak eğitimine tam olarak bağlantısını kuracak kadar çok bir bilgin yok. Ama sürdürülebilir kalkınmayla ilgili şunu söyleyebilirim; geri dönüşüme, doğayla ilgili olumlu yanları bu birincisi; ikincisi de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla daha temiz bir çevre daha temiz bir doğa ile bir makaleler okumuştum. Bu konuda öğrencilere uzun ömürlü materyaller ile model hatırladığımda, tek seferde uzun yıllar kullanılmış olur. Bu da hem israfının önüne geçer hem kullandığımız maddelerin tekrar tekrar geri dönüşümünü sağlar.”

Katılımcı Ö8’in geri dönüşüm ile ilgili görüşlerinin yanı sıra Ö3’ün görüşleri ileri dönüşümü işaret etmektedir. Ö3, modellemenin sürdürülebilirliğe katkı sunabileceği boyutun

atık malzemelerin kullanımı yoluyla olacağı, atık maddeler kelimeleri kullanımı ile ileri dönüşümü işaret ettiği ancak terimi kullanmadığı belirlenmiştir “*Atık malzemelerden modelleme yoluna gidersek buna katkıda bulunmuş oluruz.*” ifadelerini kullanmıştır. Ö8 ve Ö3 model ve modelleme süreci ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki bağı 7. Amaç olan “Erişilebilir ve Temiz Enerji” ile kurdukları belirlenmiştir. Katılımcılardan sadece Ö5, sürdürülebilir kalkınma ile ilgili daha önceden bir projeye katılmış olduğunu ifade eden katılımcı, bu ilişkiyi ekonomi, çevre, sağlık ve eğitim olacak şekilde çok boyutlu bir şekilde ele almış, modellemenin eğitim yoluyla bireyleri bilinçlendirme aracı olduğunu belirtmiştir. Katılımcının ifadeleri şu şekildedir:

“Ülkeyi geleceğe taşıyabilmek için yenilenebilir enerji kaynakları nasıl verimli kullanırız, gelecek nesille nasıl daha iyi bir dünya bırakırız ve gelecek nesil bunu nasıl daha verimli kullanabilir sürdürülebilir kalkınmada bunu hedefliyoruz. Burada model ve modellemenin kullanımı noktasında proje sunumu olabilir diye düşündüm. Önce bir projeyi model olarak sunup daha sonra bu projenin katkı sağlayıp sağlayamayacağının tartışılması ve sonunda uygulamaya geçirilmesi şeklinde olabilir. Çünkü zaten yaptığımız işlemlerde hep bu şekilde oluyor önce bir zihnimizde planlıyoruz, onu bir taslak ürüne dönüştürüyoruz, daha sonrasında onun gerçeğini yapıyoruz. Mimarların yaptıkları da aynı şey. Bununla birlikte sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, çevresel, sağlık boyutu da var eğitim boyutu da var. Yeni programın içerisine sürdürülebilir kalkınma diye yeni bir başlık geldi. Fen daha çok çevreyi, dünyayı inceleyen bir bilim olduğu için daha sağlıklı, daha iyi bir gelecek için örneğin su kaynaklarımızı nasıl kullanabiliriz, bu su kaynaklarından nasıl elektrik enerjisi elde edebileceğimiz gibi şeylerle zincirleme olarak ilerleyen konuların aktarıldığı bir bilim dalı. Bunları kullanırken canlı sağlığına zarar vermeden nasıl yapılabileceğinin konuşulduğu bir ders. Örneğin enerji konusunda potansiyel enerjiden kinetik enerjiye dönüşümünde barajlardaki suyun nasıl elektrik enerjisine dönüştüğünü anlatıyoruz. Bunun yanı sıra daha iyi bir gelecek için bilinçli nesiller yetiştirmeyi amaçlıyoruz. Öğrencilerin kimisinin bilim insanı olarak kimisinin de toplumda farklı bir kesimlerde çalışmasını hedefliyoruz. Her bireyin çalıştıkları kesim içerisinde de nasıl daha iyi bir gelecek bırakırız sorusunun cevabını öğrencilere anlatmaya ve bu fikri aşılama çalışıyoruz.

Model ve Modellemenin Geleceği

Tablo 9. Katılımcıların model ve modellemeni geleceğine yönelik görüşleri

Tema	Kategori	Kod	Katılımcılar	f
Modellemenin Geleceği ve Dönüşümü	Teknolojinin Entegrasyonu ve Disiplinlerarası Kullanım Artışı	Simülasyon, sanal gözlük, sanal ortam, yapay zeka, metaverse, dijital modeller, Modelleme artacak, Eski modeller de kullanılacak, görsellik artacak, dokunulabilirlik korunmalı, teknolojiyle gelişecek, yaygınlaşacak, Diğer derslere entegrasyon (coğrafya, Türkçe, sosyal bilgiler)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8	8

Tablo 9'un devamı

Öğretmen Gelişimi ve Dönüşümü	Kişisel Gelişim Planları	Alan yazını tarama, bilgisayar dersi alma, program öğrenme, hizmet içi eğitim	Ö2, Ö3, Ö4, Ö8	4
	Kaynaklardan Faydalanma	Sosyal medya, öğretmen deneyimi, videolar, animasyonlar	Ö2, Ö4, Ö8	3
Öğrenciye Gelişimi ve Dönüşümü	Öğrenci Merkezli Öğrenme ve teknoloji etkisi	Öğrencinin modelleme deneyimi ile kalıcı öğrenme yaşaması, teknolojinin etkisi öğrenci öğrenimine katkısı	Ö5, Ö6, Ö8	3
TOPLAM				18

“Modellemenin Geleceği ve Dönüşümü” temasına yönelik katılımcılar, fen eğitiminde modelleme süreçlerinin gelecekte daha yaygın ve işlevsel hale geleceğini belirtmişlerdir. Özellikle teknolojinin gelişimiyle birlikte sanal gerçeklik, simülasyon, yapay zeka ve dijital modelleme gibi araçların model ve modelleme süreçlerine entegre edileceği ifade edilmiştir. Bu doğrultuda modellemenin teknoloji gelişimi ve entegrasyonu ile birlikte dijitalleşen bir dönüşüm sürecine gireceği vurgulanmıştır. Örneğin, Ö2 gelecekteki modelleme uygulamalarını şu şekilde ifade etmektedir:

“Gelecekte simülasyon tarzı 3 boyutlu modellemeler, sanal gözlükler, sanal eldivenler olacak. Yani her şeyin sanal olarak devam edeceğini düşünüyorum ama tabii bunlara ulaşmak, bunları kullanmak zor olacağından yine belki okullarda eski modeller de kullanılacak. Eski modellerden kastım, bizim yapabileceğimiz dokunabileceğimiz modeller. O modeller de olacak diye düşünüyorum. Ama modellemenin geleceğinde tamamen görselliğin, animasyonların, simülasyonların ve yapay zekanın da işin içine dahil olacağını düşünüyorum.”

Benzer şekilde Ö1, modellemenin sanal boyutlara taşınacağı görüşünü *“Sanal boyutlara geçebilir diye düşünüyorum. Sanal gözlükler de kullanılabilir. Şu anda modelleri ulaşabildiğimiz malzemelerle yapıyoruz ama ileride modellemenin sanal boyutları olacağını düşünüyorum.”* Cümleleri ile ifade etmiştir. *“Teknoloji işin içine girebilir ve bu şekilde daha da gelişerek devam edebilir diye düşünüyorum.”* ifadeleri ile Ö7 teknolojinin entegrasyonuna vurgu yapmaktadır. Teknolojik gelişmelere dikkat çeken Ö3 ise bu dönüşümün öğretmenlerin kendilerini geliştirmesi gerekliliğini ortaya koyduğunu belirtmiştir:

“Biraz işler teknolojiye doğru kayıyor. Yapay zekadır, metaversedir. Biraz daha onlara doğru yöneleceğini düşünüyorum. İyi mi olur kötü mü olur bilemiyorum. Biraz bizlerin kendini o konuda geliştirmesi gerekiyor. O değişimi yakalayabilen öğretmenler için güzel olacağını düşünüyorum ama yok kendimizi eğer yetiştiremez isek o teknolojinin hızından geride kalırsak o zaman belki dezavantajlarını görebiliriz. O nedenle biraz kendimizi geliştirmemiz gerekiyor.”

Aynı katılımcı yukarıdaki ifadelerine ek olarak teknoloji ile paralel bir gelişim olması durumunda modellemenin farklı disiplinlerde daha rahat kullanılabileceği, özellikle sosyal bilgiler, coğrafya ve dil bilgisi gibi derslerde de entegrasyonunun mümkün olabileceği belirtilmiştir. Bu durum katılımcının modellemenin sadece fen eğitimiyle sınırlı kalmayan bir yapıya doğru dönüşmekte olduğunu düşündüğünü göstermektedir:

“Fende kullanılan modellerde teknolojiyle paralel bir şekilde ilerleme sağlanırsa, daha faydalı olacağını düşünüyorum. Bununla birlikte Fen bilimlerinde ve matematikte kullanılan modelleri diğer sosyal derslere de taşıyabiliriz. Mesela coğrafya gibi. Orada ben kullanıldığını çok görmedim kendi öğrencilik hayatımda. Sosyal bilgiler dersine taşınabilir. Dil bilgisi konularında Türkçeye bile taşınabileceğini düşünüyorum. Mesela cümlelerin öğelerini anlatıyorsunuz. Tahtaya da yazabilirsiniz ama cümlelerin öğelerinin trenin vagonları şeklinde öğrenciye model yapıp da gösterebilirsiniz. Böyle olunca daha kalıcı olacaktır, bunu öğrenciler çok sevecektir. Diğer dersler için de faydalı olacaktır çünkü öğrencilerin bile model deyince aklına hep fen geliyor. Diğer derslerde de kullanılması gerekiyor diye düşünüyorum.”

Model ve modellemenin yalnızca dijitalleşme ile değil, aynı zamanda görsel ve deneyimsel öğelerin artmasıyla da dönüşüme uğrayacağı katılımcılar tarafından belirtilmiştir:

Ö6: *“Simülasyonlar okullarda da olabilir. Mesela gelecekte fen dersinde öğrenciler bir uzay mekiğine binme hissini yaşayabilir veyahut gezegenler arasındaki yolculuk yapıyormuş gibi hissedebilir. Kendisini ölçekle küçültülmüş olarak simülasyonun içerisinde hissedebilir ve hücrenin içinde yolculuk yapabilir. Böylece kendi deneyimlerini yaşadıklarından dolayı öğrenme daha kalıcı olur.”*

Ö5: *“Şu anda yeni nesil teknolojiye çok fazla hâkim ve bizim bunu nesle ayak uydurmamız gerekiyor gerek müfredat konusunda gerek ders anlatımları konusunda. Yeni neslin teknolojiyle merakı çok olduğu için modellemeyi sadece somut materyallerle uygulamak yerine görsel videolar, simülasyonlar kullanmak gerekiyor. O yüzden gelecekte de çok büyük önemi olacağını düşünüyorum.”*

Modelin gelişimi ve dönüşümünün gerekliliklerinden birinin de öğretmen gelişimi olduğu görüşünü belirten katılımcıların görüşlerinden ortaya çıkan **“Öğretmen Gelişimi ve Dönüşümü”** temasına yönelik katılımcılar, model ve modelleme konusundaki bilgi ve becerilerini geliştirmek için çeşitli stratejiler geliştirdiklerini belirtmişlerdir. Bu stratejiler arasında literatür taramaları yapmak, bilgisayar destekli tasarımlar öğrenmek, hizmet içi eğitimlere katılmak ve farklı dijital kaynaklardan faydalanmak yer almaktadır. Bu durum, öğretmen adaylarının yalnızca pedagojik değil, aynı zamanda teknolojik yeterliliklerini de geliştirmeye yönelik bir dönüşüm süreci içinde olduklarını göstermektedir. Ö2, bu süreçte bireysel çabasını şu sözlerle ifade etmiştir:

“Model nasıl yapılır, aşamaları nelerdir ile ilgili mesela daha önce düşünmediğim birçok şeyi derste öğrenip not aldım. Lazım olduğu zaman şu an süreci daha etkili bir şekilde yöneterek ortaya güzel bir model çıkarabileceğime inanıyorum. Bununla ilgili literatür taraması da yaptım notlarımı aldım. Yani model ve modelleme ile ilgili kendi açımdan elimde güzel kaynaklar oldu.”

Ö3 ise teknolojik gelişmeleri takip ederek kendini geliştirmeye yönelik planlarını şöyle dile getirmiştir:

“Teknolojiyi derslerde kullanım konusunda kendimi geliştirmeyi düşünüyorum. Teknoloji ile model oluşturma ile ilgili hiçbir bilğimiz de yok. Onun için yazın açılacak

olan hizmet içi eğitimlere başvurduğum çünkü teknoloji alanında biraz kendimi geliştirmek istiyorum. Öğrenciler teknolojiyle birleştirecek dersleri çok daha kolay anlayabiliyorlar.”

Modelleme konusunda daha kapsamlı bilgi edinme ve dijital araçları kullanabilme motivasyonu Ö4’ün ifadesinde şu şekilde yer almaktadır:

“Yüksek lisans öğrenimimde model ve modelleme dersi aldım çünkü bu kavramları bilmek istedim ve beni gerçekten çekti ders olarak. Onun dışında kendimi geliştirmek için kesinlikle bilgisayar dersi alacağımı düşünüyorum çünkü üç boyutlu tasarımlar yapmamız gerekiyor ki daha elverişli ve kullanışlı olsun.”

Ayrıca dijital içeriklerden faydalanarak bireysel gelişimi destekleme yaklaşımı da dikkat çekicidir. Ö8 bu süreci şöyle tanımlamaktadır: *“Bu alanda kendimi geliştirmek için bu konu ile ilgili yapılan yerli ve yabancı çalışmaları araştırabilirim. Tecrübeli öğretmenlerden bilgi alabilirim ve yine yayınlanan videolardan ve animasyonlardan kendi yapabileceklerimi seçerek kendimi geliştirebilirim.”*

Modelleme uygulamalarının öğrencilerin öğrenme süreçlerine etkisi üzerine yapılan değerlendirmelerde, teknolojik modellerin öğrenmeyi kalıcı hale getirdiği ve öğrencilerin derse ilgisini artırdığı ifade edilmiştir. Bu nedenle ortaya çıkan **“Öğrenci Gelişimi ve Dönüşümü”** temasına yönelik katılımcılar özellikle simülasyonlar, görsel içerikler ve dijital materyaller sayesinde öğrencilerin konulara daha aktif katılabildiğini ve soyut kavramların somutlaştırılabildiğini belirtmişlerdir. Ö6, öğrencilerin teknolojiyle bütünleşen deneyimlerinin öğrenme üzerindeki etkisini şu şekilde ifade etmiştir: *“Fen dersinde öğrenciler bir uzay mekiğine binme hissini yaşayabilir (...) hücrenin içinde yolculuk yapabilir. Böylece kendi deneyimlerini yaşadıklarından dolayı öğrenme daha kalıcı olur.”*. Ö5 ise öğrencilerin teknolojik araçlara olan ilgisinin, öğretim sürecine doğrudan yansıdığını belirtmiştir: *“Yeni neslin teknolojiyle merakı çok olduğu için modellemeyi sadece somut materyallerle uygulamak yerine görsel videolar, simülasyonlar kullanmak gerekiyor.”*. Ö8, dijital modellerin öğrencilerin zor konuları anlamasını kolaylaştırdığını vurgulamıştır: *“Modelleri dijital ortama taşıyarak öğrencilere sunumunu kolaylaştırabiliriz. Bu şekilde öğrencilerin gerçekten kalıcı öğrenmelerini ve zor konuları anlamasını sağlayabiliriz.”*

Tartışma ve Sonuç

Bu amaçla veri toplama araçları olarak kullanılan çizimler, SWOT analizleri ve yarı yapılandırılmış mülakatlar bir arada değerlendirilerek çalışmanın sonuçları araştırma sorularının sıralamasına uygun olacak şekilde aşağıda ifade edilmiştir.

Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modelleme kavramlarına ilişkin tanımlamalarına yönelik bulgulara göre katılımcılar tarafından model, öğrencilere zor ve soyut konuları daha anlaşılır ve somut hale getiren bir araç olarak görülmekte; modelleme ise bu araçları oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır. Nitekim alan yazında da model ve modellemeye ilişkin tanımlamalar da bu yöndedir (Giere, 2001; Gilbert & Boulter, 1994). Katılımcılar modellerin temsiller olduğu vurgusunu yapmışlardır. Gilbert ve diğerleri’ne (2000) göre de modeller olayların, gerçeklerin bir temsili olduğu bilinmektedir. Katılımcıların çizimleri, SWOT analizleri ve mülakatlarından elde edilen veriler, model ve modellemenin öğretim süreçlerinin ne olduğunun yanı sıra

öğrencilere, öğretmenlere ve öğretim süreçlerine nasıl katkıda bulunduğunu da göstermektedir. SWOT analizi bulguları, model ve modelleme süreçlerinin güçlü yönlerini, zayıf yönlerini, sağladığı fırsatları ve olası tehditleri net bir şekilde ortaya koymuştur.

Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin güçlü ve zayıf yönleri ile sunduğu fırsatlar ve tehditlere yönelik görüşleri incelendiğinde model ve modellemenin güçlü yönlerinin ve fırsatlarının, zayıf yönlerinden ve tehditlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna göre katılımcılar, model ve modellemenin kullanımına yönelik olumlu görüşlere sahiptir. Olumlu olan görüşler arasında **öğrenmeyi kolaylaştırma, zaman yönetimini sağlama, sürdürülebilirliğe katkı sağlama, beceri kazandırma, aktif öğrenmeyi destekleme ve öğrenme isteğini arttırma** faktörleri öne çıkmaktadır. Olumsuz olan görüşlerde ise **kavram öğretimi, maliyetlerin yüksek olması, zaman yönetiminin etkinliğinin azalması, erişimin zor olması, sınıf yönetimini zorlaştırması** faktörleri öne çıkmıştır. Katılımcıların modelleme sürecine yönelik görüşleri incelendiğinde bu süreçte planlamaya ve tasarım sürecinin önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak modelleme sürecinde sadece planlama ve tasarım değil aynı zamanda oluşan modeli test etme ve değerlendirme aşamalarının bulunması gerektiği bilinmektedir (VanLehn, 2013). Bununla birlikte katılımcıların doğrudan bir ifadesi bulunmasa da dolaylı olarak Ö2'nin şu ifadelerinden test etme ve değerlendirme basamaklarını da ekledikleri anlamı çıkarılabilir: *“Yani iyi örnekler vardır muhakkak. Bu işi bilen, devamlı kullanan o öğretmenleri Milli Eğitimin getirip bir ortamda hizmet içi eğitim olarak bizlere anlatmaları gerektiğini düşünüyorum. Teorik olarak bilen kişiler anlattığı zaman uygulamada sıkıntılar yaşıyoruz. Teorik olarak çok iyi bir şekilde anlıyoruz, fakat mesela planlama yapmadan önce yapmaya çalıştığım birçok şeyin yarım kaldığını görüyorum ama planlama yaptığım zaman sonucuna ulaşabiliyorum. Bu işi deneyimlemiş tecrübeli öğretmenler gelip anlattığı zaman, biz model oluşturmayı daha iyi bir şekilde yapabileceğimize inanıyorum öğretmenler olarak”*. Katılımcının bu basamakların tamamlandığı başarılı modelleri derslerinde kullanmanın daha iyi olacağını ifade ettiği ve böylece modelleme süreci aşamalarına vurgu yaptığı anlamı çıkarılabilir. Modelleme sürecinin planlama, malzeme seçimi ve doğru sunum gibi kritik aşamalardan oluştuğu ve bu aşamalarda karşılaşılan zorlukların öğrencilerin öğrenme süreçlerini etkilediği belirlenmiştir. Özellikle malzeme temini, ekonomik ve erişilebilir materyallerin kullanımı, zaman yönetiminin etkililiği ve kavram yanlışlarının önlenmesi gibi konular, modelleme sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli noktalar olarak ortaya çıkmıştır. Bu noktada kullanılan malzemelerin ucuz, kolay ulaşılabilir ve atık malzemeler olacak şekilde seçilmesiyle sürdürülebilir kalkınma amaçları açısından sosyal adalet, çevresel sürdürülebilirlik gibi bileşenlere dikkat çekilmiş olur. Bununla birlikte alan yazın incelendiğinde de modellerin gerçek bir olgunun ya da olguların kompleks yapısı nedeniyle tamamen aktarılamayacağı ve bu nedenle kavram yanlışlarına sebebiyet verebileceği ifade edilmektedir (Chittleborough & Treagust, 2009). Aynı bakış açısıyla katılımcıların, mülakatlardan ve SWOT analizlerinden elde edilen bulgularına bakıldığında bu görüşü destekler niteliktedir. Kavram yanlışlarından uzaklaşmak adına modelleme süreçlerinin etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması gerektiğini, gerektiğinde modeller üzerinde düzenlemeler yapılması gerektiğini, öğretmenlerin bu süreçlerde karşılaştıkları zorlukların üstesinden gelmek için stratejiler geliştirmelerinin ve bu nedenle sürekli bir gelişim halinde olmalarının önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu

zorlukların üstesinden gelmek için, öğretmenlerin modelleme süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirecek stratejiler geliştirmeleri ve uygulamaları gerekmektedir.

Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme ile ilgili kişisel deneyimleri ve uygulamaları incelendiğinde katılımcılar, modelleme süreçlerinin kullanımının öğrenme motivasyonunu artırdığı, soyut kavramları somutlaştırarak daha anlaşılır hale getirdiği ve öğrenme süreçlerini daha interaktif ve katılımcı hale getirdiği görüşündedir. Katılımcıların büyük çoğunluğu, model ve modelleme süreçlerinin fen eğitiminde anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi desteklediği, öğrenme ortamlarında kullanıldığında öğrencilerin karmaşık ve soyut olan bilimsel kavramları somutlaştırmalarını ve daha kolay anlamalarını sağladığı görüşündedir. Alan yazında katılımcıların görüşlerini destekleyici çalışmalar mevcuttur. Model ve modelleme süreçlerinin fen eğitiminde anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi desteklediği ve etkili bir öğrenme-öğretme aracı olduğu birçok çalışmada ifade edilmiştir (Grosslight ve diğerleri, 1991; Mitrevski, 2021; Chittleborough & Treagust, 2009; Haston, 2007; Chrysafiadi & Virvou, 2013; Van Der Valk ve diğerleri, 2007). Bununla birlikte gerek sınıf içi gerekse sınıf dışı öğrenme ortamlarında öğrencilerin karmaşık bilimsel kavramları somutlaştırmalarını ve daha kolay anlamalarını sağladığı ve fen eğitiminde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Clement, 2000; Justi & van Driel, 2005; Harrison & Treagust, 1998; Gobert & Buckley, 2000; Van Driel & Verloop, 2002; Chittleborough ve diğerleri, 2005; Van Der Valk ve diğerleri, 2007).

Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmadaki etkilerine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi için bulgular incelendiğinde katılımcıların çoğunluğunun sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ilişkin bilgilerinin olmadığını göstermektedir. Ancak iki katılımcı önce bilgisini olmadığını söylese de biraz düşündükten sonra sürdürülebilir kalkınma amaçlarından 7. Amaç olan “Erişilebilir ve Temiz Enerji”ye yönelik ifadeler kullanmışlardır. Bu amaca işaret eden katılımcılardan biri model ve modelleme sürecine yönelik bir ilişki kuramadığını belirtmiştir. 7. Amaç ile bağ kuran diğer katılımcı ise model oluştururken kullanılacak malzemelerinin atık olan malzemelerden seçilmesi yoluyla sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı sunulabileceğini belirtmiştir. Yalnızca bir katılımcı sürdürülebilir kalkınma amaçlarının çevre, ekonomi boyutlarının yanı sıra eğitim boyutu olabileceğini ve model ve modellemenin kullanımının nitelikli eğitime katkı sunacağını ifade ettiği belirlenmiştir. Bunu ifade ederken de bu yorumu katılmış olduğu bir projeden öğrendikleri yoluyla yaptığını ifade etmiştir. Bu bulgu sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik bakış açısı geliştirmek ve farkındalık yaratabilmek için bu konuların öğretimine önem verilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modellemenin geleceği için sahip olduğu öngörülerini incelendiğinde, katılımcıların model ve modellemenin geleceğine yönelik perspektifleri incelendiğinde eğitim ortamlarında kullanılmakta olan teknolojinin (bilgisayar kullanımı, simülasyonlar vb.) entegrasyonuna farklı ve hayatımızın birçok alanında hızla ilerlemekte olan boyutları da eklenerek (yapay zekâ, metaverse gibi) ilerleyeceği öngörüsü olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda katılımcıların model ve modelleme ile ilgili bilgi ve becerilerini geliştirmek için genel anlamda alan yazın taramasına devam ederek bilgilerini geliştirmek, çeşitli platformlardan (sosyal medya, tecrübeli öğretmenler) iyi örnek fikirleri almak, teknoloji

destekli model oluşturmak için farklı programları öğrenmek, teknolojiye daha fazla aşina olmak için eğitimler almak gibi planları olduğu belirlenmiştir. Yukarıdaki sonuçlar yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye yönelik anlayışlarının ders kapsamında derinleştiğini göstermektedir.

Öneriler

Sonuç olarak, Fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye yönelik anlayışlarının derinleşmesi, sürdürülebilir kalkınma amaçlarından nitelikli eğitime katkı sağlamada önemli bir adım olarak görülmektedir. Bu anlayışların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, fen eğitiminde kalıcı ve anlamlı öğrenme süreçlerinin sağlanmasına katkıda bulunacağı aşıkardır. Özellikle, modelleme tekniklerinin öğretmenler ve öğrenciler arasında yaygınlaştırılması, bu sürecin daha etkili ve verimli hale gelmesine katkıda bulunacaktır. Fen eğitiminde model ve modelleme süreçlerinin güçlendirilmesi, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamalarını kolaylaştırmakta, onları geleceğin sürdürülebilir kalkınma liderleri olarak yetiştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Modellerin soyut kavramları somutlaştırmada ve karmaşık olay ve olguları basitleştirerek anlatmadaki rolü göz önüne alındığında öğrencilerin karmaşık sistemleri anlamaları ve öğrencilere sürdürülebilir çözümler geliştirme yetisi kazandırma açısından modellerin hayati bir role sahip olduğu söylenebilir. Bu nedenle, eğitimcilerin ve politika yapıcıların, model ve modelleme konularında daha kapsamlı öğretim programları geliştirmeleri ve bu süreçleri öğretim programlarına daha çok entegre etmeleri önem arz etmektedir. Bu nedenle Fen eğitimi yüksek lisans öğrencilerinin, model ve modelleme süreçlerinin eğitimdeki önemini ve bu süreçlerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkılarını daha iyi anlamaları için öğretim programlarında bu konulara daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmanın daha iyi anlaşılması adına yüksek lisans öğrencilerine yönelik sürdürülebilir kalkınma farkındalığı, bilgi birikimi ve okuryazarlığı oluşturmalarına yönelik ders/derslerin öğretim programlarında yer alması veya bu konuda gerçekleştirilen projelerin yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bununla birlikte farkındalık yaratması açısından üniversitelerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarının desteklenmesine yönelik gerçekleştirdiği faaliyetlerin duyurulması da önerilmektedir.

Çıkar Beyanı

Bu çalışmanın yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

Destek Beyanı

Bu çalışma hiçbir kurum veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

Etik ile İlgili Hususlar

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Tablo 10. Etik kurul bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı	: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu
Etik değerlendirme kararının tarihi	: 07.05.2024
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası	: 01-48 (Karar Sayısı) 08 (Oturma No) Karar 08-28

Tablo 9’da belirtilen etik kurul kararı çerçevesinde yapılan çalışmada katılımcıların gönüllülüğü esas alınmıştır. Katılımcılar “*Bu çalışmaya tamamen gönüllü olarak katılıyorum ve istediğim zaman yarıda kesip çıkabileceğimi biliyorum. Görüşmelerin ses ve görüntü kayıt cihazı ile kayıt altına alınmasına izin veriyorum. Kayıt altına alınan verilerin ve verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlı çalışmalarda kullanılmasını kabul ediyorum*”. ifadesi yer alan gönüllü katılım formu imzalamıştır.

Kaynakça

- Abson, D. F., Newig, J., Schomerus, T., Vilsmaier, U., von Wehrden, H., Abernethy, P., . . . Lang, D. J. (2017). Leverage points for sustainability transformation. *Ambio*, 46, 30-39. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y>
- Allen, C., Metternicht, G., & Wiedmann, T. (2016). National pathways to the Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools. *Environmental Science & Policy*, 66, 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.09.008>
- Allmendinger, J. (1989). Educational systems and labor market outcomes. *European Sociological Review*, 5(3), 231-250. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.esr.a036524>
- Baker, C., Wuest, J., & Stern, P. N. (1992). Method slurring: The grounded theory/phenomenology example. *Journal of Advanced Nursing*, 17(11), s. 1355-60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1992.tb01859.x>
- Benzer, A. I., & Ünal, S. (2021). Models and modelling in science education in turkey: a literature review. *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), s. 344-359. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.344>
- Birleşmiş Milletler. (2024). *Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs/4> adresinden alındı
- Bostic, J. D. (2015). A blizzard of a value. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(6), s. 350-357. <https://doi.org/10.5951/mathteacmiddscho.20.6.0350>
- Chittleborough, G. D., & Treagust, D. F. (2009). Why models are advantageous to learning science. *Educación Química*, 20(1), s. 12-17. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30003-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30003-X)
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students’ perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning.

- Research in Science & Technological Education*, 23(2), s. 195–212.
<https://doi.org/10.1080/02635140500266484>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40(11), s. 4715–4729.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), s. 1041–1053.
<https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Creswell, J. W. (2021). *Nitel araştırma yöntemleri beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*. Siyasal Kitabevi.
- Dyson, R. G. (2004). Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, 152(3), s. 631–640.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00062-6)
- Fakhrudin, I. A., W. E., Nastiti, A. R., Saljadziba, E., & Indriyanti, N. Y. (2021). Pre-service teachers' perspectives: STEM as a solution to promote education for sustainable development. *Journal of Physics: Conference Series*, 1842 , s. 012082.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012082>
- Giere, R. N. (2001). A new framework for teaching scientific reasoning. *Argumentation*, 15, 21–33.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
<https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1994). Modelling across the curriculum: The demands and actual-ities of a unifying theme from science in the primary school. K. B. Trommel (Dü.) içinde, *Science and technology education in a demanding society* (s. 327–335). Enschede, TheNetherlands: National Institute for Curriculum Development.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. J. K. Boulter (Dü.) içinde, *Developing models inscience education* (s. 3 –17). Dordrecht: Kluwer.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), s. 891–894.
<https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Göhner, M., & Krell, M. (2020). Preservice science teachers' strategies in scientific reasoning: The case of modeling. *Research in Science Education*, 52, s. 395–414.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *J. Res. Sci. Teach*, 28, s. 799–822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Guba, E., & Lincoln, Y. (1982). Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educational Technology Research and Development*, 30, 233–252.
<https://doi.org/10.1007/BF02765185>

- Guest, G., MacQueen, K. M., & Namey, E. E. (2012). *Applied thematic analysis*. SAGE.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science and Education*, 16, 653–697. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509–534. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98(8), s. 420-429. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17434.x>
- Haston, W. (2007). Teacher modeling as an effective teaching strategy. *Music Educators Journal*, 93(4), s. 26-30. <https://doi.org/10.1177/002743210709300414>
- Hattie, J. A., & Donoghue, G. M. (2016). Learning strategies: a synthesis and conceptual model. *Science of Learning*, 1, s. 16013.
- Henderson, K., & Loreau, M. (2023). A model of Sustainable Development Goals: Challenges and opportunities in promoting human well-being and environmental sustainability. *Ecological Modelling*, 475, 110164. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110164>
- Hidayat, T., Rahmat, A., Redjeki, S., Rahman, T., & Putra, A. (2019). The ability of scientific reasoning of students with drawing based modeling. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, s. 022086. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022086>
- Huddle, A., White, M., & Rogers, F. (2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 104-110. <https://doi.org/doi.org/10.1021/ed077p104>
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11-34. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_4
- Josselson, R. (2013). *Interviewing for qualitative inquiry: A relational approach*. Guilford Press.
- Justi, R., & van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), s. 549–573. <https://doi.org/10.1080/095006>
- Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2014). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education*, 45, s. 367-393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Leech, B. L. (2002). Asking questions: Techniques for semistructured interviews. *PS: Political Science & Politics*, 35(4), 665-668.
- Lincoln, Y., & Guba, E. (1985). *Naturalistic Inquiry: Establishing Trustworthiness*. Beverly Hills.

- Martin, J. (2018). *Skills for the 21st century: Findings and policy lessons from the OECD survey of adult skills (OECD Education Working Papers, No. 166)*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/96e69229-en>
- Messerli, P., Kim, E. M., Lutz, W., Moatti, J. P., Richardson, K., Saidam, M., . . . Furman, E. (2019). Expansion of sustainability science needed for the SDGs. *Nature Sustainability*, 2(10), 892-894. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0394-z>
- Miller, S. (2003). Analysis of phenomenological data generated with children as research participants. *Nurse Research*, 10(4), s. 68-82. <https://doi.org/10.7748/nr2003.07.10.4.68.c5908>
- Miller, T., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., & Loorbach, D. (2014). The future of sustainability science: a solutions-oriented research agenda. *Sustainability Science*, 9, 239–246. <https://doi.org/10.1007/s11625-013-0224-6>
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni*. Milli Eğitim Bakanlığı. file:///C:/Users/Lenovo%20E-15/Downloads/2024programortakmetinOnayli.pdf adresinden alındı
- Mitrevski, B. (2021). Prospective science teachers' views about models and modelling. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882 , s. 012144. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012144>
- Namdar, B., & Shen, J. (2015). Modeling-oriented assessment in K-12 science education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. *International Journal of Science Education*, 37(7), s. 993-1023. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1012185>
- Patton, Q. M. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. Sage Publications.
- Plag, H. P., & Jules-Plag, S. A. (2020). A goal-based approach to the identification of essential transformation variables in support of the implementation of the 2030 agenda for sustainable development. *International Journal of Digital Earth*, 13(2), 166-187. <https://doi.org/doi.org/10.1080/17538947.2018.1561761>
- Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (2011). *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. Sage.
- Saito, O., Managi, S., Kanie, N., Kauffman, J., & Takeuchi, K. (2017). Sustainability science and implementing the sustainable development goals. *Sustainability Science*, 12, 907–910. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0486-5>
- Saldaña, J., & Omasta, M. (2016). *Qualitative research: Analyzing life*. Sage Publications.
- Sarışan-Tungaç, A., & Ünalı-Coral, M. N. (2017). Fen bilimleri öğretmenlerinin okuldışı (doğa deneyimine dayalı) eğitime yönelik görüşlerinin değerlendirilmesi. *International Journal Of Eurasia Social Sciences*, 8(26), 24-42.
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as qualitative research: A guide for researchers in education and the social sciences*. Teachers college press.
- Silverman, D. (2013). *Doing qualitative research: A practical handbook*. SAGE.

- Sintia, M., & Sumarmin, R. (2019). Need analysis of to development guide-module based on inquiryin respiratory and excretion topicsfor students of class XI senior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317 , s. 012188.
- Tisdell, E. J., Merriam, S. B., & Stuckey-Peyrot, H. L. (2025). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. John Wiley & Sons.
- Treagust, D., & Chittleborough, G. D. (2009). Why models are advantageous to learning science. *Inicio*, 20(1), s. 12-17. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30003-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30003-X)
- UNICEF. (2017). *Reimagining life skills and citizenship education in the Middle East and North Africa: A four-dimensional and systems approach to 21st century skills*. UNICEF MENA Regional Office.
- UNICEF. (2019). *Comprehensive life skills framework*. UNICEF. <https://www.unicef.org/india/media/2571/file/Comprehensive-lifeskills-framework.pdf> adresinden alındı
- Van Der Valk, T., Van Driel, J., & De Vos, W. (2007). Common characteristics of models in present-day scientific practice. *Res Sci Educ*, 37, s. 469–488. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s11165-006-9036-3>
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), s. 1255–1272. <https://doi.org/10.1080/09500690210126711>
- VanLehn, K. (2013). Model construction as a learning activity: a design space and review. *Interactive Learning Environments*, 21(4), s. 371–413. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.803125>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Sci. Ed.*, 92, s. 941-967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *1987: Brundtland Report, Our Common Future*. United Nations. file:///C:/Users/Lenovo%20E-15/Downloads/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf#page=37.44 adresinden alındı

EK-1

<i>Model ve Modelleme Kavramına Giriş</i>	<i>Araştırma Soruları</i>
1. Model ve modelleme kavramlarını nasıl tanımlarsınız?	
2. Modelleme sürecinde en önemli adımlar nelerdir ve neden?	
3. Sizce fen eğitiminde model ve modellemenin önemi nedir?	a. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modelleme kavramlarına ilişkin tanımlamaları nasıldır? (Çizimler, Soru 1, Soru 2, Soru 3)
<i>Kişisel Deneyimler</i>	
4. Fen eğitimi yüksek lisans programında modelleme ile ilgili hangi konular üzerinde çalıştınız?	
5. Model ve modelleme konusunda karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdir?	b. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin güçlü ve zayıf yönleri ile sunduğu fırsatlar ve tehditlere yönelik görüşleri nelerdir? (SWOT, Soru 5, Soru 8)
6. Modelleme ile ilgili öğrendiklerinizin profesyonel hayatınızda size nasıl katkıları oldu veya olacağını düşünüyorsunuz?	
<i>Eğitim Süreçleri ve Yöntemler</i>	
7. Model ve modelleme konularını öğrenirken hangi yöntemlerin en etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	c. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modelleme ile ilgili kişisel deneyimleri nasıldır? (Soru 4, Soru 5, Soru 6)
8. Model ile öğretim yaparken karşılaşılabilecek zorluklar nelerdir ve bu zorlukların üstesinden gelmek için önerileriniz nelerdir?	
9. Sizce öğrencilerin model ve modelleme kullanarak kavramları anlamalarını kolaylaştıracak yöntemler nelerdir?	d. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemeye yönelik uygulamaları nasıldır? (Soru 7, Soru 9, Soru 10, Soru 12)
<i>Uygulama ve İçgörüler</i>	
10. Modelleme tekniklerini gerçek dünya problemlerine uygulama konusunda bir deneyiminiz oldu mu? Bu deneyimden neler öğrendiniz?	
11. Model ve modelleme eğitiminin, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmada nasıl bir rol oynayabileceğini düşünüyorsunuz?	e. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencilerinin model ve modellemenin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmadaki etkilerine ilişkin görüşleri nedir? (SWOT, Soru 11)
12. Modelleme konusunda ilham aldığınız bir proje veya araştırma var mı? Bu sizin düşüncenizi veya yaklaşımınızı nasıl etkiledi?	
<i>Geleceğe Yönelik Perspektifler</i>	
13. Fen eğitimi alanında model ve modellemenin geleceğini nasıl görüyorsunuz? Bu geleceğin öğrenciler üzerindeki etkisi ne olabilir?	f. Fen eğitiminde model ve modelleme dersi alan aktif olarak öğretmenlik yapan yüksek lisans öğrencileri, model ve modellemenin geleceği için nasıl öngörülere sahiptir? (Soru 13, Soru 14, Soru 15)
14. Bu alandaki bilgi ve becerilerinizi geliştirmek için hangi adımları atmayı planlıyorsunuz?	
15. Model ve modellemede yapılabilecek yenilikler nelerdir?	

EXTENDED SUMMARY

Problem Statement

Models and modelling are tools used to simplify abstract concepts and facilitate the development of scientific thinking in science education (Harrison & Treagust, 1996; Gilbert, 2004). These tools are representations and pedagogical strategies to support scientific process skills, making complex subjects more straightforward and understandable (Chittleborough & Treagust, 2009; Halloun, 2007; Huddle et al., 2000). It strengthens students' connection with science, increases their interest and curiosity in science, and provides students with a deep understanding of scientific concepts and exploring the world (Mitrevski, 2021; Göhner & Krell, 2020; Benzer & Ünal, 2021; Hidayat et al., 2019; Krell et al., 2014). The model makes abstract and complex topics and concepts more understandable (Chittleborough & Treagust, 2009; Huddle et al., 2000). Within this framework, models and modelling in science education can support learners in developing systems thinking, sustainability literacy, and problem-solving skills needed to address complex real-world issues.

This study aims to explore the views of science education master's degree students who are science teachers, and in detail, the effects of these subjects on educational processes and achieving the goal of quality education, especially among the SDGs. Since they need specific prior knowledge about models and modelling for the study, the study was conducted with science education master's degree students actively teaching and taking the "Models and Modelling in Science Education" course. This research emphasizes the contribution of models and modelling to SDG4 quality education and their place and importance in science education. It also aims to reveal the participants' opinions on these concepts.

Methods

This study adopted a qualitative research approach, specifically the case study method, to explore in-depth insights into the perceptions and experiences of science education master's degree students who are science teachers. The study group consisted of eight graduate students enrolled in the "Models and Modelling in Science Education" course at a state university in the Black Sea region of Türkiye during the 2023–2024 academic year.

Purposeful sampling, particularly criterion sampling, was employed to ensure that participants had prior modelling knowledge. Data collection was carried out through three methods: (1) drawing-based conceptual visualization tasks where participants illustrated their understanding of modelling, (2) a SWOT analysis form to evaluate strengths, weaknesses, opportunities, and threats of using models in education, and (3) semi-structured interviews to gain deeper insights into their instructional perspectives and experiences.

The collected data were analysed using content analysis. Codes, categories, and themes were developed systematically. To enhance the credibility and reliability of the findings, triangulation of data sources was implemented, expert coding validation was performed, and Miles-Huberman coefficient inter-coder agreement reached 99% (Guest et al., 2012). Validity criteria were addressed using Guba and Lincoln's framework, including credibility, transferability, dependability, and confirmability (Guba & Lincoln, 1982; Lincoln & Guba, 1985).

Findings

The findings reveal that participants conceptualize modelling as a process and the model as its product. They emphasized that models are powerful tools for simplifying abstract or complex concepts, enhancing student understanding, and promoting permanent learning. Participants' drawings and verbal descriptions illustrated their strong cognitive representations of modelling processes and their pedagogical implications.

SWOT analysis results highlighted several strengths, including facilitating learning, making abstract concepts tangible, and increasing student interest. Opportunities identified included promoting active learning, supporting sustainability through reusable materials, and improving students' scientific process skills. However, weaknesses such as the potential to create misconceptions, high material costs, and time management difficulties were also noted. Threats included improper use, classroom management challenges, and limited access to quality materials.

Participants consistently indicated that modelling is essential in science education, particularly for topics that are abstract or not observable in real life. While they acknowledged the benefits of modelling for both students and teachers, they also expressed concerns about planning, economic constraints, and time efficiency. Despite these challenges, their overall views were highly positive.

It is observed that most participants have superficial or limited knowledge about sustainable development goals, and that they only focus on energy and environment-based subheadings rather than the holistic structure of the goals. It is also noteworthy that they have difficulty establishing meaningful integrity in how to relate these goals to modelling. The number of participants who can holistically approach the multifaceted structure of sustainable development goals, such as education, health, and economy, is quite limited. This situation reveals the necessity of stronger teaching processes to increase the knowledge levels of the participants in this field and to support their skills in establishing interdisciplinary connections.

Conclusion and Discussion

This study demonstrates that science teachers in a science education master's program have a well-developed and pedagogically grounded understanding of models and modelling. Participants emphasized that modelling is more than a visual support tool; it is a fundamental instructional strategy that requires careful planning, alignment with learning outcomes, and sensitivity to student needs.

Participants' reflections revealed that effective use of models in science education can enhance student engagement, simplify complex systems, and bridge the gap between theory and practice. They also recognized the importance of teachers' pedagogical content knowledge in avoiding misconceptions and ensuring that models serve their intended instructional purposes.

Furthermore, participants acknowledged the role of modelling in supporting SDG4—Quality Education—by fostering critical thinking, systems thinking, and sustainability awareness. Through model-based teaching, students can develop competencies aligned with

lifelong learning and the ability to address real-world environmental, economic, and social challenges.

However, the study also noted that models may lead to misconceptions or inefficient use of instructional time without sufficient planning. Material access and economic considerations were also highlighted as limitations. Despite these challenges, the consensus favoured systematically integrating modelling into teaching practice.

This research contributes valuable insights for curriculum designers, teacher educators, and policymakers by highlighting the pedagogical and strategic importance of models in science education. It underscores the need to support teachers in developing technical and conceptual modelling skills better to align science education with the Sustainable Development Goals.

Recommendations

It is important for educators and policymakers to develop more comprehensive curriculum programs on modelling and modelling issues and to integrate these processes more into curricula. Therefore, it is recommended that these subjects be given more space in the curriculum so that science education graduate students can better understand the importance of models and modelling processes in education and the contribution of these processes to the Sustainable Development Goals. To better understand the achievement of sustainable development goals, it is recommended that courses/courses aimed at creating sustainable development awareness, knowledge, and literacy for graduate students should be included in the curriculum, or projects carried out on this subject should be disseminated. In addition, it is also recommended that the activities carried out by universities in support of the Sustainable Development Goals be announced to create awareness.