



## HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) Öğrenme Ortamının Fen Bilgisi Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Düşüncelerine İlişkin Algılarına ve Matematiksel Modelleme Becerilerine Etkisi

### Effect of HTTM (History/ Theory/ Technology/ Modeling) Learning Environment on Preservice Science Teachers' Perceptions of Mathematical Thinking and Mathematical Modelling Skills

Çağlar Naci HİDİROĞLU<sup>ID</sup>, Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Denizli/Türkiye, chidiroglu@pau.edu.tr

Bilge CAN<sup>ID</sup>, Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Denizli/Türkiye, bilgecan@pau.edu.tr

---

Hidroğlu, Ç. N. ve Can, B. (2020). HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşüncelerine ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(2), 239-272.

Geliş tarihi: 06.05.2020

Kabul tarihi: 10.08.2020

Yayımlanma tarihi: 28.12.2020

---

**Öz.** Bu çalışmanın amacı, HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisinin incelenmesidir. Araştırmanın katılımcılarını bir devlet üniversitesinin fen bilgisi öğretmenliği programının bir şubesinde öğrenim gören 27 öğrenci oluşturmaktadır. Ön test-son test tek gruplu yarı-deneysel yöntemin benimsendiği çalışmada deney grubu ile HTTM öğrenme ortamını içeren bir eğitim gerçekleştirilmiştir. Veri toplama araçları; matematiksel düşünme ölçeği, İskenderiye Deniz Feneri HTTM etkinliği ve matematiksel modelleme rubriğidir. Nicel verilerin analizinde betimsel ve yordamsal (yordamsal) istatistik tekniklerinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, HTTM öğrenme süreci, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını hem genel hem boyutlar (üst düzey düşünme, akıl yürütme, matematiksel düşünme becerisi, problem çözme) düzeyinde geliştirmiştir. Benzer şekilde, HTTM öğrenme süreci öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerini hem genel hem boyutlar (problemi anlamlandırma, problemdeki gerekli stratejik etkenleri ortaya koyma, varsayımlar oluşturma, matematiksel sembollerini uygun bir şekilde kullanma, gerekli matematiksel kavramları belirleme, etkili problem çözme stratejisi ortaya koyma, uygun matematiksel modelleri oluşturma, matematiksel modellerden istenen çözüme ve farklı sonuçlara ulaşma, elde ettiklerini gerçek yaşam durumuna göre yorumlama, elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma) bazında geliştirmiştir. Bu doğrultuda öğretmen veya öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi için HTTM öğrenme süreci ile baş başa bırakılmalarının önemli olacağı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme süreci, Matematiksel düşünme, Matematiksel modelleme, Fen bilgisi öğretmeni adayları.

**Abstract.** The aim of this study is to investigate the effect of HTTM learning environment on the preservice science teachers' perceptions of mathematical thinking and mathematical modelling skills. The sample of the study was comprised of the 27 students studying at science education department of a state university. The study was designed around one-group pretest-posttest quasi-experimental method and an intervention including HTTM learning environment was implemented in the experimental group. The data collection tools consisted of mathematical thinking scale, Alexandria Lighthouse HTTM activity and mathematical modelling rubric. Descriptive and inferential statistics techniques were used in the analysis of quantitative data. According

to the results obtained, the HTTM learning process has improved the pre-service science teachers' perceptions of mathematical thinking in terms of both general level and dimensions (high level thinking, reasoning, mathematical thinking skills, problem solving). Likewise, HTTM learning process has contributed to the preservice teachers' mathematical modeling skills in terms of both general level and dimensions (understanding the problem, determining the essential strategic factors in the problem, creating assumptions, using mathematical symbols appropriately, determining the necessary mathematical concepts, creating effective problem solving strategy, creating appropriate mathematical models, reaching the desired solution and different results from mathematical models, interpretation of the results according to real world situations, trying verify the obtained results in different ways). Accordingly, it can be ensured that teachers or prospective teachers are exposed to HTTM learning process to improve their technological pedagogical content knowledge and skills.

**Keywords:** HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) learning process, Mathematical thinking, Mathematical modeling, Preservice science teachers.

## Extended Abstract

**Introduction.** The fact that there have been rapid changes in the world recently requires countries to reach an important objective in their education system which is to educate individuals who can keep up with the latest technology and contribute to their country by shaping these changes. The notion that is basically addressed by the international exams is literacy (Altun and Gürbüz, 2016). When all these literacy expressions are examined, it can be observed that the concept of mathematical thinking, which has taken its place in the literature before the other concepts, occupies an important place among these concepts. While pointing to ordinariness and automaticity in routine problems, Schoenfeld (1989) notes that originality and authenticity in non-routine problems are essential for the development of mathematical thinking. In other words, mathematical modelling process is an effective way to reveal an effective mathematical thinking process. In the literature, it is possible to embrace mathematical modelling studies in six different categories (Kaiser, 2005). HTTM learning process discussed in this study is structured by taking into consideration the positive aspects of these six modelling perspectives in the learning process with a holistic and pragmatic modelling approach (see Figure 1) and includes the dimensions of science history, theory, technology, and mathematical modelling.

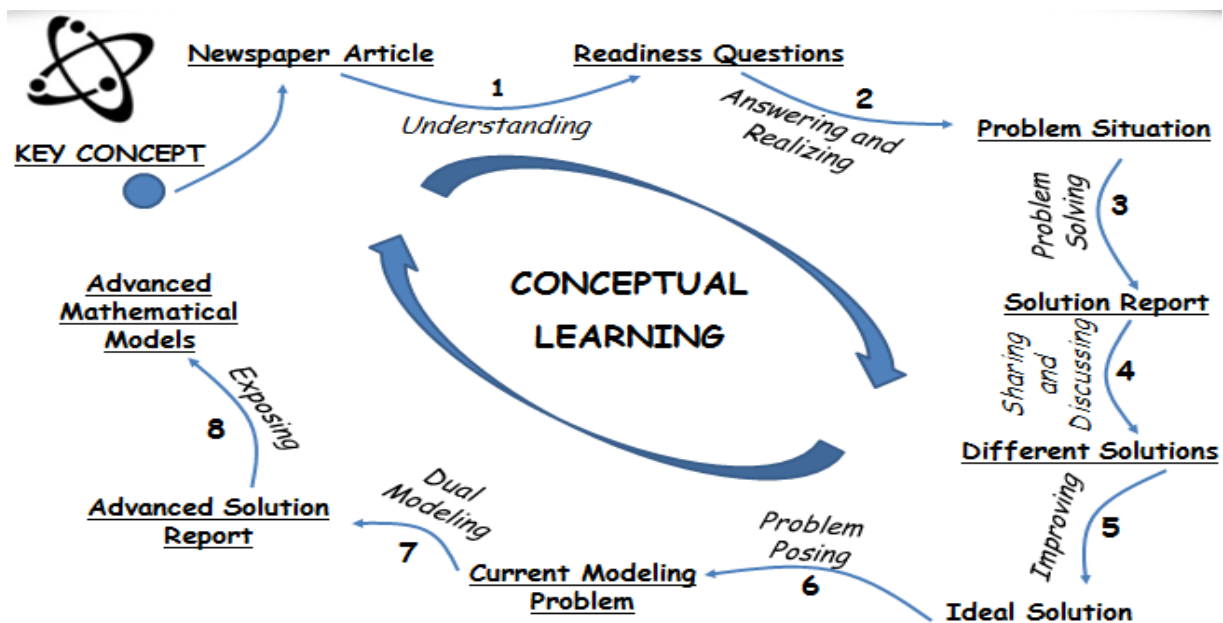


Figure 1. The learning process of HTTM model (Components and basic steps) (Hıdıroğlu and Özkan Hıdıroğlu, 2016)

Hıdıroğlu and Özkan Hıdıroğlu (2016) elaborated the process as follows: At the beginning of the HTTM learning process, students are given a newspaper article and they are expected to comprehend the storyline based on the history of science (narration can be benefited for storyline). Then, it is ensured through readiness question that students have understood the text thoroughly and attempted to make predictions about the actual problem situation. Along with the newspaper article, students can be presented videos, animations and photographs or 3D models (For instance, at the Alexandria Lighthouse HTTM Activity and Galileo-Pisa Tower Experiment HTTM Activity; the students were provided with videos, animations, photographs and 3D models besides newspaper articles.) In the third stage, students are asked to solve the problem presented to them in the technology-aided mathematical modelling process (see Figure 2). In this process, the process model of Hıdıroğlu (2015) consisting of nine basic steps, nine basic components and 55 sub-steps is taken into consideration. A similar process occurs at a higher level in the dual modelling process, which is

the 7th stage. In the third stage, dynamic software is included in certain stages in the solution process. As Figure 3 demonstrates, while computer models are mostly designed in the steps of systematic structure establishing, mathematization and meta-mathematization steps, they are constantly included in the process when seen necessary in the later steps. At this stage, computer models are not the main component but a subsidiary component; that is, they play an important role in enriching the lower steps in the process, and at the same time the process can proceed without them.

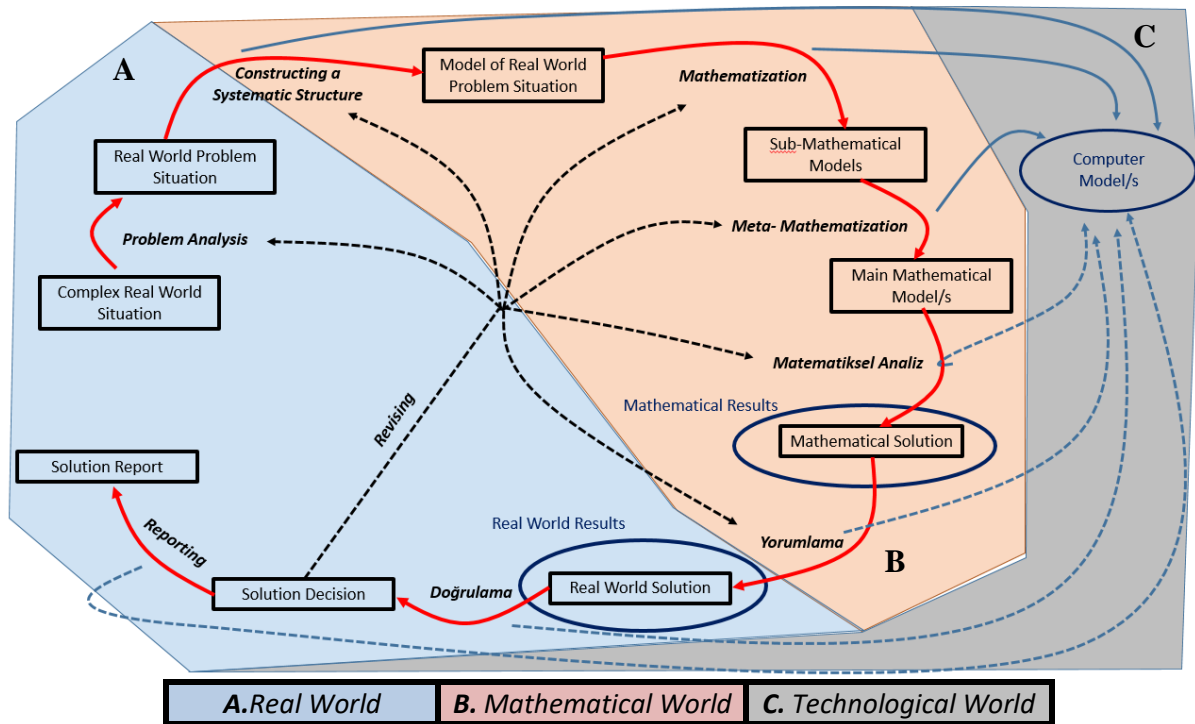


Figure 2. Technology-supported mathematical modelling cycle-Worlds, components and steps (Hidroğlu, 2015)

Next, the presentation of specific solutions are performed in classroom environment. In the fifth stage, students are asked to improve their solutions before discussing about them. In the sixth stage, students are asked to design and solve an actual mathematical modelling problem based on their experience in the solution. At this stage, students, who have also benefited from the previous solution process, enter the dual modelling process. Finally, they create high-level mathematical modelling problems. These mathematical models are in some aspects different from the mathematical models they have created in the third stage, and they are in a more developed form. During HTTM learning process, students create different models (see Figure 3).

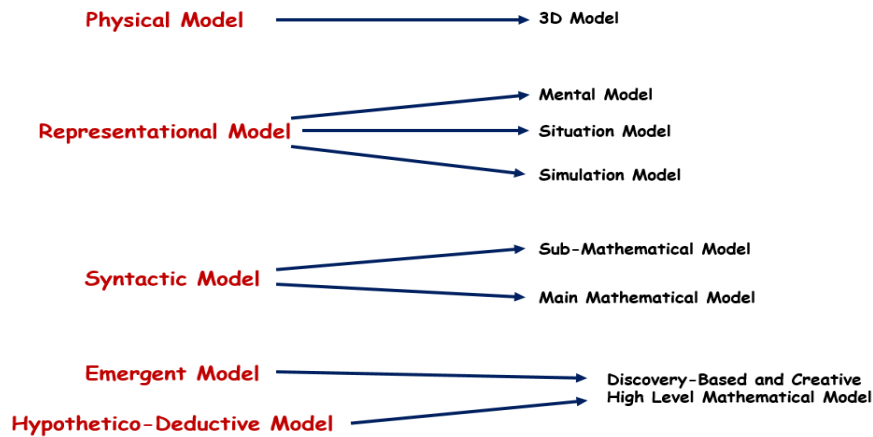


Figure 3. The different models revealed in HTTM learning process (Hıdıroğlu and Özkan Hıdıroğlu, 2016)

STEM education is an integrated approach that combines science, technology, and engineering and mathematics disciplines with different subjects in the context of real life simultaneously (Hom, 2014). In science education curriculum (MEB, 2018), the aim is to help students establish the connection between engineering and science, understand interdisciplinary interaction and develop their world view by making what they have learned experiential. From this aspect, by creating interdisciplinary and technology-based learning environments, HTTM learning process serves for the basic understanding of STEM, which has an important place in science education, and science education curriculum. When 2023 education vision is analysed, it is aimed to ensure that the extra scholastic learning environments such as natural, historical and cultural places and science-art centres and museums are used more effectively in line with the objectives in the curricula (2023 Education Vision, 2018). In this sense, HTTM learning process can support conceptual learning in science education more effectively thanks to visits to the cultural sites or science-art centres and museums mentioned in the newspaper article based on science history in HTTM activities. It is believed that HTTM activities can be an important tool for flipped classroom learning environments, which stand out in science and mathematics education, and they can also serve for environments that can improve computational thinking skills.

The aim of this study is to investigate the effect of HTTM (History/Theory/Technology/Modelling) learning environment on the pre-service science teachers' perceptions of mathematical thinking and mathematical modelling skills. Accordingly, the research question that is handled in the study is as follows: "Is there a significant difference between pre-test and post-test scores of the preservice science teachers regarding their perceptions of mathematical thinking and their success in mathematical modelling?". The sub-problems of the research are given below:

- Is there a significant difference between pre-test and post-test scores of the preservice science teachers regarding their perceptions of mathematical thinking?
- Is there a significant difference between pre-test and post-test scores of the preservice science teachers regarding their success in mathematical modelling?

**Method.** In the study, one-group (without control group) pretest-posttest quasi-experimental design, one of the quantitative research design methods, was used (see Table 1).

Table 1.

The process followed in the design of the research

Group	Pretest	Procedure	Posttest
	O1	X	O2
27 Preservice Science Teachers	Mathematical Thinking Scale (The dependent variable -1)	Five-Week HTTM Learning Process (Intervention)	Mathematical Thinking Scale (The dependent variable -1)
	Mathematical Modeling Problem (The dependent variable -2)		Mathematical Modeling Problem (The dependent variable -2)

The sample of the study is comprised of 27 preservice science teachers out of 33 whose data can be reached, consisting of 15 females and 12 males studying in a randomly selected class at science education department of a public university in the 2018-2019 academic year.

In the study; mathematical thinking scale (Ersoy and Başer, 2013), Alexandria Lighthouse mathematical modelling problem (Hıdıroğlu and Özkan Hıdıroğlu, 2016) and graded scoring key (rubric) regarding mathematical modeling (Özkan Hıdıroğlu and Hıdıroğlu, 2016) were used as data collection tools. The data collection tools were applied twice both before and after the five-week HTTM-supported learning process given by the researchers (see Figure 4).

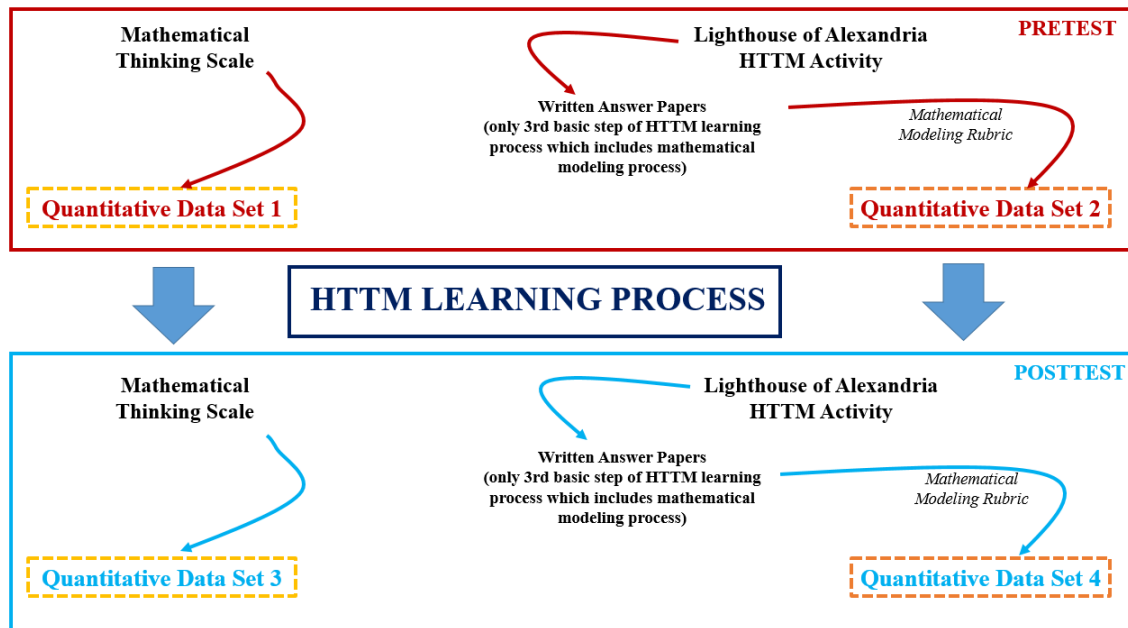


Figure 4. Data obtained in the research process

As a result of normality tests, it was determined that the data obtained from both the scale and modeling scores (also in terms of dimensions) showed normal distribution. Therefore, in order to determine whether there is a significant difference between the pre-test and post-test scores, dependent samples t test, which is parametric technique, was used.

**Results.** According to the data obtained, a statistically significant difference was found between the pre-service science teachers' pre-test and post-test scores regarding their perceptions of mathematical thinking at .05 significance level (see Table 2).

Table 2.

Effect of HTTM learning process on preservice science teachers' perceptions of mathematical thinking

		<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Level</i>	<i>Ss</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<b>Perception of Mathematics Thinking</b>	Pretest	27	76.8	Medium	11.19	5.880	.000
	Posttest	27	95.3	High	12.64		

As can be seen in Table 3, at the end of HTTM learning process, the average gain score of the pre-service science teachers' perception of mathematical thinking was found to be 18.5.

Table 3.

Quantitative data obtained from pretest, posttest and gain score

<b>Perception of Mathematics Thinking</b>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Ss</i>	<i>Min Score</i>	<i>Max Score</i>
Pretest	27	76.8	11.19	41	109
Posttest	27	95.3	12.64	52	116
Gain Score	27	18.5	11.21	1	36

According to the data in Table 4, a statistically significant difference was found between the pre-test and post-test scores of the pre-service science teachers regarding their perceptions of the dimensions of mathematical thinking including higher level thinking, reasoning, mathematical thinking skill, problem solving (at .05 significance level).

Table 4.

Effect of HTTM learning process on preservice science teachers' perceptions of mathematical thinking (on the basis of dimensions)

<b>Dimensions of Mathematical Thinking</b>	<i>n</i>	$\bar{x}_{pretest}$	$\bar{x}_{posttest}$	<i>Avarage of Gain Score</i>	<i>p</i>
1. Higher Level Thinking	27	17.8	21.4	3.6	.000
2. Reasoning	27	15.7	18.5	2.8	.042
3. Mathematical Thinking Skill	27	21.1	27.1	6.0	.000
4. Problem Solving	27	22.2	28.3	6.1	.000

Based on the data obtained, a statistically significant difference was found between the pre-test and post-test scores of the pre-service science teachers regarding their mathematics modeling skills at .05 significance level (see Table 5).

Table 5.

Effect of HTTM learning process on preservice science teachers' perceptions of mathematical modeling skill

		<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Level</i>	<i>Ss</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<b>Mathematical Modeling Skill</b>	Pretest	27	22.8	Low	7.02	7.182	.000
	Posttest	27	68.3	High	12.17		

Table 6 demonstrates that at the end of HTTM learning process, the average gain score of mathematics modeling skills level of preservice science teachers was found to be 45.5.

Table 6.

Quantitative data obtained from pretest, posttest and gain score

<b>Mathematical Modeling Skill</b>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Ss</i>	<i>Min Score</i>	<i>Max Score</i>
Pretest	27	22.8	7.02	0	39
Posttest	27	68.3	12.17	25	89
Gain Score	27	45.5	12.44	5	68

As can be seen in Table 7, a statistically significant difference was found at .05 significance level between the pre-test and post-test scores of the preservice science teachers regarding the dimensions of mathematical modeling skills (understanding the problem, determining the essential strategic factors in the problem, creating assumptions, using mathematical symbols appropriately, determining the necessary mathematical concepts, creating effective problem solving strategy, creating appropriate mathematical models, reaching the desired solution and different results from mathematical models, interpretation of the results according to real world situations, trying to verify the obtained results in different ways).

Table 7.

Effect of HTTM learning process on preservice science teachers' perceptions of mathematical modeling skill (on the basis of dimensions)

Dimensions of Mathematical Modeling Skill	<i>n</i>	$\bar{x}_{pretest}$	$\bar{x}_{posttest}$	<b>Gain Score</b>	<b><i>p</i></b>
1. Understanding the Problem	27	3.11	6.22	3.11	.000
2. Determining the Essential Strategic Factors in the Problem	27	2.42	9.33	6.91	.000
3. Creating Assumptions	27	4.14	10.00	5.86	.000
4. Using Mathematical Symbols Appropriately	27	4.83	8.97	4.14	.000
5. Determining the Necessary Mathematical Concepts	27	1.73	8.62	6.89	.000
6. Creating Effective Problem Solving Strategy	27	1.38	7.59	6.21	.000
7. Creating Appropriate Mathematical Models	27	1.04	4.14	3.10	.000
8. Reaching the Desired Solution and Different Results from Mathematical Models	27	2.07	6.22	4.15	.000
9. Interpretation of the Results according to Real World Situations	27	1.38	4.83	3.45	.000
10. Trying to Verify the Obtained Results in Different Ways	27	0.69	2.42	1.73	.000
TOTAL	27	22.79	68.34	45.5	.000

**Discussion and Conclusion.** Mathematical thinking can be regarded as a dynamic process that enhances complex ideas and broadens understanding (Mason, Burton and Stacey, 2010). Considering the fact that it includes mental actions such as conjecturing, reasoning, proving, abstraction, generalization, and specialisation (Breen and O'Shea, 2010), it can be said that HTTM learning environments can provide suitable environments for preservice science teachers to develop their perceptions and skills related to mathematical thinking. While the findings reveal that the pre-service science teachers' perceptions about mathematical thinking have improved, the positively significant development in mathematical modeling skills also provides clues that skills related to mathematical thinking can also show development. In addition to these results, it was concluded that at the end of the five-week HTTM-supported training, the dimensions in which preservice science teachers had the best conceptual development in mathematical thinking were mathematical thinking skill and problem solving.

The results obtained in the research reveal the necessity of math-based activities in science education in parallel with the opinions of Başkan Takaoğlu (2015), Ogunsola Bandele (1996) and Güzel (2004). HTTM activities have been a very effective tool in improving pre-service teachers' perceptions of mathematical thinking and mathematical modeling skills. Başkan Takaoğlu and Alev (2015) concluded that mathematical modeling studies positively contributed to preservice science teachers' establishing the link between daily life and physics. In line with these results, Deniz and Yıldırım (2018) and Spandaw (2011) maintained that science and mathematics teacher candidates had difficulty in the stages of understanding the problem, selecting the relevant variables, creating mathematical models and solving the model. When the mathematical modeling sub-skills were analyzed as a result of the study, HTTM supported learning process was also effective enough to enable preservice science teachers to better establish the relationship between real life, physics and mathematics, and the process improved their modeling skills.



## Giriş

Günümüzde değişimlerin çok hızlı olması, ülkelerin eğitim sistemlerinde bireylerin var olan son teknolojiye hâkim ve dünyadaki değişime yön vererek ülkesine katkı sağlayacak şekilde yetiştirilmelerini önemli bir hedef haline getirmektedir. Bu doğrultuda şekillenen eğitim sistemleri, güncel olanakları en etkili ve verimli bir şekilde kullanarak günlük hayattaki orijinal problemlere farklı ve nitelikli cevaplar sunabilecek bireyler yetiştirebildiğinde başarılı olacaklardır. Bu nedenle öğretim programları 21. yy temel becerilerini geliştirmeyi dikkate almakta ve bunu sağlayabilecek öğrenme süreçlerini önemsemektedir. Alanyazında, ulusların hedeflediği nitelikli eğitim ortamlarında öğrencilere kazandırmak istediği ve ulusların öğretim programlarına entegre ettiği temel becerilerden ikisi matematiksel düşünme ve matematiksel modelleme olarak karşımıza çıkmaktadır. Matematiksel düşünme diğer disiplinler de dâhil olmak üzere fen bilimleri ve matematik alanındaki zihinsel eylemleri desteklerken; matematiksel modelleme, gerçek yaşam, matematik ve fen bilimleri arasında köprü kurmakta ve matematiksel kavramların diğer disiplinlerdeki kavramlarla olan ilişkilerini açığa çıkarmaktadır.

Matematiksel modellemeden daha genel bir kavram olarak görülebilecek matematiksel düşünmeye bakıldığında, matematiksel düşünme bireyin günlük yaşamındaki olguları ve olayları algılama ve onlar arasında ilişki kurarak onları anlamlı bir yapı haline getirme sürecidir (Tall, 1995). Sevgen (2002), matematiksel düşünmeyi insanların yaşamlarında karşılaştıkları olaylara amaçlı, sistematik, doğru, kesin ve en kısa yoldan anlam kazandırmalarını sağlayan temel bir beceri olarak ifade etmektedir (akt. Alkan ve Bukova Güzel, 2005). Çalışmalar incelendiğinde matematiksel düşünmenin önemli temel becerileri kapsayan genel bir kavram olduğunu söylenebilir. Örneğin Liu (2003), matematiksel düşünmenin betimleme, genelleme, örnekleme, akıl yürütme, analogi, tahmin, tümevarım, tümdengelim, doğrulama gibi zihinsel süreçlerin bir birleşimi olduğunu ifade etmektedir. Tall (2002) matematiksel düşünmeyi tanımlarken soyutlama, sentezleme, genelleme, modelleme, problem çözme ve ispat gibi eylemlere vurgu yapmaktadır. Mason, Burton ve Stacey (2010) matematiksel düşünmenin özelleştirme, genelleme, varsayımda bulunma, doğrulama ve ikna etme bileşenlerinden oluştuğunu belirtmektedir. Alkan ve Bukova Güzel (2005) matematiksel düşünmenin genelleme, usa vurma, örnekleme, tahmin etme, soyutlama, hipotez kurma, hipotezleri test etme ve ispatlama süreçlerini içeren zengin bir zihinsel süreç olduğunu vurgulamaktadır. Yeşildere'ye (2006) göre bir problemin çözümü özelleştirme, genelleme, tahmin etme, hipotez üretme, hipotezin doğruluğunu kontrol etme gibi üst düzey düşünme becerilerini gerektiriyorsa matematiksel düşünme gerçekleşmektedir. Schoenfeld (1992) matematiksel düşünmede soyutlama, analiz etme ve sentezlemeyi öne çıkarmaktadır. Gardner'in (2007) geleceği şekillendirecek beş zihni (disiplinli, sentezci, yaratıcı, etik ve saygılı) ve 21. yy becerileri düşünüldüğünde alanyazında kapsamlı bir yere sahip olan matematiksel düşünmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu tanımlar aslında matematiksel düşünme sürecinde mutlaka matematiksel kavramların olmasının gerekli olmadığını; örneğin günlük yaşamda bir ev satın alma, hayatına ilişkin bir karar verme veya yapacaklarını planlama gibi süreçlerdeki zihinsel eylemlerimizin kalitesinde matematiksel düşünme becerilerimizin büyük rol oynadığını göstermektedir. Alkan ve Bukova Güzel (2005), Yeşildere (2006) ve Devlin (2012) matematiksel düşünme ile matematik yapmanın aynı şey olmadığını vurgulamaktadır. Onlara göre matematiksel düşünme dünyadaki tüm durum/olaylar hakkında düşünmenin bir yoludur.

Matematiksel düşünmeden farklı olarak matematiksel modelleme, gerçek yaşam problemlerinin matematiksel kavramlarla ele alınarak matematiksel modellerle açıklandığı açık uçlu ve rutin olmayan problemlerin çözüm sürecini içermektedir (Blum ve Leiß, 2007; Borromeo Ferri, 2007; Maaß, 2006). Matematiksel modellemede matematiksel düşünme becerileri açığa çıktığı gibi matematiksel kavramlar da süreçte rol almaktadır. Blum ve Kaiser (1997) ve Lesh ve Doerr (2003) durum/olayı anlamlandırma, problem durumunu yorumlama, problemdeki bilgilerin birbiriyle ilişkili olanlarını belirleme, üst düzey varsayımlar oluşturma, matematiksel düşünme ve muhakeme etme

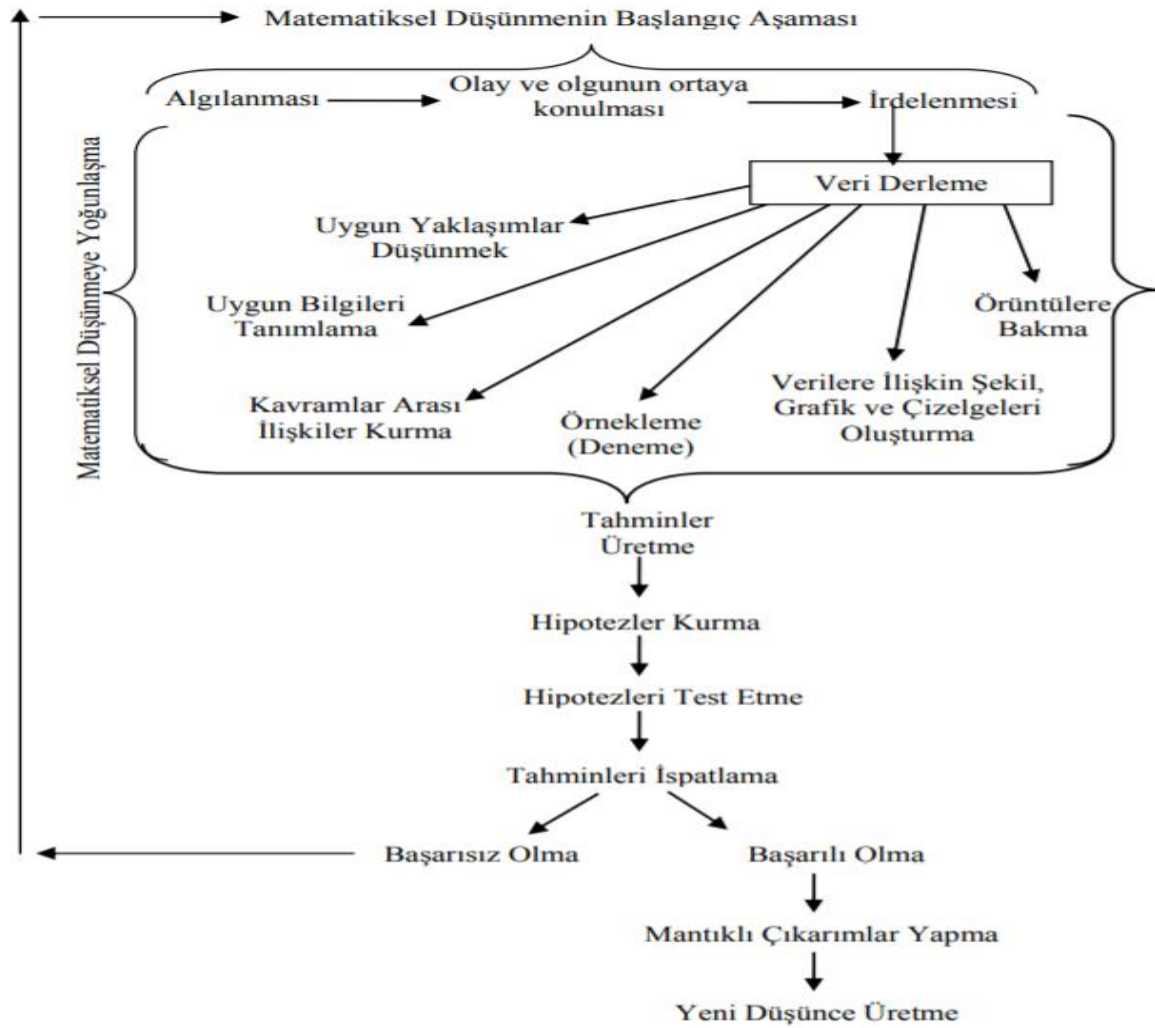
becerilerinin matematiksel modelleme sürecinde öne çıkan yeterlikler olduğunu ifade etmektedir. Matematiksel modelleme problemleri, çözücünün geleneksel öğrenme ortamlarından farklı olarak matematiksel düşünmeyle ilgilendiği ve matematiksel kavramları etkili bir şekilde kullandığı karmaşık durumlardır (English, 2006). Matematik eğitimcilerini matematiksel modelleme üzerinde çalışmaya yönelten temel etken “öğrencilerin gerçek yaşamda kullanabilecekleri matematiksel bilgi ve matematiksel düşünme becerisine sahip olabilmeleri için nasıl bir matematik eğitimi yapılmalıdır?” sorusu ve geleneksel yöntemlerin, problem çözme etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerisini geliştirmede yetersiz kalacağı kaygısıdır (Mousoulides, Chrysostomou, Pittalis ve Chritou, 2010). Bunun birlikte bir diğer önemli soru da birçok önemli beceriyi içerisinde barındıran matematiksel düşünmeyi, HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) etkinlikleri gibi zenginleştirilmiş matematiksel modelleme etkinlikleri ile tasarlanmış öğrenme ortamlarının nasıl etkileyeceğidir.

### **Eğitimde matematiksel düşünmeyi ele alan çalışmalar**

Eğitimde matematiksel düşünme kavramının gelişimi ve öğrenme sürecinde bu becerinin öne çıkarılmasının önemli olduğuna ilişkin düşünceler 1980lerden itibaren başlamakta ve Egan (1975), Krutetskii (1976), Freudenthal (1981), Burton (1984), Schoenfeld (1992) ve Tall’un (1995) çalışmaları ile matematik ve fen eğitiminde matematiksel düşünmenin ne kadar önemli bir temel beceri olduğu ortaya koyulmaktadır. Matematiksel düşünme alanındaki en büyük sorunlardan birisi bu kavramın geniş bir alana hükmetmesi ve bu nedenle kavramın sınırlarının farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ortaya koyulmasıdır. Tall (1995) matematiksel düşünmeyi bireyin çevresindeki şeyleri algılama süreci ve onlar arasındaki ilişkileri anlamlandırma süreci ile açıklamaktadır. Burton (1984), matematiksel düşünmenin yaşam içerisinde sürekli ortaya çıkan normal bir süreç olduğunu ve insanların bebeklikten itibaren belli düzeylerde matematiksel düşünme becerilerini geliştirdiğini vurgulamaktadır. Alkan ve Bukova Güzel (2005) bu genel bakış açısı dolayısıyla matematiksel düşünmenin her alandaki bireylerin geliştirmesi gereken bir temel nitelik olarak düşünülmesini özellikle vurgulamaktadır. Örneğin, tarih alanında yazılan nitelikli bir bilimsel makalenin oluşum sürecinde araştırmacının sahip olduğu matematiksel düşünme becerileri önemlidir. Araştırmacı bu süreçte sistematik bir süreç planlamakta, hipotezler kurmakta, hipotezleri test etmek için uygun yöntem ve teknikleri seçmekte, genellemeler yapmakta ve tahminlerde bulunmaktadır. Bu zihinsel eylemler matematiksel düşünmenin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Matematiksel düşünmenin önemini ortaya koyan ilk çalışmalardan birinde Krutetskii (1976) üç farklı tipte matematiksel düşünmeden bahsetmektedir. Bunlar; analitik, geometrik ve harmonik düşünmedir. Krutetskii’ye (1976) göre, analitik düşünenler güçlü sözel-mantıksal akıl yürütmeye ve zayıf görsel-resimsel akıl yürütmeye sahiptir. Geometrik düşünenler analitikçilerin tam tersi olarak güçlü görsel-resimsel akıl yürütmeye ve zayıf sözel-mantıksal akıl yürütmeye sahiptir. Harmonik düşünenler ise hem görsel-resimsel hem de sözel-mantıksal akıl yürütmede oldukça iyidir. Farklı tanımlar incelendiğinde, matematiksel düşünmeyi problem çözme sürecindeki düşünsel zenginlikte arayanları çok büyük bir grupta (örneğin Blitzer, 2003; Cai, 2003; Ersoy ve Başer, 2013; Henderson ve diğerleri, 2001; Scusa ve CO, 2008; Stacey, 2006; Umay, 1992; Yeo ve Yeap, 2010) toplamak mümkündür. Bu araştırmacılar genel olarak problem çözme sürecinde sergilenen olağan dışı stratejileri ve üst düzey düşünme eylemlerini yüksek düzeyde matematiksel düşünme becerisine sahip olma ile açıklamaktadırlar.

Alkan ve Bukova Güzel (2005), Borrromeo Ferri (2003), Lin (2006), Liu (2003), Mason, Burton ve Stacey (2010), Tall (1994), Umay (1996), Way (2008) ve Yeşildere ve Türnüklü (2007), yapmış oldukları çalışmalarda matematiksel düşünme kavramının örüntü, tahmin, çıkarımda bulunma, soyutlama, örnekleme, özelleştirme, genelleme, muhakeme, soyutlama, hipotez kurma, hipotezleri test etme, doğrulama ve ispatlama gibi üst düzey düşünme süreçlerini içerdiğini vurgulamaktadır. Borrromeo Ferri (2003) matematiksel düşünmenin farklı şekillerde ve farklı düzeylerde ortaya

çıkabildiğinden bahsetmektedir. Ona göre; görselciler (grafiklerle, şekillerle, çizelgeler ve resimlerle düşünme), analitikçiler (sembolik olarak düşünme) ve kavramsalcılar (sınıflandırma, soyut düşünme) olmak üzere üç tip matematiksel düşünen vardır. Krutetskii (1976) ve Borromeo Ferri'nin (2003) bu sınıflandırmaları ve açıklamaları araştırmacıları öğrenmenin öznelliğine ve çoklu zekâ kuramına kadar götürmektedir. Alkan ve Bukova Güzel (2005) matematiksel düşünmenin belli bir oluşum sürecini içerdiğinden bahsetmekte ve bu oluşum sürecini Şekil 1'deki gibi açıklamaktadır. Alkan ve Bukova Güzel'in (2005) matematiksel düşünme sürecini üst düzey problem çözme süreci gibi ele aldıkları söylenebilir.



Şekil 1. Matematiksel düşünmenin oluşum süreci (Alkan ve Bukova Güzel, 2005)

Problem çözme sürecinde matematiksel düşünmeyi inceleyen araştırmacılar daha zengin matematiksel düşünme ortamlarının nasıl olabileceğini de araştırmaktadırlar. Bu da rutin ve rutin olmayan problemler arasındaki ayrımın önemini araştırmacılara sorgulatmaktadır. Schoenfeld (1989), rutin problemlerde sıradanlıktan ve otomatikleşmeden bahsederken; rutin olmayan problemlerdeki özgünlüğün ve orijinalliğin matematiksel düşünmenin gelişimi için önemli olduğunu ifade etmektedir. Matematiksel modelleme problemlerinin açık uçlu ve rutin olmayan yapısı düşünüldüğünde; matematiksel modelleme ve matematiksel düşünme arasındaki etkili bir iş birliğinin olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle, matematiksel modelleme gibi rutin olmayan açık uçlu problemler nitelikli matematiksel düşünme sürecini ortaya çıkarmada etkili bir yoldur (Schoenfeld, 1989, 1992).

## Eğitimde matematiksel modellemeyi ele alan çalışmalar

Dewey (1936) ve Pólya'nın (1945) çalışmalarından sonra eğitimde problem çözmenin önemi anlaşılacak şekilde problem tiplerine ve problem çözme sürecine ilişkin detaylı çalışmalarla karşılaşılmaya başlanmıştır. 1970lerden bu yana matematiksel modelleme eğitimde önemli bir uğraş alanıdır. Matematiksel modelleme, rutin problem sürecinden farklı olarak açık uçlu ve gerçek yaşamın karmaşıklığını kabullenen yapısıyla hem gerçek yaşamdaki sorunları çözme becerisini geliştirmeyi hem de rutin ve otomatikleşmiş düşüncelerden farklı olarak daha orijinal düşünceleri ortaya çıkararak matematiği daha da anlamlı hale getirmeyi hedeflemektedir. Matematiksel modelleme sürecinin olmazsa olmaz bileşeni matematiksel modellerdir. Model, bir sistemin tipik özelliklerini içeren, sistemin sadeleştirilmiş bir gösterimi (Ingham ve Gilbert, 1991) iken; matematiksel modeller bir sistemi/yapıyı belli özelliklerini dikkate alarak amaca uygun olacak şekilde açıklayan veya onu sadeleştiren matematiksel semboller veya gösterimleri içeren özel modellerdir. Alan yazında matematiksel modellemeye yönelik çalışmaları altı farklı kategoride ele almak mümkündür (Kaiser, 2005). Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu (2016) bu altı farklı yaklaşımın ayrı ayrı matematiksel modellemeyi nasıl ele aldığını şu şekilde açıklamaktadır:

**Gerçekçi Modelleme:** Pragmatik bir anlayış ile matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Genel olarak mühendislik ve diğer alanlardaki matematiksel bilgiyi kullanmayı, modellemedeki yeterlikleri geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu anlayışın gerçek yaşam durumunu aynen öğrenme sürecine entegre etme kaygısından dolayı problemin sınırlarını ilgili gerçek yaşam durumları belirlemektedir. Bu nedenle karmaşık açık uçlu problemler ele alınmaktadır.

**Teorik Modelleme:** Bilimsel hümanist bir anlayış ile matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Gerçek yaşam bağlamını ikinci planda düşünerek çözümdeki matematiksel kavramları ve teorileri ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Onlar için matematiksel modeller gibi değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran her problem matematiksel modelleme problemidir. Bu nedenle gerçek yaşamda çok ön planda olmayan durumları da gerçek yaşam durumları gibi eş değerde önemsemekte ve öğrenme sürecinde ele almaktadır. Gerçekçi ve teorik modelleme diğerlerinden farklı olarak eğitim temelli düşüncelerden ziyade günlük ihtiyaçlar ve bilimsel düşüncelerden ortaya çıkmaktadır.

**Sosyo-Eleştirel Modelleme:** Sosyo-eleştirel bir anlayış ile matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Özellikle güncel gerçek yaşam durumlarını önceliğine almaktadır. Çözümle birlikte mevcut şartların çözümü nasıl etkileyeceği ön plandadır. Olması gerekenlerin neden olmadığı, gerekli iyileştirmeler veya var olan problemi ortadan kaldırmak için nelerin yapılması gerektiği ile ilgili tartışma ortamlarını önemsemektedir.

**Eğitimsel Modelleme:** Öğrenme teorilerine götüren yaklaşımları ve bilimsel hümanistik anlayışı ele alarak matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Temel hedefi kavramsal öğrenmeyi sağlamaktır. Matematiksel modelleme destekli öğrenme süreci oluşturulurken öğrenme teorileri, öğretim programının hedefleri, amaçları ve kazanımları ön plana alınmaktadır. Gerekirse matematiksel modelleme problemlerinde sınırlamalara gidilmektedir. Bu anlayış ile tasarlanan öğrenme ortamlarında kapalı uçlu ve çok değişkenli matematiksel modelleme problemleri ile karşılaşılabilir.

**Bağlamsal Modelleme:** Sistem yaklaşımını ve bilgi işleme kuramını temel alarak matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Sistem yaklaşımı temelinde dış çevre (gerçek yaşam) sistemdeki (matematiksel yapı) iç değişkenleri etkilemekte ve bu nedenle dış çevrenin etkisi önemli olmaktadır. Bu anlayışta matematiksel modelleme problemleri açık uçlu problemlerdir. Bağlamsal modelleme anlayışına göre, dış çevreyle ilişkili olmayan (gerçek yaşam bağlamı olmayan) kapalı sistemler (matematiksel yapılar) başarısız olmaktadır. Bununla birlikte, bu anlayış onlar için dış çevre (gerçek yaşam) ve sistem (matematiksel yapı) arasındaki etkileşim sürecinin nasıl olduğunu ve bu süreçteki öğrenci zorluklarının neler olduğunu önemsemektedir.

**Bilişsel-Üstbilişsel Modelleme:** Bilişsel psikoloji yaklaşımını ele alarak matematiksel modellemeyi öğrenme sürecine entegre etmektedir. Özellikle matematiksel modelleme sürecindeki

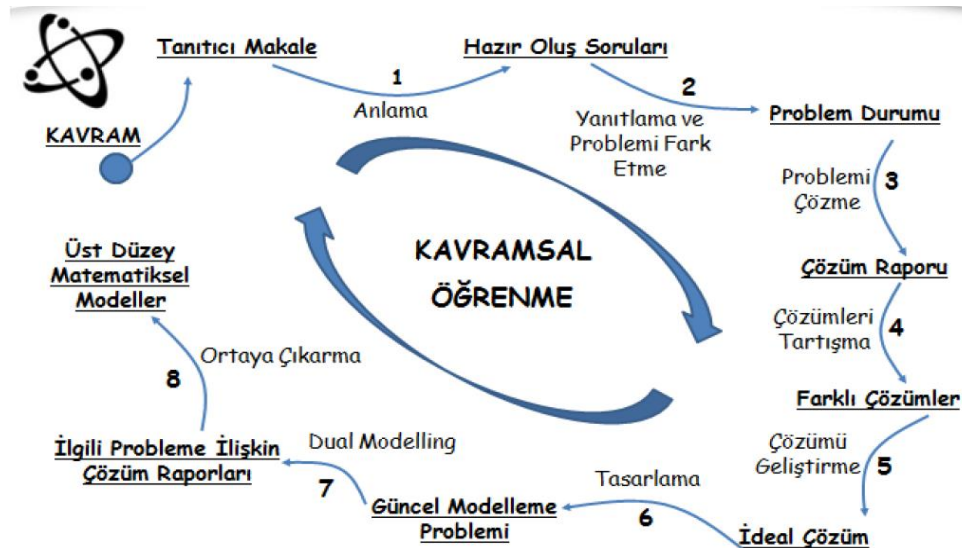
zihinsel eylemlere odaklanmaktadır. Modelleme sürecinde bilişsel ve üstbilişsel eylemlerin rollerini açıklamayı hedeflemektedir. Bilişsel ve üstbilişsel modelleme, matematiksel modelleme sürecindeki zihinsel düzeyleri dikkate almakta, bu düzeylerdeki zihinsel güçlükleri belirlemekte ve bu güçlüklerin nasıl ortadan kaldırılabilceğini saptamaktadır.

Altı modelleme yaklaşımı incelendiğinde; bu çalışmada ele alınan HTTM öğrenme süreci; bütüncül ve pragmatik modelleme anlayışı ile bu altı modelleme perspektifinin olumlu taraflarını öğrenme sürecinde dikkate alarak yapılandırılmaktadır ve bilim tarihi, teori, teknoloji, modelleme boyutlarından oluşmaktadır.

### Yeni bir öğrenme ortamı olan HTTM'nin öğrenme sürecine bakış

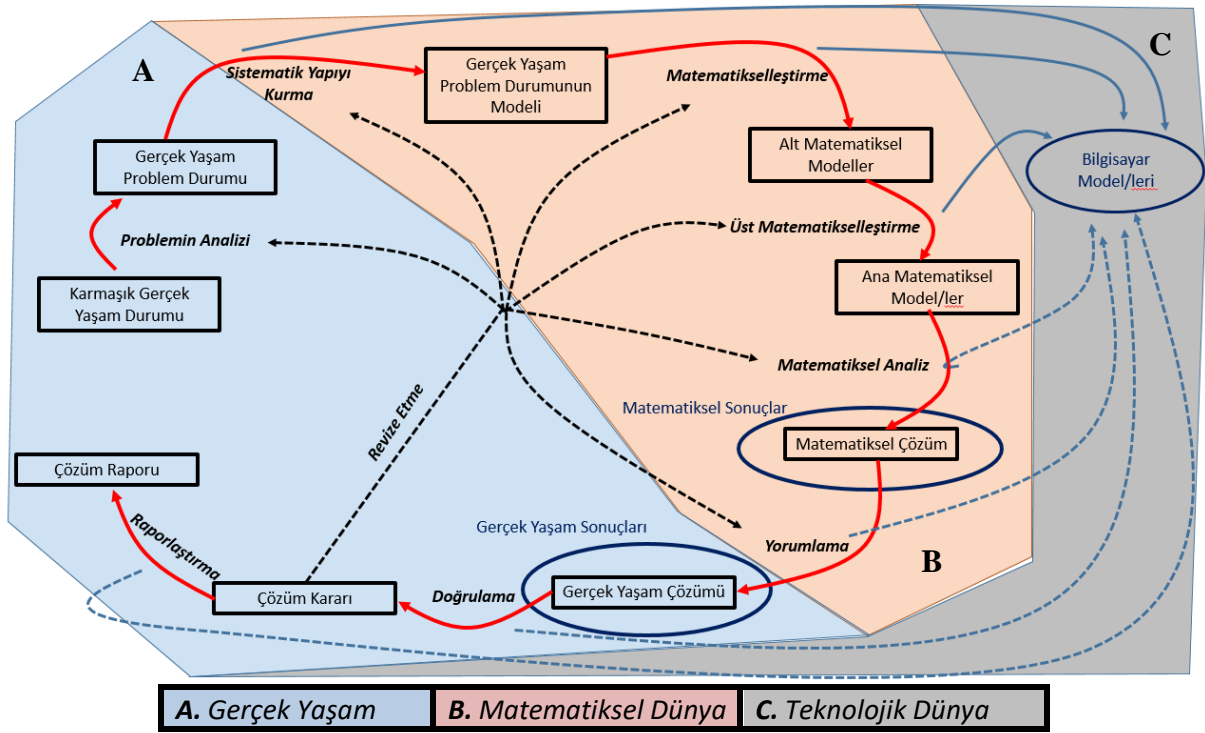
HTTM öğrenme yaklaşımı, öğrenme sürecine bilim tarihini ve bilimsel teorileri entegre etmekte; en temelde teknoloji destekli matematiksel modelleme becerilerinin geliştirilmesini ve ilgili temel kavram/ların kavramsal olarak öğrenilmesini hedeflemektedir. HTTM öğrenme süreci Şekil 2'de görüldüğü gibi, dokuz temel bileşeni (tanıtıcı makale, hazır oluş soruları, problem durumu, çözüm raporu, farklı çözümler, ideal çözüm, güncel modelleme problemi, ilgili probleme ilişkin çözüm raporları ve üst düzey matematiksel modeller) birbirine bağlayan dokuz temel basamaklı (anlama, yanıtlama ve problemi fark etme, problemi çözme, çözümleri tartışma, çözümü geliştirme, tasarlama, çoklu modelleme [dual modeling] ve ortaya çıkarma) bir uygulama sürecini içermektedir (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016).

HTTM öğrenme süreci önceden hazırlanmış HTTM etkinliklerinin öğrenme sürecine entegre edilmesiyle başlamaktadır (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016). HTTM öğrenme etkinlikleri öğretmenin isteğine, uygulama kolaylığına, etkililiğine ve öğrenci düzeyine göre bireysel veya 3-5 kişilik gruplara uygulanabilmektedir. Özellikle grup çalışmaları, öğrencilerin daha ileri düzey çözüm süreçlerine dâhil oldukları (Hıdıroğlu, 2012, 2015) için önemlidir; fakat Borromeo Ferri'nin (2007) ve Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu'nun (2016) ifade ettiği gibi öğrenci düzeylerinin ortaya çıkarılmasında, eksiklerinin belirlenmesinde ve onların değerlendirilmesinde bireysel modelleme süreci de büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. HTMM öğrenme süreci-bileşenler ve basamaklar (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016)

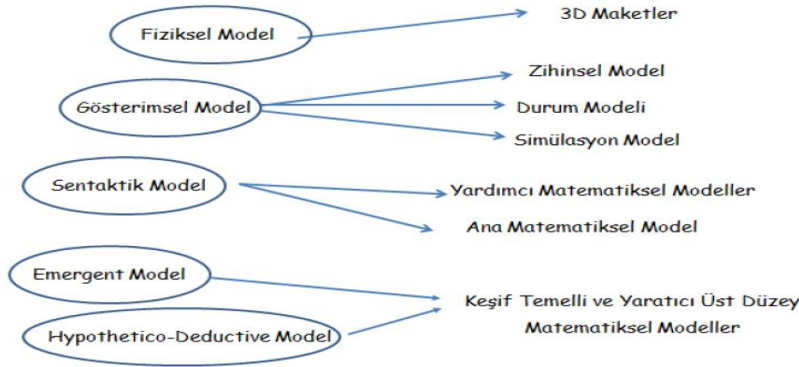
Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu (2016) HTTM öğrenme sürecini şu şekilde açıklamaktadır: HTTM öğrenme sürecinin başında öğrencilere tanıtıcı makale verilmekte ve öğrencilerin bilim tarihi destekli olay örgüsünü (olay örgüsünde öykülemelere başvurulabilir) anlamaları beklenmektedir. Daha sonra hazır oluş soruları ile öğrencilerin hem metni iyice anlamaları ve sorgulamaları sağlanmakta hem de asıl problem durumu hakkında tahminlerde bulunmaları istenmektedir. Tanıtıcı makale ile birlikte öğrencilere video, animasyon, fotoğraf veya 3D modeller verilebilmektedir (örneğin, İskenderiye Feneri HTTM Etkinliği, Galileo ve Pisa Kulesi Deneyi HTTM Etkinliği'nde video, animasyon, fotoğraflar ve 3D modeller tanıtıcı makalelerle birlikte öğrencilere verilmektedir). 3. aşamada öğrencilerden onlara verilen problemi teknoloji destekli matematiksel modelleme sürecinde çözmeleri istenmektedir. Bu süreçte Hıdıroğlu'nun (2015) dokuz temel basamak, dokuz temel bileşen ve 55 alt basamaktan oluşan süreç modeli dikkate alınmaktadır (bkz. Şekil 3). Benzer bir süreç, 7. aşama olan çoklu modelleme (dual modeling) sürecinde daha üst düzey düşünme süreçleri ile ortaya çıkmaktadır. 3. aşamada dinamik yazılımlar çözüm sürecinde belli aşamalarda sürece dâhil olmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde, bilgisayar modelleri çoğunlukla sistematik yapıyı kurma, matematikselleştirme ve üst matematikselleştirme aşamalarında tasarlanırken, ilerleyen basamaklarda gerekli görüldükleri durumlarda sürekli olarak sürece dâhil edilebilmektedir. Bu aşamada bilgisayar modelleri temel bileşen değildir; yardımcı bileşendir. Yani, süreçteki alt basamakları zenginleştirmede önemli rol oynarlar ve olmasalar da süreç bir şekilde ilerler.



Şekil 3. Teknoloji destekli matematiksel modelleme süreci (Hıdıroğlu, 2015)

Çözüm sürecinin ardından 4. Aşamada spesifik çözümlerin sınıf ortamında sunumu ve tartışılması gerçekleştirilmektedir. 5. aşamada öğrencilerin tartışma öncesinde yaptıkları çözümleri geliştirmeleri ve daha iyi hale getirmeleri istenmektedir. 6. aşamada öğrencilerden çözümdeki deneyimlerinden yola çıkarak güncel bir matematiksel modelleme problemi tasarlamaları ve çözmeleri beklenmektedir. Bu aşamada, önceki çözüm sürecinden de yararlanan öğrenciler çoklu modelleme sürecine girmektedir. Son olarak, üst düzey matematiksel modelleme problemleri oluşturmakta ve bu problemi çözmektedirler. Bu matematiksel modeller 3. aşamada oluşturulan matematiksel modellerden bazı yönleriyle farklı ve daha gelişmiş formdadır (emergent model ve

hypothetico-deductive model). HTTM öğrenme süreci boyunca öğrenciler farklı modeller oluşturmaktadır (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. HTTM öğrenme sürecinde ortaya çıkan farklı modeller (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016)

### HTTM'nin fen eğitimindeki önemi

HTTM öğrenme süreci, bilim tarihindeki olay örgülerinden yararlanarak matematiksel modelleme temelli bir problem durumunu ortaya çıkarmayı hedeflediği için bilim tarihi onun kaynak alanıdır. Bununla birlikte HTTM öğrenme sürecinde teknoloji destekli problem çözme süreci açığa çıkmaktadır. STEM'in öğrenme ortamında ele alınış şekline göre silo (disiplinler ayrı ele alınır), gömülü (en az bir alan diğerini destekler) ve bütünlük (tüm disiplinler bir araya gelir) yaklaşımlardan söz etmek mümkündür (Roberts ve Cantu, 2012). Hom (2014) STEM eğitiminin, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini gerçek yaşam bağlamındaki farklı konularla birlikte ve eş zamanlı olarak birleştiren bütünlük bir yaklaşım olduğunu ifade etmektedir. Fen bilimleri dersi öğretim programında da amaç, öğrencilerin bilim ve mühendislik arasındaki köprüyü kurmalarına, disiplinlerarası ilişkileri kavramalarına ve öğrendiklerini yaşamlarına yansıtarak bunlarla bir dünya görüşü oluşturmalarına destek olmaktır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Türkiye'de bilim temelli araştırmalara ve teknoloji destekli projelere destek verilerek sosyoekonomik olarak gelişmiş ülkelerle aynı düzeye gelebilmesini ve bu ülkelerle rekabet edebilir konumda olmasını sağlamak için öğrencilerin bilim (fen) ve mühendislik alanlarındaki etkinliklerle tecrübe kazanmaları önem arz etmektedir. Bu yönüyle bakıldığında HTTM öğrenme süreci, disiplinlerarası ve teknoloji tabanlı öğrenme ortamları yaratarak fen eğitiminde önemli bir yere sahip olan STEM'in ve fen bilimleri dersi öğretim programının temel anlayışına hizmet edeceği söylenebilir.

Fen bilimleri dersi öğretim programına (MEB, 2018) göre, fen bilimleri dersinde geliştirilmesi beklenen beceriler; bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri (analitik düşünme, karar verme, yaratıcı düşünme, girişimcilik, iletişim, takım çalışması), mühendislik ve tasarım becerileri (yenilikçi veya inovatif düşünme) olarak karşımıza çıkmaktadır. Mühendislik ve tasarım becerileri fen bilimlerini matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirmeyi sağlayarak öğrencilerin problemlere disiplinlerarası bakış açısıyla yaklaşmalarını, buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaşmalarını, edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturmalarını ve bu ürünlere nasıl katma değer kazandırılabilirliklerini öğrenmelerini sağlamaktadır (MEB, 2018). Burada öğrencilerden beklenen proje tasarlama, model ve ürün oluşturma ve ürünü tanıtmadır. Bunun yanında öğretim programında günlük hayatta bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulama için gerekli becerileri içeren matematiksel yetkinlik ile karşılaşmaktadır. Matematiksel yetkinlik, düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma becerisi ve isteğidir. Bununla birlikte fen bilimleri dersi öğretim programında dijital yetkinlik ön plana çıkarılmaktadır (MEB, 2018). Tüm bu

özellikler dikkate alındığında, HTTM öğrenme süreci bilim tarihi ve teknoloji destekli matematiksel modelleme süreci ile öğrenciyi üst düzey düşünme süreci içerisine sokarken; ileriki aşamada onların çoklu modelleme süreci ile problem tasarımları (proje tabanlı düşünceleri içeren güncel üst düzey problemler) ve üst düzey orijinal matematiksel modeller oluşturmaları için uygun ortamlar yaratabilmektedir. 2023 eğitim vizyonu incelendiğinde doğal, tarihî ve kültürel mekânlar ile bilim-sanat merkezleri ve müzeler gibi okul dışı öğrenme ortamlarının, müfredâtlarda yer alan kazanımlar doğrultusunda daha etkili kullanılmasının sağlanması hedeflenmektedir (2023 Eğitim Vizyonu, 2018). Bu anlamda HTTM etkinliklerindeki bilim tarihi destekli tanıtıcı makalede adı geçen tarihi, kültürel mekânlara veya bilim-sanat merkezlerine ve müzelere yapılan ziyaretlerle HTTM öğrenme sürecinin daha etkili bir şekilde fen bilimleri dersi öğrenme sürecindeki kavramsal öğrenmeyi destekleyebileceği söylenebilir. HTTM'nin fen ve matematik eğitiminde öne çıkan ters yüz sınıf sistemi (flipped classroom) öğrenme ortamları için HTTM etkinlikleri önemli bir araç olabileceği ve bilgi işlemsel düşünme (computational thinking) becerilerini de geliştirebilecek ortamlara hizmet edebileceği düşünülmektedir. Bu anlamda HTTM öğrenme sürecinin fen eğitiminde kavramsal ve disiplinlerarası öğrenme ortamları oluşturularak etkili bir öğrenmeyi sağlayacağı öngörülmektedir.

Bu doğrultuda araştırmamızın amacı, HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisinin incelenmesidir. Bu doğrultuda, araştırmamızın problemi "Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşüncelerine yönelik algılarına ve matematiksel modellemedeki başarılarına ilişkin ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?" şeklinde ele alınmıştır. Araştırmamızın alt problemleri aşağıda verilmiştir:

- Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşüncelerine yönelik algılarına ilişkin ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modellemedeki başarılarına ilişkin ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

## YÖNTEM

### Araştırmamızın deseni

Çalışmada, nicel araştırma desenlerinden tek gruplu (kontrol grupsuz) ön test-son test deneysel desen kullanılmıştır (bkz. Tablo 1). Deneysel desenlerde, değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisi veya seçilen önemli bir değişkenin etkileri test edilmektedir (Fraenkel ve Wallen, 1996; Gay ve Airasian, 2000). Fraenkel ve Wallen'in (1996) ifade ettiği gibi, araştırmamızda kullanılan desende bir gruba bağımsız değişken (HTTM öğrenme süreci) uygulanmıştır ve seçilen bağımlı değişkenlere (matematiksel düşünmeye ilişkin algı ve matematiksel modelleme becerileri) etkisini ortaya çıkarmak için deney öncesi-sonrası (ön test-son test) ölçme yapılmıştır. Creswell'e (2012) göre, yeni bir öğrenme sürecinin geliştirilerek uygulandığı araştırma tiplerinde tek gruplu (kontrol grupsuz) deneysel desen kullanılması uygun bir yoldur.

Tablo 1.

Araştırmamızın deseni doğrultusunda izlenen süreç

Grup	Öntest	İşlem	Sontest
27 Fen Bilgisi Öğretmeni Adayı	Matematiksel Düşünme Ölçeği	5 Haftalık HTTM Öğrenme Süreci (Müdahale)	Matematiksel Düşünme Ölçeği
	Matematiksel Modelleme Problemi		Matematiksel Modelleme Problemi



## **Çalışma grubu**

Araştırmanın çalışma grubu, 2018-2019 eğitim-öğretim yılında bir devlet üniversitesinde fen bilgisi öğretmenliğinde 2. Sınıftaki devam zorunluluğu olan ve “Fen Laboratuvar Uygulamaları” dersini alan bir sınıftaki 33 öğrenciden tüm verilerine ulaşılan 27 fen bilgisi öğretmeni adaydır. 6 öğrenciden 2’si ön test, 3’ü ise son teste katılamamıştır. 1 öğrenci ise sağlık sorunları nedeni ile HTTM öğrenme sürecinde sınıfta bulunamamıştır. Bu nedenle bu 6 öğrencinin verileri araştırmada kullanılmamıştır. Araştırmaya katılan 27 öğrenci (15 kadın, 12 erkek) beş hafta (yaklaşık 22 saat) süren eğitimin tamamına katılmışlardır. Eğitim bir ders kapsamında laboratuvar da gerçekleştirilmiştir. Gerekliğinde 4 saatlik ders süreci aşarak ders dışı saatler de kullanılmış ve eğitimin bölünmesi engellenerek daha etkili bir öğrenme süreci oluşturulmaya çalışılmıştır. 5 haftalık süreçte öğrenciler bazen bireysel bazen de hem kendi hem de dersi veren araştırmacının inisiyatifinde 2, 3 veya 4 kişilik gruplarla sürece katılmışlardır.

## **Veri toplama araçları**

Araştırmada; matematiksel düşünme ölçeği (Ersoy ve Başer, 2013), İskenderiye Deniz Feneri matematiksel modelleme problemi (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016) ve matematiksel modellemeye ilişkin dereceli puanlama anahtarı (Özkan Hıdıroğlu ve Hıdıroğlu, 2016) veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Veri toplama araçları, araştırmacılar tarafından verilen, beş hafta süren HTTM destekli öğrenme sürecinin hem öncesinde hem de sonrasında olmak üzere iki defa uygulanmıştır.

### ***Matematiksel düşünme ölçeği***

Çalışmada fen bilimleri öğretmeni adaylarının matematiksel düşünme becerilerine ilişkin algılarını ölçmek için Ersoy’un (2012) doktora tezinde geliştirdiği ve Ersoy ve Başer (2013) tarafından son hali verilen “Matematiksel Düşünme Ölçeği” ön test ve son test olarak kullanılmıştır. 5’li likert tipinde geliştirilen matematiksel düşünme ölçeği, dört boyuttan [üst düzey düşünme (5-9-17-18-19-25), akıl yürütme (1-2-3-4), matematiksel düşünme becerisi (6-7-8-20-21-22-23-24), problem çözme (10-11-12-13-14-15-16)] ve 25 (20 olumlu ve 5 olumsuz) maddeden oluşmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 125, en düşük puan ise 25’dir. Ölçekten alınan puanlar arttıkça matematiksel düşünmeye ilişkin algı düzeyinin arttığı, puanlar düştükçe matematiksel düşünmeye ilişkin algı düzeyinin azaldığı ifade edilmiştir. Ersoy ve Başer’in (2013) çalışmasında ölçeğin Cronbach Alpha güvenirlik katsayısını .78; bu çalışmada .79 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 223 öğretmen adayı üzerinde yapılan bir başka çalışmada (Yorulmaz, Çokçalışkan ve Çelik, 2017) matematiksel düşünme ölçeğinin alt boyutlarının Cronbach Alpha güvenirlik katsayılarının .83 ile .91 arasında değişmekte olduğu, ölçeğin genel güvenirlik değerinin .87 olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda ölçeğin güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

### ***İskenderiye Deniz Feneri matematiksel modelleme problemi***

Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesinde Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu (2016) tarafından tasarlanan İskenderiye Deniz Feneri matematiksel modelleme problemi ön test ve son test olarak kullanılmıştır (bkz. Ek 1). İlgili etkinliğin öğrenci düzeyine ve hazırbulunuşluğuna uygun olması, çözüm için zor matematiksel kavramları içermemesi, problemin ortaya çıkış sebebinin fen bilimleri ile doğrudan ilişkili olması ve disiplinler arası doğası nedeniyle fen eğitiminde öğrenim gören öğrencilerin yaklaşımlarını daha fazla ön plana çıkaracağı ve daha iyi bir analize imkân sağlayacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte HTTM öğrenme sürecindeki 3. basamak olan problem çözme kısmındaki yaklaşımlar tam bir matematiksel modelleme sürecini

baştan sona açığa çıkardığı için ilgili probleme yönelik bu kısımdaki öğrenci çözümleri ön test ve son testte değerlendirmeye alınmıştır.

### **Matematikselle modellemeye ilişkin dereceli puanlama anahtarı**

Hıdıroğlu'nun (2012) matematikselle modelleme süreci dikkate alınarak Özkan Hıdıroğlu ve Hıdıroğlu (2016) tarafından geliştirilmiş dereceli puanlama anahtarı, İskenderiye Deniz Feneri matematikselle modelleme problemi çözümlerini içeren yazılı yazıt kâğıtlarının puanlanmasında kullanılmış ve bu sayede öğrencilerin ön test ve son test puanları elde edilmiştir. Geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılan dereceli puanlama anahtarı için Kappa katsayısının 0.78 olması araştırma için uygun bir veri toplama aracı olduğunu göstermektedir. Dereceli puanlama anahtarı 10 boyuttan (problemi anlamlandırma, problemdeki gerekli stratejik etkenleri ortaya koyma, varsayımlar oluşturma, matematikselle sembolleri uygun bir şekilde kullanma, gerekli matematikselle kavramları belirleme, etkili problem çözme stratejisi ortaya koyma, uygun matematikselle modelleri oluşturma, matematikselle modellerden istenen çözüme ve farklı sonuçlara ulaşma, elde ettiklerini gerçek yaşam durumuna göre yorumlama, elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma) oluşmaktadır. Araştırmada, dereceli puanlama anahtarı yardımıyla fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematikselle modelleme becerilerindeki gelişimleri hem genel hem de boyutlar bazında nicel verilerle incelenmiştir (bkz. Şekil 5).



Şekil 5. Araştırma sürecinde elde edilen veriler

### **Veri toplama süreci**

HTTPM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematikselle düşünmeye ilişkin algılarını ve matematikselle modelleme becerilerine etkisinin incelendiği çalışmada fen bilgisi öğretmeni adaylarına verilen beş haftalık yaklaşık 22 saat süren HTTPM destekli eğitim Şekil 6'da verilmiştir.

<p><b><u>ÖN UYGULAMA</u></b>  <b>Matematiksel Düşünme Ölçeği</b>  <b>ve</b>  <b>İskenderiye Deniz Feneri HTTM Etkinliği</b></p>		
<b>5 HAFTALIK HTTM ÖĞRENME SÜRECİ</b>	1. HAFTA	Model, modelleme, matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramlarının tanımlanması
	1. HAFTA	Fen eğitiminde matematiksel modellemenin önemi üzerine tartışma ortamının yaratılması
	2. HAFTA	Farklı modelleme problemlerinin paylaşılması (7 adet) ve çözümleri ile birlikte modelleme sürecinin anlatılması
	3. HAFTA	Teknoloji destekli modelleme sürecinin tanıtımı ve teknolojinin rolünün örneklenmesi (3 adet problem)
	4. HAFTA	HTTM öğrenme yaklaşımının ortaya çıkışının, öğrenme hedeflerinin, prensiplerinin, boyutlarının ve öğrenme sürecinin tanıtılması ve bir problem ile örneklendirilmesi (Aspendos Antik Tiyatrosu)
	5. HAFTA	Kepler ve Gezegenlerin Hareketi
	5. HAFTA	Fen eğitiminde HTTM'nin önemi üzerine tartışma ortamının yaratılması
<p><b><u>SON UYGULAMA</u></b>  <b>Matematiksel Düşünme Ölçeği</b>  <b>ve</b>  <b>İskenderiye Deniz Feneri HTTM Etkinliği</b></p>		

Şekil 6. Fen bilgisi öğretmeni adaylarına verilen beş haftalık HTTM eğitimi

Araştırmanın denel sürecinin detaylı aşamaları şu şekildedir: Eğitim öncesinde öğrencilere matematiksel düşünme ölçeği uygulandı ve İskenderiye Deniz Feneri problemi verilerek 1 saat içerisinde bireysel olarak çözmeleri istendi. Yaklaşık 22 saat süren eğitimde 4. ve 5. hafta, HTTM STEM'deki bütünlük yaklaşım gibi tüm bileşenlerinin sürece entegrasyonu sağlanarak öğrencilere detaylıca tanıtıldı ve etkinlikler yapıldı. Öncesindeki 3 hafta boyunca ise HTTM'yi oluşturan parçaların tanımları, önemi, bu parçalara ilişkin farklı bakış açıları ayrı ayrı (STEM'deki silo ve gömülü yaklaşım gibi) öğrencilerle paylaşıldı, etkinlikler yapıldı ve bunların üzerine öğrenci düşüncelerini açığa çıkaran tartışma ortamları oluşturuldu.

### **1. Hafta - 1. Kısım - HTTM'nin merkezi boyutu olan matematiksel modellemeye giriş (silo yaklaşımı)**

Model, modelleme, matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramlarının tanımı, gerçek yaşam örnekleri verilerek aralarındaki ilişkiler ortaya çıkarıldı. Öğretmen, sunum eşliğinde gerçek yaşam fotoğrafları gösterdi ve öğrencilerden hangisinin matematiksel model olduğunu hangisinin olmadığını nedenleriyle birlikte açıklamalarını istedi. Gerçek yaşam örnekleri dikkate alınarak kavramların özellikleri sınıfla birlikte açığa çıkarıldı. Nitelikli model ve daha az nitelikli model ne demek örneklerle açıklandı. Öğrencilerden bireysel olarak model ve matematiksel model örneği vermeleri istendi. Modelleme ve matematiksel modelleme arasındaki ilişkiye değinildi. Matematiksel modeli özel kılan özellikler öğrencilerle birlikte belirlendi ve gerçek yaşam durumları dikkate alınarak bu özellikler yorumlandı. Matematiksel modelleme süreci farklı bakış açılarıyla tanıtıldı, süreçteki temel basamaklar ve bu temel basamaklarda olası zihinsel eylemler üzerine konuşuldu. Eğitimde matematiksel modellemeye ilişkin yaklaşımlar (*teorik, uygulamalı, bağlamsal, eğitimsel, bilişsel, sosyo-eleştirel*) ele alındı; yaklaşımları birbirinden ayıran özellikler, önemsedikleri durumlar ve arka plana aldıkları durumlar açığa çıkarıldı ve öğrencilerle bu yaklaşımların etkililiği tartışıldı.

### **1. Hafta - 2. Kısım – HTTM'deki teori, teknoloji ve modelleme ilişkilerine vurguların yapılması (gömülü yaklaşım)**

Fen eğitimindeki yeni yaklaşımlar ve 21. yy becerileri üzerine tartışma ortamı yaratılarak öğrenci düşünceleri açığa çıkarıldı. Öğrencilerin önemli gördüğü becerilerden HTTM ile ilgili olanlar öğrencilere vurgulanarak detaylandırıldı. Teknoloji becerileri ve teori-uygulama arasındaki ilişkiler ortaya çıkarıldı. Fen bilimleri dersi öğretim programı ile matematiksel modellemenin ilişkisine vurgu yapıldı. Fen eğitiminde matematiksel modellemenin neden önemli olabileceği ve kullanılıp kullanılmadığı ile ilgili tartışma ortamı yaratıldı. Öğrencilerden fen eğitiminde matematiksel modellemenin nasıl kullanılabileceği ile ilgili düşünceler sergilemeleri istendi.

### **2. Hafta –HTTM'deki bilim tarihi, teori, modelleme ilişkilerine vurguların yapılması (gömülü yaklaşım)**

Çözümü verilmeden farklı matematiksel modelleme problemleri öğrencilere gösterildi ve öğrencilerden bu problemlerin öğrenme sürecinde kullanılan problemlerden ne farkı olduğu üzerine düşünceler üretmeleri istendi. Öğretmen önemli olanları tahtaya listeledi ve üzerine açıklamalar yaptı. Öğrencilere bilim tarihi ve teoriyi de içeren yedi matematiksel modelleme problemi (Salıncak, Merdiven, Obezite, Adenauer, Sıcaklık Artışı, Nilüfer ve Thales-Mısır Piramidi) verildi. Her problem için isteğe bağlı bireysel ya da 2 veya 3er kişilik gruplarla problemleri 30 dk. içerisinde çözmeleri istendi. Araştırmacılar çözüm sırasında grupları gezerek 2-3 farklı çözüm seçti ve bu çözümlerin tahtada öğrenciler tarafından anlatılması ve tartışılması sağlandı. Olası daha iyi çözümlere ilişkin diğer öğrencilerden görüşler alındı. 2. hafta verilen eğitimin son aşamasında, öğrencilerden bireysel veya en fazla 3 kişilik grupla olacak şekilde haftaya kadar bir matematiksel modelleme problemi tasarımları ve tasarlarken neye dikkat ettiklerini raporlamaları istendi.

### **3. Hafta – HTTM'de modelleme ve teknoloji ağırlıklı öğrenme sürecinin yapılandırılması (gömülü yaklaşım)**

Öğrencilerden tasarladıkları problemi sınıftaki arkadaşlarına okumaları ve tasarlarken neleri dikkate aldıklarını açıklamaları istendi. Daha sonra teknolojinin matematiksel modelleme sürecine entegrasyonunun etkilerinin neler olabileceğine ve tasarladıkları problemlerde nasıl kullanılabileceğine ilişkin tartışma ortamı yaratıldı ve öğrenci görüşleri alınarak tahtada listelendi. GeoGebra deneyimi olan öğrenciler gruplara dağıtılarak 3 veya 4er kişilik gruplar oluşturuldu. Üç modelleme problemini (Boy-Ayak Uzunluğu, Dönme Dolap, İnsan Piramit) çözmeleri için 40'ar dk. süre verildi. Daha sonra öğretmen örnek çözümleri ve GeoGebra'nın sürece olası etkilerini örnekleyerek anlattı. Öğrencilerin teknoloji ve matematiksel modellemenin etkileşimine ilişkin düşünceleri tartışma ortamında ele alındı.

### **4. Hafta - HTTM öğrenme sürecinin ortaya çıkarılması (bütünleşik yaklaşım)**

HTTM öğrenme yaklaşımının ortaya çıkışı, öğrenme hedefleri, prensipleri, boyutları ve öğrenme süreci öğrencilerle paylaşıldı. HTTM'nin kuramsal altyapısına ilişkin detaylı sunumlar gerçekleştirildi ve HTTM öğrenme sürecine ilişkin öğrenci görüşleri alındı. Öğrencilere Aspendos Antik Tiyatrosu HTTM etkinliği verildi. 3. haftaki 3 veya 4er kişilik gruplar değişmedi. Çözümler GeoGebra destekli ortamda gerçekleştirildi. Farklı çözümler sınıfta paylaşıldı. Daha sonra çözümlerini iyileştirmeleri istendi. Sonraki aşamada benzer bir güncel matematiksel modelleme problemi tasarımları ve çözmeleri istendi. Problemler ve çözümleri sınıf ortamında tartışıldı. Farklı ve yaratıcı

düşünceler açığa çıkarıldı. Yapılan uygulama süreci ile HTTM öğrenme sürecindeki teorik çerçeve karşılaştırılarak HTTM'nin teorik çatısı ve uygulama süreci arasındaki ilişkiler ortaya çıkarıldı.

### **5. Hafta - 1. Kısım -HTTM öğrenme sürecinin ortaya çıkarılması (bütünleşik yaklaşım)**

Öğrencilere Kepler ve Gezegenlerin Hareketi HTTM etkinliği ve etkinlikle ilgili bilim tarihi içerikli bir film den 5 dk. bir kesit verildi. 3 ve 4. haftaki 3 veya 4'er kişilik gruplar değişmedi. Çözümler GeoGebra destekli ortamda gerçekleştirildi. Farklı çözümler sınıfta paylaşıldı. Daha sonra çözümlerini iyileştirmeleri istendi. Sonraki aşamada benzer bir güncel matematiksel modelleme problemi tasarlamaları ve çözmeleri istendi. Problemler ve çözümleri sınıf ortamında tartışıldı. Farklı ve yaratıcı düşünceler açığa çıkarıldı. Ortaya çıkan uygulama süreci ile HTTM öğrenme sürecindeki teorik çerçeve karşılaştırılarak HTTM'nin teorik çatısı ve uygulama süreci arasındaki ilişkiler ortaya çıkarıldı.

### **5. Hafta - 2. Kısım -HTTM öğrenme sürecinin fen eğitimindeki olası rollerinin ortaya çıkarılması (bütünleşik yaklaşım)**

Eğitimin son aşamasında öğrencilerle HTTM'nin fen eğitiminde nasıl kullanılabileceğine, ne gibi katkılar sağlayabileceğine ilişkin tartışma ortamı yaratıldı ve öğrenci düşünceleri açığa çıkarıldı. Eğitim sonrasında öğrencilere matematiksel düşünce ölçeği tekrar uygulandı ve İskenderiye Deniz Feneri problemi verilerek 1 saat içerisinde bireysel olarak tekrar çözmeleri istendi.

### **Verilerin analizi**

Çalışmada elde edilen nicel verilerin analizinde betimsel ve vardamsal istatistik tekniklerinden yararlanılmıştır. Araştırmada istatistiksel analiz tekniğine karar vermek için verilerin basıklık ve çarpıklık katsayısı değerlerine bakılmıştır. Bu kapsamda aritmetik ortalama, mod ve medyanın eşit ya da yakın olması, çarpıklık ve basıklık katsayılarının  $\pm 1$  sınırları içinde 0'a yakın olması normal dağılımın varlığına kanıt olarak değerlendirilmektedir (Howitt ve Cramer, 2011; Lind, Marchal ve Wathen, 2006; McKillup, 2012; Tabachnick ve Fidell, 2013; Wilcox, 2012). Normallik testleri sonucunda hem ölçekten hem de modelleme puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (bkz. Tablo 2). Bu nedenle verilerin analizinde ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlemek için parametrik teknik olan bağımlı örneklem t testi kullanılmıştır.

Tablo 2.

Matematiksel düşünme ölçeği ve matematiksel modellemeden elde edilen puanlara ilişkin çarpıklık ve basıklık değerleri

<b>Veri Setleri</b>	<b>Basıklık</b>	<b>Çarpıklık</b>	<b>Normallik</b>
Matematiksel Düşünme Ölçeğinden Elde Edilen Veriler (Ön Test)	.089	-.173	Normal Dağılım
Matematiksel Düşünme Ölçeğinden Elde Edilen Veriler (Son Test)	.241	-.392	Normal Dağılım
Matematiksel Düşünme Ölçeğinden Elde Edilen Veriler (Ön Test)	.149	,267	Normal Dağılım
Matematiksel Düşünme Ölçeğinden Elde Edilen Veriler (Son Test)	.311	-.085	Normal Dağılım

## BULGULAR VE YORUMLAR

HTTM öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisinin incelendiği çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

### HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına etkisi

Elde edilen verilere göre, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına yönelik gerçekleştirilen ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak .05 manidarlık düzeyinde anlamlı bir fark belirlenmiştir (bkz. Tablo 3). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına yönelik uygulanan ölçek ön testindeki genel puan ortalamaları 76.8 iken, son ölçek testindeki genel puan ortalamaları 95.6 olmuştur. Araştırma kapsamında verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını orta düzeyden yüksek düzeye (25-45 çok düşük, 46-65 düşük, 66-85 orta, 86-105 yüksek, 106-125 çok yüksek) yükselttiği görülmüştür.

Tablo 3.

HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına etkisi

		<i>n</i>	$\bar{x}$	Düzyey	<i>Ss</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Matematik Düşünmeye İlişkin Algı	Ön Test	27	76.8	Orta	11.19	5.880	.000
	Son Test	27	95.3	Yüksek	12.64		

Tablo 4’de fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına yönelik ön test, son test ve erişilerinden elde edilen puanlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum puanları verilmiştir.

Tablo 4.

Ön Test, son test ve erişiden elde edilen nicel veriler

Matematik Düşünmeye İlişkin Algı	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Ss</i>	Minimum Puan	Maksimum Puan
Ön Test	27	76.8	11.19	41	109
Son Test	27	95.3	12.64	52	116
Erişiyi	27	18.5	11.21	1	36

Tablo 4’e bakıldığında, HTTM öğrenme süreci sonunda fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algı düzeylerinin erişiyi ortalaması 18.5 olarak bulunmuştur. Bir başka ifadeyle, verilen eğitim fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarında ortalama %18.5’lik bir artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, fen bilgisi öğretmeni adaylarının eğitim sonunda matematiksel düşünmeye ilişkin algılarındaki değişim en az 1, en fazla ise 36 puan olarak gerçekleşmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4’teki değerler, verilen HTTM destekli eğitimin çalışmaya katılan tüm fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarında pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Tablo 5’te, HTTM destekli eğitimin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmenin boyutlarına yönelik algılarına etkisine ilişkin veriler yer almıştır.

Tablo 5.

HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına etkisi

Matematiksel Düşünme Boyutları	<i>n</i>	$\bar{x}_{ilk}$	$\bar{x}_{son}$	Erişi Ortalaması	<i>p</i>
1. Üst Düzey Düşünme	27	17.8	21.4	3.6	.000
2. Akıl Yürütme	27	15.7	18.5	2.8	.042
3. Matematiksel Düşünme Becerisi	27	21.1	27.1	6.0	.000
4. Problem Çözme	27	22.2	28.3	6.1	.000

Tablo 5'teki verilere göre, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmenin boyutlarına (üst düzey düşünme, akıl yürütme, matematiksel düşünme becerisi, problem çözme) ilişkin algılarına yönelik gerçekleştirilen ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak .05 manidarlık düzeyinde anlamlı bir fark belirlenmiştir. Verilen beş haftalık HTTM destekli eğitim, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını genel bazda olduğu gibi boyutlar bazında da geliştirmiştir. Fen bilgisi öğretmeni adaylarının verilen eğitim sonunda en fazla algısal gelişim gösterdikleri boyutlar "matematiksel düşünme becerisi" ve "problem çözme" olmuştur.

#### HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine etkisi

Elde edilen verilere göre, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine yönelik gerçekleştirilen ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak .05 manidarlık düzeyinde anlamlı bir fark belirlenmiştir (bkz. Tablo 6). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine yönelik uygulanan ölçek ön testindeki genel puan ortalamaları 22.8 iken, son ölçek testindeki genel puan ortalamaları 68.3 olmuştur. Araştırma kapsamında verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerini düşük düzeyden yüksek düzeye (0-20 çok düşük, 21-40 düşük, 41-60 orta, 61-80 yüksek, 81-100 çok yüksek) yükselttiği görülmüştür.

Tablo 6.

HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine etkisi

		<i>n</i>	$\bar{x}$	Düzye	<i>Ss</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Matematiksel Modelleme Becerisi	Ön Test	27	22.8	Düşük	7.02	7.182	.000
	Son Test	27	68.3	Yüksek	12.17		

Tablo 7'de fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine ilişkin ön test, son test ve erişilerinden elde edilen puanlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum puanları verilmiştir.

Tablo 7.

Ön Test, son test ve erişiden elde edilen nicel veriler

Matematiksel Modelleme Becerisi	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>Ss</i>	Minimum Puan	Maksimum Puan
Ön Test	27	22.8	7.02	0	39
Son Test	27	68.3	12.17	25	89
Erişi	27	45.5	12.44	5	68

Tablo 7'ye bakıldığında, HTTM öğrenme süreci sonunda fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerileri düzeylerinin erişi ortalaması 45.5 olarak bulunmuştur. Bir başka

ifadeyle verilen eğitim, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinde ortalama %45.5'lik bir gelişmeye neden olmuştur. Bununla birlikte, fen bilgisi öğretmeni adaylarının eğitim sonunda matematiksel modelleme becerilerindeki değişim en az 5, en fazla ise 68 puan olarak gerçekleşmiştir. Tablo 6 ve Tablo 7'deki değerler, verilen HTTM destekli eğitimin çalışmaya katılan tüm fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerine pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Tablo 8'de, HTTM destekli eğitimin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin boyutlarına etkisine ilişkin veriler yer almıştır.

Tablo 8.

HTTM öğrenme sürecinin fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına etkisi

Matematiksel Modelleme Becerisinin Boyutları	N	$\bar{x}_{ilk}$	$\bar{x}_{son}$	Erişi Ortalaması	p
1. Problemi Anlamlandırma	27	3.11	6.22	3.11	.000
2. Gerekli Stratejik Etkenleri Belirleme	27	2.42	9.33	6.91	.000
3. Varsayımlar Oluşturma	27	4.14	10.00	5.86	.000
4. Matematiksel Sembolleri Uygun Kullanma	27	4.83	8.97	4.14	.000
5. Gerekli Matematiksel Kavramları Belirleme	27	1.73	8.62	6.89	.000
6. Problem Çözme Stratejisi Ortaya Koyma	27	1.38	7.59	6.21	.000
7. Uygun Matematiksel Modelleri Oluşturma	27	1.04	4.14	3.10	.000
8. Matematiksel Modellerden İstenilen Çözüme ve Farklı Sonuçlara Ulaşma	27	2.07	6.22	4.15	.000
9. Elde Ettiklerini Gerçek Yaşam Durumuna Göre Yorumlama	27	1.38	4.83	3.45	.000
10. Elde Ettiklerini Farklı Yollarla Doğrulamaya Çalışma	27	0.69	2.42	1.73	.000
TOPLAM		22.79	68.34	45.5	

Tablo 8'deki verilere göre, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerileri boyutlarına (problemi anlamlandırma, problemdeki gerekli stratejik etkenleri ortaya koyma, varsayımlar oluşturma, matematiksel sembolleri uygun bir şekilde kullanma, gerekli matematiksel kavramları belirleme, etkili problem çözme stratejisi ortaya koyma, uygun matematiksel modelleri oluşturma, matematiksel modellerden istenen çözüme ve farklı sonuçlara ulaşma, elde ettiklerini gerçek yaşam durumuna göre yorumlama, elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma) yönelik gerçekleştirilen ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak .05 manidarlık düzeyinde anlamlı bir fark belirlenmiştir. Verilen beş haftalık HTTM destekli eğitim, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerini genel bazda olduğu gibi boyutlar bazında da geliştirmiştir. Fen bilgisi öğretmeni adaylarının verilen eğitim sonunda en fazla gelişim gösterdikleri matematiksel modelleme becerilerindeki boyutlar sırasıyla "gerekli stratejik etkenleri belirleme", "gerekli matematiksel kavramları belirleme" ve "problem çözme stratejisi ortaya koyma" olmuştur. Fen bilgisi öğretmeni adaylarının verilen eğitim sonunda en az gelişim gösterdikleri matematiksel modelleme becerilerindeki boyut ise "elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma" olarak belirlenmiştir.

## SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

HTTM öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisinin incelendiği araştırmanın bu bölümünde, sonuçlara ve önerilere alan yazındaki çalışmalar dikkate alınarak yer verilmiştir.

Bulgular doğrultusunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını pozitif



yönde anlamlı bir şekilde geliştirdiği ve onların algılarını orta düzeyden yüksek düzeye yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır. Boyutlar bazında elde edilen sonuçlara bakılırsa, verilen beş haftalık HTTM destekli eğitim fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmenin boyutlarına (üst düzey düşünme, akıl yürütme, matematiksel düşünme becerisi, problem çözme) ilişkin algılarında anlamlı bir artış gerçekleşmiştir. Veri toplama aracı olarak matematiksel düşünme ölçeğinin kullanılması çalışmada fen bilgisi öğretmeni adaylarının sadece algılarının ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Matematiksel düşünmenin; karmaşık fikirleri arttıran, anlayışı genişleten dinamik bir süreç (Mason, Burton ve Stacey, 2010) olduğu ve varsayımda bulunma, akıl yürütme, kanıtlama, soyutlama, genelleme ve özel durumlar üzerinde çalışma gibi zihinsel eylemleri (Breen ve O'Shea, 2010) içerdiği düşünüldüğünde, HTTM öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını ve bununla birlikte becerilerini geliştirmesi için uygun ortamlar sağlayabileceği söylenebilir. Elde edilen bulgular fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarının geliştiğini gösterse de matematiksel modelleme becerilerindeki pozitif yönde anlamlı gelişme matematiksel düşünmeye yönelik becerilerde de gelişimin olabileceği konusunda ipuçları verebilir. Bu sonuçların yanında, verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin sonunda, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmede en fazla algısal gelişim gösterdikleri boyutların “matematiksel düşünme becerisi” ve “problem çözme” olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alan yazın incelendiğinde Ersoy ve Başer (2013), sınıf öğretmenlerinin matematiksel düşünmeye ilişkin algı düzeylerinin ortalamasının üzerinde olduğunu ifade etmektedir. Ersoy ve Başer (2013) alt faktörleri incelediğinde de sınıf öğretmenlerinin alt boyutlara ilişkin algı düzeylerinin ortalamasının üzerinde olduğunu ifade etmektedir. Tataroğlu Taşdan, Çelik ve Erduran (2013) öğretmenlerin matematiksel düşünme hakkındaki mevcut durumlarının öğrencilerin matematiksel düşünceleri ile ilgilenmelerini etkileyeceğini vurgulamaktadır. Öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde öğretmenin tasarlayacağı öğrenme ortamları çok önemlidir. Öğrencilerin matematiksel düşüncelerini geliştirebilmeleri için öğretmenlerin de bu özelliğe sahip olmaları gerekmektedir. Matematiksel düşünme düzeyi yüksek olan öğretmenlerin öğrencilerini de bu yönde geliştirebileceği söylenebilir. Bu çalışmada da gelecek nesillerin öğretmeni olacak fen bilgisi öğretmeni adaylarına verilen beş haftalık HTTM destekli öğrenme ortamının onların matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını pozitif yönde anlamlı olarak geliştirdiğini göstermektedir. Ersoy ve Güner'in (2014) ve Yorulmaz, Çalışkan ve Çelik'in (2018) çalışmalarında katılımcıların matematiksel düşünme düzeylerinin ve alt faktörlerde alınan puanların bu çalışmadaki sonuçlar ile benzer olduğu görülmüştür.

HTTM öğrenme süreci; bilim tarihi, teori, teknoloji ve matematiksel modelleme olmak üzere dört boyuttan oluşan, temelinde matematiksel modelleme boyutu olan ve bütüncül-pragmatik bir anlayış ile teorik çatısı tasarlanan bir öğrenme yaklaşımıdır (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016). Verilen eğitimin modelleme temelli olmasından dolayı öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerini geliştirmesi beklenebilir. Bu çalışma ile alan yazında yeni bir anlayış ile tasarlanan HTTM öğrenme sürecini içeren beş haftalık eğitimin modellemedeki zihinsel eylemlerin niteliğine ne düzeyde katkı sağladığı ortaya koyulmuştur. Verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerini pozitif yönde anlamlı bir şekilde geliştirdiği ve becerilerini düşük düzeyden yüksek düzeye çıkardığı sonucuna ulaşılmıştır. HTTM destekli öğrenme süreci fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modellemedeki düzeylerini iki düzey arttırmıştır. Bu sonuç, HTTM öğrenme ortamlarının fen bilgisi öğretmeni adaylarının lisans düzeyinde matematiksel modelleme becerilerini geliştirmeleri açısından etkili öğrenme ortamları sağladığını göstermiştir. Ayrıca verilen beş haftalık HTTM destekli eğitim fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modellemedeki her boyuta (problemi anlamlandırma, problemdeki gerekli stratejik etkenleri ortaya koyma, varsayımlar oluşturma, matematiksel sembolleri uygun bir şekilde kullanma, gerekli matematiksel kavramları belirleme, etkili problem

çözme stratejisi ortaya koyma, uygun matematiksel modelleri oluşturma, matematiksel modellerden istenen çözüme ve farklı sonuçlara ulaşma, elde ettiklerini gerçek yaşam durumuna göre yorumlama, elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma) ilişkin becerilerini pozitif yönde anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Bu sonuç matematiksel modellemedeki tüm alt becerilerde fen bilgisi öğretmeni adaylarının gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Farklı bir sonuç olarak, verilen beş haftalık HTTM destekli eğitim sonunda, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerindeki boyutlarda gösterdiği en fazla anlamlı gelişme “gerekli stratejik etkenleri belirleme”, “gerekli matematiksel kavramları belirleme” ve “problem çözme stratejisi ortaya koyma”da olmuştur. Bu durumun oluşmasında tanıtıcı makalenin HTTM öğrenme sürecindeki rolünün önemli olduğu söylenebilir. Bu durumun oluşmasında HTTM’de tasarlanan tanıtıcı makalenin problem için hem gerekli hem de gerekli olmayan (ama ilişkili) bilgiler içermesinin ve fen bilgisi öğretmeni adaylarının HTTM öğrenme sürecinde bu becerileri geliştiren basamaklarda daha fazla zaman harcamalarının etkili olduğu söylenebilir. Verilen beş haftalık HTTM destekli eğitimin sonunda, fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerindeki boyutlarda en az gelişme “elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma”da olmuştur. Bu sonucun elde edilmesinde fen bilgisi öğretmeni adaylarının hem deneyimlerinin az olmasının hem de HTTM öğrenme sürecinde bu becerileri ortaya çıkaran basamakların sonlarda olmasından dolayı beş haftalık eğitimde bu basamaklarda daha az zaman harcamalarının etkili olabileceği söylenebilir. Bu duruma farklı bir açıdan bakarsak, Hıdıroğlu (2015) üstbilişsel beceri düzeyi yüksek öğrencilerin modelleme sürecine daha hâkim olduklarından ve süreçte sürekli olarak öz gelişimlerini takip ettiklerinden bahsetmiştir. Bu nedenle söz konusu beceride (elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma) gelişimin az olmasının onların üstbilişsel becerilerinin istenen düzeyde olmamasından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Fakat elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma becerisinde gelişme az olsa bile HTTM öğrenme süreci sonunda bu beceride de pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme ortaya çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında HTTM öğrenme sürecinin sürekli olarak öğrencilerden yaptıklarını kullanmasını/sorgulamasını istemesi etkili olmuş olabilir. Örneğin, HTTM’de bilim tarihi kaynaklı problemin çözümünden hareketle benzer güncel bir problemin tasarlanması ve çoklu modelleme sürecinin açığa çıkması, onların yaptıklarını farklı yollarla doğrulayabilecekleri ortamlar sağlamış olabilir. Başkan Takaoğlu’na (2015) göre disiplinlerarası ilişkilendirme kullanılarak yürütülen derslerde öğretmen adaylarının matematik, fizik ve günlük hayatı ilişkilendirme düzeylerinin de geliştiği ortaya çıkmıştır. Bir başka ifadeyle, bu durum öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları durumları önceki yaşantısında karşılaştığı durumlar ve fizik, matematik ve diğer derslerle ilişkilendirebilmelerini sağlamaktadır (Ärlebäck, 2009). HTTM de matematik ve fen arasındaki disiplinlerarası etkileşimi sağlayıcı öğrenme ortamları yaratmıştır. Tanner ve Jones (2002) ve Pantziara, Gagatsis ve Elia (2009) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirdiğini ifade etmektedir. Başkan Takaoğlu ve Alev (2015) fen bilgisi öğretmen adaylarının günlük yaşam ve fizik bağını kurmalarında matematiksel modelleme çalışmalarının olumlu katkısı olduğu vurgulamaktadır. Araştırmada elde edilen sonuçlar, Başkan Takaoğlu (2015), Ogunsola Bandele (1996) ve Güzel’in (2004) düşüncelerine paralel olarak fen eğitiminde matematik temelli etkinliklerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. HTTM etkinlikleri öğretmen adaylarının matematiksel düşüncelerine ilişkin algılarını ve matematiksel modelleme becerilerini geliştirmelerinde oldukça etkili bir araç olmuştur. Araştırma sonucunda matematiksel modellemenin boyutları incelendiğinde HTTM destekli öğrenme sürecinin de fen bilgisi öğretmeni adaylarının gerçek yaşam, fizik ve matematik arasındaki ilişkiyi daha iyi kurmalarında etkili olmuştur.

Araştırmanın sonuçlarına göre fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerileri HTTM öğrenme sürecinin öncesinde düşük düzeyde olarak belirlenmiştir. Deniz ve Yıldırım (2018) ve Spandaw (2011) fen bilgisi ve matematik öğretmeni adaylarının problemin anlaşılması, ilgili değişkenlerin seçilmesi, matematiksel model oluşturma ve modelin çözülmesi basamaklarında zorlandıklarını tespit etmiştir. Maull ve Berry (2001) öğrencilerin değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak tam göremediklerinden, kritik edemediklerinden ve sonrasında

yansıtamadıklarından ve değişkenlerin belirlenmesi konusunda başarısız olduklarından bahsetmektedir. Ayrıca Yorulmaz ve Çokçalışkan (2017) sınıf öğretmeni adaylarının farklı disiplinler ile ilişkilendirmeye yönelik kavrayışlarının sınırlı kaldığını vurgulamaktadır. Thinker ve Thomson'a (2003) göre, öğretimde fizik ve matematik derslerinin ayrı ve ilişkisiz dersler olarak yürütülmesinden dolayı öğrenciler fizik ve matematiğin ayrı algılanması ve bu derslere ayrı birer ders olarak çalışılması gerektiğini düşünmektedir. Leikin ve Levav Waynberg (2007) çalışmalarındaki bulgularına dayanarak, disiplinleri ilişkilendiren etkinliklerinin öğretmenlerin konu alanı bilgisi, pedagojik ve pedagojik içerik bilgisinin geliştirilmesinde etkili bir araç olarak hizmet edebileceğini belirtmektedir. Bu açıdan bakıldığında matematiksel modelleme becerilerinin geliştirilmesinin tercih edilmediği öğretim programları fen bilgisi ve matematik öğretimi arasındaki uçurumu arttırmaktadır (Guerrero Ortiz ve Mena Lorca, 2017). Alan yazında öğrenme etkinliklerinin zihinsel potansiyelinin önemli olduğu belirtilmektedir (Simon, Saldanha, McClintock, Karagöz Akar, Watanabe ve Zembat, 2010). Öğrenme hedefleri doğrultusunda öğrenme etkinliklerinde özellikle üst düzey bilişsel süreçler açığa çıkarılmalıdır (Smith ve Stein, 1998). Öğrenme etkinlikleri ile anlamlı öğrenme çıktıları elde edebilmek için bilişsel düzeyi yüksek tutacak biçimde öğrenme sürecinin öğretmenler tarafından yürütülmesi gerekmektedir (Taylan, 2020). Bu nedenle HTTM destekli verilen eğitimde açığa çıkan öğrenme süreci (denel süreç) araştırmadaki sonuçların elde edilmesinde büyük önem taşımaktadır. Çalışmada HTTM destekli öğrenme süreci fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modellemedeki becerilerine ilişkin düzeylerini ortalama olarak 23'ten 68'e çekmiştir. Burada yaklaşık %45lik bir gelişim söz konusu olmuştur. Çalışma, düşük düzeyde matematiksel modelleme becerisine sahip fen bilgisi öğretmeni adaylarının bu becerisinin geliştirilmesinde HTTM öğrenme sürecinin oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Matematiksel modelleme, öğrencilerin çok çeşitli matematik ve fen kavramlarını anlamalarını sağladığı için (Romberg, Carpenter ve Kwako, 2005) fen bilgisi öğretmeni adayları, fen bilgisi öğretmenleri ve fen bilimleri dersini alan ortaokul öğrencilerine yönelik daha fazla araştırma yapılmalıdır. HTTM etkinlikleri matematiksel modellemenin yanında teknoloji, bilim tarihi ve teorileri de entegre ederek daha zengin bir öğrenme sürecini ortaya çıkarabilmektedir.

Matematiksel modelleme ve matematiksel düşünmenin fen eğitiminde birlikte ilk kez ele alındığı çalışmada, yeni bir öğrenme modeli olarak karşımıza çıkan HTTM öğrenme sürecinin etkililiği ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında çalışmanın alan yazına önemli bir katkı sağlayabileceği söylenebilir. Bununla birlikte çalışmanın, araştırma problemine uygun olarak sadece nicel bir anlayışla ele alınması bazı açıklamaları bundan sonraki süreçte önemli hale getirmektedir. Bu anlamda ileriki çalışmalarda nitel veya karma araştırmalarla HTTM destekli öğrenme sürecindeki zihinsel ve kavramsal gelişimin nasıl olduğuna, bireysel veya grup çalışmalarından hangisinin daha etkili olduğuna ve var olan bu gelişimin zihinsel eylemlerde nasıl ortaya çıktığına ilişkin detaylı sonuçlara ulaşılabilir. Ayrıca süreçteki öğrenci zorlukları açığa çıkarılarak bu zorlukları aşma yolları ve süreçteki öğretmen rolleri/zorlukları ortaya koyulabilir. Bu anlamda çalışmanın araştırmacılara ileriki çalışmalar için yol göstereceği düşünülmektedir.

## Kaynakça

- Alkan, H. ve Bukova Güzel, E. (2005). Öğretmen adaylarında matematiksel düşünmenin gelişimi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 221-236.
- Altun, M. ve Gürbüz, M. Ç. (2016). PISA uygulamalarının tanıtımı. S. Çepni (Ed.), *PISA ve TIMSS mantığını ve sorularını anlama* (s. 1-16) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Ärlebäck, J. B. (2009). On the use of realistic fermi problems for introducing mathematical modeling in school. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 6(3), 331-364.
- Başkan Takaoğlu, Z. B. (2015). Matematiksel modelleme kullanılan fizik derslerinin öğretmen adaylarının ilgi, günlük hayat ve diğer derslerle ilişkilendirmelerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 223-263.
- Başkan Takaoğlu, Z. ve Alev, N. (2015). Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin gelişimi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 122-160.
- Blitzer, R. (2003). *Thinking mathematically*. New Jersey: Prentice Hall.
- Blum, W. ve Kaiser, G. (1997). *Vergleichende empirische Untersuchungen mathematischen Anwendungsfähigkeiten von Englischen und Deutschen Lernenden*. Unpublished application to Deutsche Forschungsgesellschaft.
- Blum, W. ve Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modeling problems?. C. R. Haines, P. Galbraith, W. Blum ve S. Khan (Ed.), *Mathematical modeling (ICTMA-12): Education, engineering and economics* (s. 222-231) içinde. Chichester: Horwood Publishing.
- Borromeo Ferri, R. (2003). Mathematical thinking styles- An empirical study. Erişim adresi (08.11.2019): [https://www.researchgate.net/profile/Rita\\_Borromeo\\_Ferri/publication/252220599\\_MATHEMATICAL\\_THINKING\\_STYLES\\_-\\_AN\\_EMPIRICAL\\_STUDY/links/55017e1f0cf24cee39f79363.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rita_Borromeo_Ferri/publication/252220599_MATHEMATICAL_THINKING_STYLES_-_AN_EMPIRICAL_STUDY/links/55017e1f0cf24cee39f79363.pdf)
- Borromeo Ferri, R. (2007). Personal experiences and extra-mathematical knowledge as an influence factor on modelling routes of pupils. Erişim adresi (20.07.2019): <http://www.erne.tu-dortmund.de/~erne/CERME5b/WG13.pdf#page=48>
- Breen, S. ve O'Shea, A. (2010). Mathematical thinking and task design. Erişim adresi (11.09.2019): <http://mural.maynoothuniversity.ie/5455/1/AO-Task-Design.pdf>
- Burton, L. (1984). Mathematical thinking: The struggle for meaning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15(1), 35-49.
- Cai, J. (2003). Singaporean students' mathematical thinking in problem solving and problem posing: An exploratory study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 34(5), 719-737.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4. baskı). USA: Pearson Education Inc.
- Deniz, D. ve Yıldırım, B. (2018). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(STEMES'18), 87-93.
- Devlin, K. (2012). Introduction to mathematical thinking. Erişim adresi (04.01.2018): <http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/curso-Devlin.pdf>
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston: DC Heath and Company.
- Egan, K. (1975). How to ask questions that promote high-level thinking. *Peabody Journal of Education*, 52(3), 228 - 234.
- English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide, *Educational Studies in Mathematics*, 63(3), 303-323.
- Ersoy, E. (2012). *Üst Düzey düşünme becerilerinin probleme dayalı öğrenme sürecinde duyuşsal kazanımlara etkisi* (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ersoy, E. ve Başer, N. (2013). Matematiksel düşünme ölçeğinin geliştirilmesi. *Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(4), 1471-1486.
- Ersoy, E. ve Güner, P. (2014). Matematik öğretimi ve matematiksel düşünme. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 102-112.
- Fraenkel, J. R. ve Wallen, N. E. (1996). *How to design and evaluate research in education* (3. baskı). New York: Mc Graw Hill Higher Education.
- Freudenthal, H. (1981). Major problems of mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 133-150.

- Gardner, H. (2007). *The five minds for the future*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Gay, L. R. ve Airasian, P. (2000). *Educational research competencies for analysis and application* (6. baskı). Ohio: Merrill an imprint of Prentice Hall.
- Guerrero Ortiz, C. ve Mena Lorca, J. (2017). Modelling task design: Science teachers' view. G. Stillman, W. Blum, ve G. Kaiser (Ed.), *Mathematical modelling and applications* (s. 389-398) içinde. Springer.
- Güzel, H. (2004). Genel fizik ve matematik derslerindeki başarı ile matematiğe karşı olan tutum arasındaki ilişki. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 49-58.
- Henderson, P. B., Baldwin, D., Dasigi, V., Dupras, M., Fritz, J., Ginat, D., Goelman, D., Hamer, J., Hitchner, L. E., Lloyd, W., Marion, B., Riedesel, C. ve Walker, H. M. (2001). Striving for mathematical thinking. *ACM SIGCSE Bulletin*, 33(4), 114-124.
- Hidroğlu, Ç. N. (2012). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: Yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hidroğlu, Ç. N. (2015). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analizi: Bilişsel ve üstbilişsel yapılar üzerine bir açıklama* (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hidroğlu, Ç. N. ve Özkan Hidroğlu, Y. (2016). Modelleme yaklaşımlarına bütüncül bir bakış ve yeni bir öğrenme modeli önerisi: HTTM modeli ve kuramsal temeli. Ö. Demirel ve S. Dinçer (Ed.), *Eğitim bilimlerinde yenilik ve nitelik arayışı* (s. 1109-1142) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Hom, E. J. (2014). What is STEM education?. Erişim adresi (04.11.2019): <https://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>
- Howitt, D. ve Cramer, D. (2011). *Introduction to SPSS statistics in psychology: For version 19 and earlier* (5. baskı). London: Pearson Education Limited.
- Ingham, A. M. ve Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13, 193-202.
- Kaiser, G. (2005). Introduction to the working group "Applications and modelling". Erişim adresi (27.09.2019): [http://www.erne.tu-dortmund.de/~erne/CERME4/CERME4\\_WG13.pdf#page=3](http://www.erne.tu-dortmund.de/~erne/CERME4/CERME4_WG13.pdf#page=3)
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago, IL: Universty of Chicago Press.
- Leikin, R. ve Levav Waynberg, A. (2009). Exploring mathematics teacher knowledge to explain the gap between theory-based recommendations and school practice in the use of connecting tasks. *Educational Studies in Mathematics* 66(3), 349-371.
- Lesh, R. ve Doerr, H. M. (2003). In what ways does a models and modelling perspective move beyond constructivism?. R. Lesh ve H. M. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: A models and modelling perspective on mathematics problem solving, learning and teaching* (s. 383-403) içinde. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lin, E. (2006). Cooperative learning in the science classroom. *The Science Teacher*, 73, 33-39.
- Lind, D. A., Marchal, W. G. ve Wathen, S. A. (2006). *Basic statistics for business and economics* (5. baskı). United States: McGraw-Hill Companies.
- Liu, P. (2003). Do teachers need to incorporate the history of mathematics in their teaching?. *The Mathematics Teacher*, 96(6), 416-421.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies?. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38(2), 113- 142.
- Mason, J., Burton, L. ve Stacey, K. (2010). *Thinking mathematically*. Harlow England: Pearson Education Limited.
- Maull, W. ve Berry, J. (2001). An investigation of student working styles in a mathematical modelling activity. *Teaching Mathematics and Its Application*, 20(2), 78-88.
- McKillup, S. (2012). *Statistics explained: An introductory guide for life scientists* (2. baskı). United States: Cambridge University Press.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: MEB.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). Mutlu çocuklar güçlü Türkiye-2023 eğitim vizyonu. Erişim adresi (29.10.2019): [http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023\\_EGITIM\\_VIZYONU.pdf](http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf)
- Mousoulides, N., Chrysostomou, M., Pittalis, M. ve Chritou C. (2010). Modeling with technology in elementary classrooms. Erişim adresi (17.11.2018): <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/cerme6/wg11.pdf>

- Ogunsola Bandele, M. F. (1996). Mathematics in physics - Which way forward: The influence of mathematics on students' attitudes to the teaching of physics. Erişim adresi (17.12.2019): <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED400199.pdf>
- Özkan Hıdıroğlu, Y. ve Hıdıroğlu, Ç. N. (2016). Examining epistemological beliefs in explaining mathematics teachers' approaches in mathematical modelling. *Journal of Theory and Practice in Education*, 12(1), 244-268.
- Pantziara, M., Gagatsis, A. ve Elia, I. (2009). Using diagram as tools for the solution of non-routine mathematical problems. *Educational Studies in Mathematics*, 72, 39-60.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton, USA, Princeton University Press.
- Roberts, A. ve Cantu, D. (2012). *Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum*. Linköping University Electronic Press.
- Romberg, T. A., Carpenter, T. P. ve Kwako, J. (2005). Standards-based reform and teaching for understanding. T. A. Romberg, T. P. Carpenter ve F. Dremock (Ed.), *Understanding mathematics and science matters* (s. 3-28) içinde. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schoenfeld, A. H. (1989). Explorations of students' mathematical beliefs and behavior. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(4), 338-355.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense-making in mathematics. D. Grouws (Ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning* (s. 334-370) içinde. New York: MacMillan.
- Scusa, T. ve CO, Y. (2008). *Five processes of mathematical thinking*. Erişim adresi (21.01.2020): <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=mathmidsummative>
- Simon, M., Saldanha, L., McClintock, E., Karagoz Akar, G., Watanabe, T. ve Zembat, İ. Ö. (2010). A developing approach to studying students' learning through their mathematical activity. *Cognition and Instruction*, 28(1), 70-112.
- Smith, M. S. ve Stein, M. K. (1998). Reflections on practice: Selecting and creating mathematical tasks: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(5), 344-350.
- Spandaw, J. (2011). Practical knowledge of research mathematicians, scientists, and engineers about the teaching of modelling. G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri ve G. Stillman (Ed.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (s. 679-688) içinde. Springer, Dordrecht.
- Stacey, K. (2006). What is mathematical thinking and why is it important?. Erişim adresi (19.10.2019): [http://e-archives.criced.tsukuba.ac.jp/data/doc/pdf/2009/02/Kaye\\_Stacey.pdf](http://e-archives.criced.tsukuba.ac.jp/data/doc/pdf/2009/02/Kaye_Stacey.pdf)
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6. baskı). United States: Pearson Education.
- Tall, D. (1994). Understanding the processes of advanced mathematical thinking. Erişim adresi (11.08.2019): <https://homepages.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot1996i-amt-pub-am.pdf>
- Tall, D. (1995). Cognitive growth in elementary and advanced mathematical thinking. Erişim adresi (11.01.2020): <https://digilander.libero.it/leo723/materiali/algebra/dot1995b-pme-plenary.pdf>
- Tall, D. (2002). *Advanced mathematical thinking*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Tanner, H. ve Jones, S. (2002). Assessing children's mathematical thinking in practical modelling situations. *Teaching Mathematics and its Applications*, 21(4), 145-159.
- Tataroğlu Taşdan, B., Çelik, A. ve Erduran A. (2013). Matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme ve öğrencilerin matematiksel düşüncelerinin geliştirilmesi hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(4), 1487-1504.
- Taylan, R. D. (2020). Etkinliklerin sınıf içinde uygulanması. Y. Dede, M. F. Doğan ve F. Aslan Tutak (Ed.), *Matematik eğitiminde etkinlikler ve uygulamaları* (s. 189-208) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Thinker, M. H. ve Thomson, J. J. (2003). Teaching mathematics to physicists in the UK-FLAP and PPLATO. *Europhysics News*, 34(5), 186-189.
- Umay, A. (1996). Matematik eğitimi ve ölçülmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12, 145-149.
- Umay, U. (1992). *Matematiksel düşüncede süreci ve sonucu yoklayan testler arasında bir karşılaştırma* (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Way, J. (2008). Using questioning to stimulate mathematical thinking. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 13(3), 22-27.
- Wilcox, R. R. (2012). *Modern statistics for the social and behavioral sciences: A practical introduction*. United States: Chapman & Hall/CRC Press.

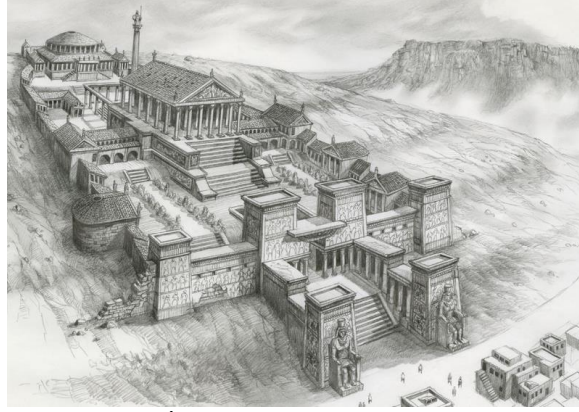
- Yeo, J. B. ve Yeap, B. H. (2010). Characterising the cognitive processes in mathematical investigation. Erişim adresi (10.10.2019): <https://repository.nie.edu.sg/bitstream/10497/17810/1/IJMTL-2010-YeoBW.pdf>
- Yeşildere, S. (2006). *Farklı matematiksel güce sahip ilköğretim 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin matematiksel düşünme ve bilgiyi oluşturma süreçlerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yeşildere, S. ve Türnüklü, E. B. (2007). Öğrencilerin matematiksel düşünme ve akıl yürütme süreçlerinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 40(1), 181-213.
- Yorulmaz, A. ve Çokçalışkan, H. (2017). Sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel ilişkilendirmeye yönelik görüşleri. *Uluslararası Temel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 8-16.
- Yorulmaz, A., Çokçalışkan, H. ve Çelik, Ö. (2018). Sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel düşünceleri ile bireysel yenilikçilikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 304-317.

*Çalışmanın etik kurul onayı Pamukkale Üniversitesi'nden (Evrak Tarih ve Sayısı: 30/04/2020-E.28226) alınmıştır.*

## Ek 1. İskenderiye Feneri ve Arşimet HTTM etkinliği (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016)

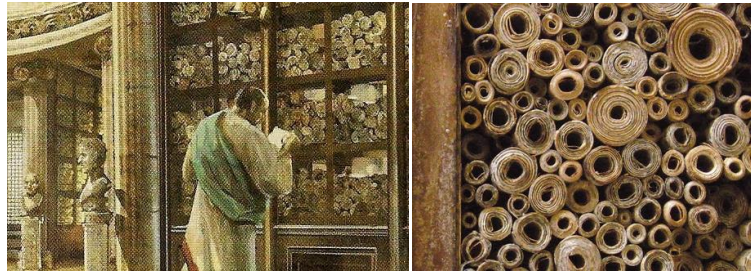
### Tanıtıcı Makale

Şu anki Mısır'ın Kahire şehrinin bulunduğu yerde M.Ö. 322 yılında kurulan tarihi İskenderiye şehri (M.Ö. 382- 641) insanlık tarihinde meydana getirilmiş en önemli eserlerden ikisini barındırmıştır. Bunlardan birisi İskenderiye Kütüphanesi, diğeri ise İskenderiye Feneri'dir. Ayrıca o tarihlerde bilimsel araştırmalarda en önemli şehir olan İskenderiye'de Dünya'da o dönemde tek olan botanik bahçesi ve rasathane de bulunmaktadır.



*İskenderiye Kütüphanesi*

Devrin en büyük ilim merkezi olan İskenderiye Kütüphanesi'ndeki çalışmaların hepsi Mısırlıların kullandıkları papirüslerin üzerine yazılmıştır. O dönemde Mısır'a giren her kitabın kütüphaneye götürülmesi mecbur kılınmıştır ve o kitabın bir nüshası da çıkarılıp sahibine verilmiştir. Kitabın aslı ise kütüphanede kalmıştır. Bir taraftan da yurt dışına gönderilen memurlar, başka ülkelerde buldukları kitapları satın alıp getirirlermiş. Böylece, o zamana kadar birçok bilime ilişkin dağınık halde ve kaybolmaya mahkûm durumda olan eserler İskenderiye'de toplanmış. M.Ö. 200lü yıllarda fizik, kimya, tıp, astronomi, matematik, felsefe, edebiyat ve fizyoloji bilgilerini içeren binlerce eser, Mısırlılardan kalan eserlerle birleştirilerek büyük İskenderiye Kütüphanesi'ni doldurmuştur ve bilim adamları için bütün kaynaklara ulaşabilecekleri önemli bir bilim yeri haline gelmiştir.



*İskenderiye Kütüphanesi'ndeki Araştırmaları İçeren Papirüsler*

İskenderiye Feneri'ni bile gölgede bırakan kütüphanede, Arşimet suyun kaldırma kuvvetini, Eratosthenes dünyanın çapını, Öklid geometrinin kurallarını yaptıkları araştırmalarla ortaya koymuştur. Ptolemy ise yazdığı Almagest ile kâinatın oluşumu konusunda önemli açıklamalar yapmıştır. İskenderiye şehrini önemli kılan ikinci önemli mimari eser M.Ö. 3 yy'da yapılan İskenderiye Feneri'dir.



*İskenderiye Feneri*



Üç bölümden oluşan fenerin mimarı Knidoslu Sostratus'tur. Fenerin alt bölümü dikdörtgen şeklinde ve yaklaşık 60 metre yüksekliğindedir. Orta bölüm, yukarıya doğru giden rampası olan bir silindir şeklindedir. Üst bölüm ise silindir şeklindedir ve üzerinde alevin bulunduğu bir odası vardır. En üst kısmında ise bir İskender heykeli bulunmaktadır. Tabanının deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 25 metre olan fener, beyaz mermerden yapılmıştır.

Fenerin üst kısmı MS. 955 yılında deprem ve fırtına nedeniyle zarar görüp kopmuştur. Fenerin gövde kısmı da 1302'de başka bir depremde yıkılmıştır. 1500 yılında ise bu yapıya ait kalıntılar tamamen yok olmuştur. Yıkılmadan önce yapılan resimleri, dünyadaki deniz fenerlerine yüzlerce yıldan bu yana örnek olmuştur. İskenderiye Feneri'nin yıkıntılarındaki kalıntılar, günümüzde fenerin olduğu yere yapılan Kayıtbay Kalesi'nin surlarında kullanılmıştır.



*İskenderiye Feneri'nin 3D Modeli*

İskenderiye Feneri'nin en önemli bölümü alevin ve büyük merceğin bulunduğu üçüncü kısımdır. İskenderiye Feneri'nin ışığı geceleri yağlı bezler yakılarak sağlanırdı. Ünlü bilgin Arşimet'in bu kuleye monte ettiği ve tepesinde bulunan büyük bir mercekle sayesinde uzak mesafelerden gemiler feneri fark edebilmişlerdir.

#### **Hazır Oluş Soruları**

- 1) İskenderiye şehri neden önemlidir?
- 2) İskenderiye Feneri şuan ne durumdadır?
- 3) İskenderiye Kütüphanesi'nde hangi bilim adamları hangi çalışmalarını gerçekleştirmiştir?
- 4) İskenderiye Feneri'nin özellikleri nelerdir ve ne amaçla yapılmıştır?

#### **Problem Durumu**

Efsaneye göre M.Ö 200'de yaşayan Arşimet İskenderiye Feneri'nde çok başarılı bir savaş silahı icat etmiştir. İskenderiye Feneri bu sayede istediğinde işgale gelen savaş gemilerini güneş ışınlarını kırarak yakmış, istediğinde ise ticaret gemilerinin limana güvenle girmesini sağlamıştır. Bu bilgiler ışığında, sizce İskenderiye Deniz Feneri'nin savaş gemilerini batırabileceği en uzak mesafe ne kadardır? Çözümünüzü matematiksel modellerle destekleyiniz ve en iyi tahmininizi gerekçelendirerek ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.

**Ek 2. Matematiksel modelleme sürecine ilişkin rubrik (Özkan Hıdıroğlu ve Hıdıroğlu, 2016)**

Puan	Boyutlar
	<b>1- Problemi Anlamlandırma</b>
0	Problemi anlamama ve çözümde ilerlememe
1	Problemi bir ölçüde anlama ve önemli noktaları gözden kaçırma
2	Problemi tam olarak anlamlandırma
	<b>2- Problemdaki Gerekli Stratejik Etkenleri Ortaya Koyma</b>
0	Stratejik etkenleri belirleyememe ve çözümde ilerlememe
1	Stratejik etkenlerden önemli olan bazılarını görmeme
2	Stratejik etkenlerden daha az etkili olanları görmezden gelerek daha önemli olanları dikkate alma
3	Tüm stratejik etkenleri düşünerek bu etkenlerin etkisinin farkında olma.
	<b>3- Varsayımlar Oluşturma</b>
0	Varsayımlarda bulunmama ve çözümde ilerlememe
1	Temel varsayımları görmezden gelme ve gerçekçi düşünmeme
2	Varsayımları daha genel durumlar için seçmeme
3	Varsayımları tek bir durum için seçerek farklı durumları düşünmeme.
4	Tüm genel durumlar doğrultusunda gerçekçeyi belirterek varsayımlardan daha etkili veya gerçekçi olanları seçme
	<b>4- Matematiksel Sembolleri Uygun Bir Şekilde Kullanma</b>
0	Matematiksel sembolleri kullanmama ve çözümde ilerlememe.
1	Farklı stratejik etkenler için aynı sembolleri kullanma ve çözümde bunları ayırt edememe
2	Farklı stratejik etkenler için farklı matematiksel sembolleri kullanma
3	Matematiksel sembolleri değişken sabit ve parametreleri dikkate alarak tam ve doğru bir şekilde kullanma
	<b>5- Gerekli Matematiksel Kavramları Belirleme</b>
0	Çözüm için gerekli matematiksel kavramları belirlememe ve çözümde ilerlememe.
1	Gerekli matematiksel kavramları belirleme ama nasıl kullanacağını tam olarak bilmeme.
2	Gerekli matematiksel kavramları belirlerken bazı noktalarda hatalar yaparak ilerleme.
3	Temel matematiksel kavramları belirleme ama uygulamada bazı hatalar/eksiklikler yapma.
4	Temel matematiksel kavramları tam olarak belirleme ve doğru bir şekilde uygulama.
	<b>6- Etkili Bir Problem Çözme Stratejisi Ortaya Koyma</b>
0	Etkili bir problem çözme stratejisi belirlememe ve çözümde ilerlememe.
1	Durumu açıklayabilecek etkili bir çözüm stratejisi ortaya koymama.
2	Etkili bir problem çözme stratejisi belirleme ama uygulamada hatalar veya eksiklikler yapma.
3	Etkili bir strateji belirleme ve doğru bir şekilde uygulama.
	<b>7- Uygun Matematiksel Modelleri Oluşturma</b>
0	Stratejik etkenleri kullanarak matematiksel modeller oluşturamama ve çözümde ilerlememe.
1	Bazı stratejik etkenleri kullanarak daha az etkili matematiksel modeller oluşturma.
2	Temel stratejik etkenleri kullanarak etkili matematiksel modeller oluşturma.
3	Tüm stratejik etkenleri etkili kullanma ve ideale yakın matematiksel modeller oluşturma.
	<b>8- Matematiksel modellerden istenen çözüme ve farklı sonuçlara ulaşma</b>
0	Matematiksel çözüm ve sonuçlara ulaşmama ve çözümde ilerlememe.
1	Matematiksel çözüm ve sonuçlara bir ölçüde ulaşma ama ne yaptığının farkında olmama yada hatalar yapma.
2	Matematiksel çözüme ulaşma ama önemli sonuçları düşünmeme.
3	Matematiksel çözüme ulaşma ve bazı önemli sonuçları ortaya koyma.
4	Ne yaptığının farkında olarak matematiksel çözüm ve sonuçlara tam olarak ulaşma.
	<b>9- Elde Ettiklerini Gerçek Yaşam Durumuna Göre Yorumlama</b>
0	Çözümü ve sonuçları gerçek yaşama göre yorumlamama ve çözümde ilerlememe.
1	Matematiksel dünya ve gerçek yaşam arasında etkili bir ilişkilendirme yapmama.
2	Çözüm ve sonuçlarla ilgili bazı doğru yorumlarda bulunma ama ne yaptığının tam olarak farkında olmama.
3	Çözümle ve elde ettikleri ile ilgili doğru yorumlarda bulunma.
4	Çözüm ve önemli sonuçları etkili bir şekilde yorumlama ve ne yaptığının farkında olma.
	<b>10- Elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma</b>
0	Çözümü kontrol etmeme, doğrulama yapmama ve çözümde ilerlememe.
1	Çözümü kontrol etme ama farklı yollarla çözümü doğrulamama.
2	Çözümü kontrol etme ve bir ölçüde uygun farklı yollarla çözüme ilişkin doğrulama yapma
3	Çözümü kontrol etme ve uygun farklı yollarla çözüme ilişkin doğrulama yapma