Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences
Year: 2023, Volume: 56, Issue: 2, 585-650
DOI:10.30964/auebfd.1037725, E-ISSN:2458-8342, P-ISSN: 1301-3718

Evaluation of Mathematical Modeling Activity of 4th-Grade Students: A Case of Experiential Learning

ARTICLE TYPE	Received Date	Accepted Date	Published Date
Research Article	12.17.2021	09.19.2022	05.04.2023

Dilara Yılmaz Can [1]
Kocaeli University

Gülcenur Kesebir [2]
Aydın Adnan Menderes University

The aim of the research is to evaluate the mathematical modeling activity of 4th-grade students within the framework of the experiential learning theory. A reason for considering modeling and experiential learning together is that mathematical modeling activities consist of real life problems and allow students to learn experientially. The research was conducted as a case study and the whole process was fulfilled remotely. 13 fourth-grade students were determined by the convenience sampling method. The modeling activity story, modeling evaluation rubric, observation form and semi-structured interview forms were used as data collection tools. During the implementation process, the students were shown a digital story created by the researchers and the problem situation was embedded in the story. The story about a virus facing humanity asked the students to find a solution to the problem. In the context of this story, the students carried out a mathematical modeling activity about perimeter and area. At the end of the implementation process, a semi-structured interview form was used to get students' opinions on the activity. As a result, from a broad perspective, it is seen that the results are promising and positive for students. Students have achieved mathematical and mental modeling and it was seen their motivations improved. Besides this, the area process or the concept of area is perceived as tough rather than perimeter for students such that they made a low score on mathematical results in subject area.

Keywords: Experiential learning, mathematical modeling, primary school mathematics, perimeter and area.

Citation: Yılmaz Can, D. & Kesebir, G. (2023). Evaluation of Mathematical Modeling Activity of 4th-Grade Students: A Case of Experiential Learning. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences,56(2)*, 585-650. https://doi.org/10.30964/auebfd.1037725

[1]*Corresponding author: Res. Asst, Education Faculty, Primary Education Department. e-mail: dilara.yilmaz@kocaeli.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-5539-8261*

[2]Lecturer, Koçarlı Vocational School, Department of Child Care and Youth Services, e-mail: gkesebir@adu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-4990-1275

Learning occurs in different ways and methods; it is a fact that can be shaped according to people and their learning styles. Experiential learning (EL), on the other hand, is a learning model put forward by Kolb (1984) that expresses the process in which knowledge is formed through experiences. It is based on pragmatist thinking, which characterizes the way we move from constant principles to concreteness, competence, facts and actions (Johns, 1999). The mathematical modeling (MM) process is closely related to EL, since the students are active, the process has a structure that progresses with the experiences of the students and performs links to daily life. In this research, EL might be considered a frame of mathematical modeling in the scope of area and perimeter. A subject in which students actively learn is the subject of area and perimeter, which has an important place in primary school mathematics. Therefore, the area and perimeter modeling activities of fourth grade students were evaluated within the framework of EL.

Experiential Learning (EL)

Dewey (2007) stated that learners as living organisms address problems and solutions in their social environment. In other words, the existential process of people cannot be separated from the environment they live in and the experiences they have gained in this environment. Piaget discussed the schemas he put forward in the cognitive development theory and the structuring of this in the mind during the process from concrete experiences to the abstract (Simatwa, 2010). However, Kolb (1984) revealed the EL theory because of the inferences that he synthesized from this information. Accordingly, people keep in mind the information they experience or that they believe is really important and valuable. Therefore, experience can be good reinforcer at this point (Yılmaz, 2015). Lastly, this highlights the importance of experience in long-term learning.

The most significant principle of EL is that learning occurs as a result of the experiences gained. In a word, it emphasizes the experiences during the learning process. Therefore, learning is not a result, but a process that provides the structuring of knowledge. Experiential learning is a cycle of four stages and progresses by including different appropriate methods and activities at each stage. At this point, the aim of experiential learning is to achieve efficient and perdurable learning and to minimize individual differences between students (Kolb, 1984). Learning styles are also an important part of EL and it refers to the activities and methods appropriate to the style learned by the individual should be used. However, the prominent one at this point is to create a learning environment according to the characteristics of individuals' learning styles. Learning styles, on the other hand, reveal the weaknesses and strengths of the people and foresee the construction of the learning environment in the most efficient way (Evin Gencel, 2008).

Smith and Kolb (1996) have defined EL as a cyclical and recurring process consisting of four stages: concrete experience, reflective observation, abstract conceptualization and active experimentation. The cycle begins with a concrete experience and refers to the first point where the individual encounters experience first. It is the awareness stage that occurs due to internal reactions through the experiences of the person. It is the occurrence of emotions such as curiosity and excitement when a situation or event is encountered (Kolb et al. 1999). Learners need to be involved and various examples from different perspectives in the concrete experience stage. Herein, subjects related to daily life, case studies and drama activities are included in the process for students. The reflective observation stage involves discussing the issues related to the knowledge and experiences gained in the concrete experience stage with different perspectives, detailed examination and understanding in mind. At this stage, learners reason about possible solutions, especially focusing on the problem and its critical solution (Kolb et al. 1999). The abstract conceptualization phase emphasizes thinking through learning and regular presentation of information. In the end, concrete experiences are abstracted in the mind and ideas are filtered logically. Learning occurs through concrete experiences and abstract conceptualization. At this stage, learners should learn the theoretical knowledge in a way to establish a relationship in depth. In the last phase of the cycle, learners have reached the point of transferring and applying them to new situations after abstractly conceptualizing the experiences they have acquired through concrete experience in the active experimentation process. Therefore, being active and performing various applications is an important point that makes this stage successful. EL theory consists of these four stages, which occur sequentially and continuously, and it is an effective alternative for learners to learn permanently. As a sum, with regard to EL, learning is the process by which knowledge is created through the transformation of experience within those four stages.

EL is handled with different fields and topics such as students' academic achievements in various disciplines such as social studies, physics education, biology, and geography. In these studies, EL mostly measured the academic achievements and attitudes of students through various experiences and activities. (Alemdağ & Öncü, 2015; Evin Gencel, 2008; Johns, 1999; Kılıç, 2002; Nichols, 2003). Besides those, there are some studies that approach EL and learning styles (Alemdağ & Öncü, 2015; Evin Gencel, 2007; Kılıç, 2002; Özgür, 2013). Also, web-based studies highlight effective characteristics such as technologies, design education, attitude, behavior and interest (Ertürk & Şahin, 2019; Nichols, 2003; Üst et al., 2017) and, out of school EL study has been conducted with teachers (Okur, 2012; Taşçı et al., 2021). Furthermore, since learning styles are theorized together with experiential learning, it is seen that studies deal with mathematics teaching and learning styles together (Bilgin & Durmuş, 2003; Ertekin, 2005; Peker, 2005; Şentürk, 2010; Yenilmez & Çakır, 2005). In those studies, in-service/pre-service teachers or students participated and researchers mainly focused on participants' achievements, their learning styles, and the relationship between them with no interference. However, we could not find any study in the literature that combines real-life situations, which form the core of EL and MM with primary school students. As a result, it is deemed significant for mathematics education and we decided to conduct such research. Additionally, concrete experience, reflective observation, abstract conceptualization and active experimentation that constitute the components of EL stress the basic notion of MM. In other words, we attempt to draw attention to usefulness of these two theories and match them effectively for mathematics education.

Mathematical Modeling

Mathematical modeling is a tool that allows students to think creatively and flexibly while trying to solve the problems they encounter and prepares students to solve real-life problems (English, 2006; Lesh & Doerr, 2003). In other words, mathematical modeling (MM) can be defined as associating real life with mathematical problems. Emphasis on MM in the mathematics curriculum is to raise students who can use the vision of the program, mathematics as required, establish a relationship between real-life problems and mathematics, produce various solutions to the problems they encounter and have skills such as reasoning and metacognitive thinking (MoNE, 2018). MM includes a modeling process consisting of successive phases. There are many theoretical models for defining the modeling process (e.g., Blum & Leiß, 2007; Ferri, 2006; Galbraith & Stillman, 2006; Lesh & Doerr, 2003; Maaß, 2006). In this current research, the problem and application process was created within the framework of the 7 stage modeling process perspective, which was accepted as a general approach and used by most researchers. In general, the following stages are mentioned in the definition of this process; (1) understanding a real-world situation; (2) simplifying the real-world situation to obtain a real-world model; (3) mathematizing the real-world model, i.e., devising a plan for solving the problem by translating the real-world model into a mathematical model; (4) applying mathematical routines and processes; (5) interpreting the mathematical solution by verifying that the problem accords with reality; (6) validating the results of the previous stage, i.e., checking the adequacy of the results and repeating certain stages or even the entire modeling process if necessary; and (7) presenting the results of the modeling cycle. (Blum & Leiß, 2007; Borromeo Ferri, 2006).

It is worth mentioning about modeling competencies that students should have to complete the modeling process successfully. Modeling competencies generally cover the skills, knowledge, willingness to perform and metacognitive skills to complete the process (Maaß, 2006). The MM process and competencies are closely related to EL as the students are active, the process has a structure that progresses with the experiences of the students and performs all these in connection with daily life. Since it is necessary to have competencies to complete the modeling process, the theoretical models that constitute the modeling process are based on defining these competencies. Each stage of the MM process developed by Maaß (2006) corresponds to five basic competencies: (1) to understand the real problem and to set up a model based on reality, (2) to set up a mathematical model from the real model, (3) to solve mathematical questions within this mathematical model, (4) to interpret mathematical results in a real situation (5) to validate the solution (Maaß, 2006). In addition to the theoretical competencies, other qualifications must be possessed for modeling, such as metacognitive competencies, the ability to work toward a goal, to defend the solutions with evidence and to express this defense in writing, and to have a positive attitude toward modeling problems. In short, it is critical to have metacognitive, social and affective skills as well as the theoretical skills required to complete the modeling process efficiently (Erbaş et al. 2016).

In the mathematical modeling process, researchers mainly focus on the mathematical modeling and mental modeling processes as we do in this research. Mental modeling is one of the most important concepts to be considered by students. It includes the perceptions formed because of our actions in real life and it means to creating a conceptual model by coding these perceptions (Hestenes, 2006). Within the scope of mental models, it is aimed to analyze the mental perceptions that emerge during the modeling process and transform them into an understandable structure. Additionally, mental actions such as abstraction, generalization and representation are included to support the development of mathematical thinking throughout the modeling process. Abstraction is the main element of EL theory as well. The mathematical results that we asked as a second question of the current research are deemed to arithmetical and mathematical operations. As a whole modeling process, we addressed the mental modeling and then mathematical modeling right after in the scope of area and perimeter topics.

Association of EL & MM

It is necessary to create an environment with the real-world context in which students can develop their own mathematical knowledge and models since students cannot mentally process the mathematical knowledge and models taught to them in the traditional way. The modeling approach introduced by Realistic Mathematics Education (Gravemeijer & Stephan, 2002) can be seen as a modeling approach with this perspective. From this perspective, modeling is the process of organizing and reorganizing real-life situations and the mathematical knowledge and thinking used to analyze them (Erbaş et al., 2014), and understanding by connecting new concepts to experientially real contexts (Herbert & Pierce, 2008). Van Den Heuvel-Panhuizen (2003) asserted that one should address mathematics as a human activity rather than a topic that is conveyed from one to another and addressed that the basis of mathematical modeling is the understanding of realistic mathematics education. In the context of mathematical modeling and RME, which is its conceptual basis, it includes a process in which students struggle to solve real-life problems and develop themselves in line with this purpose (Lesh & Doerr, 2003). During this process, the student develops the skills of mathematizing, defining and solving real-life problems and using the model he has created to solve other problems. First, a model covers real problem situations in terms of students in an experiential structure and supports students' informal solutions in accordance with the solution proposals for this situation. In other words, as students gain experience in solution strategies, the determination of the model-based strategy depends on the mathematical structure of the problem (Gravemeijer, 1994; Treffers, 1991).

The real-life contexts in which math problems are adapted in RME should be so realistic that students can take action in an experiential learning environment (Gravemeijer & Doorman, 1999). According to Hamdani (2011), one of the teaching materials that can be used is the experiential learning-based teaching material in Mathematics. EL stimulates the students in their activities to think, explore, ask, make a decision, and apply what they have learned. EL-based teaching material uses a student-centered approach that is based on the underlying principle that people learn best from the experience. This agrees with the research carried out by Llewellyn and Frame (2012) which states that EL is designed to provide a comprehensive learning experience. Besides, since EL requires learning by experiencing events and phenomena, we cannot separate mathematics education from it. For this reason, it is important to consider modeling together with experience (Rukayah & Mintasih, 2019). Ultimately, we can easily remark that the point that associates MM and EL is RME.

To put it more clearly, the stages of EL and MM correspond to each other. With the real life problem phase of concrete experience phase modeling; reflective observation stage with the model stage formed in the student's mind about the real problem; abstract conceptualization stage with real and mathematical model stages; Finally, the active experience stage is related to the mathematical and real results stages. And these statements may enlighten questions such as “Why are we doing this assignment? What is its purpose and will I ever use it in real life?" (Daugherty, 2006). In both modeling and EL, problem solving, brainstorming, representations, visuals, individual studies come to the fore. Apart from these, methods such as collaborative learning, discussion, group work are also important for EL and modeling, but these will be explained as limitations in this research. If we focus on the fact that modeling consists of real life problems, we can explain this relationship more clearly. Mathematical modeling is a process and an effective material that sets out from real life situations and requires the student to find a solution to a real problem (Neunzert & Rosenberger 1991). The effective teaching material will help the students’ experience in learning activities; therefore, mathematics learning is more meaningful and results in improved student cognitive ability. Thanks to the skills they have developed, students can analyze a problem situation and determine the appropriate solution for it. Additionally, they can test and evaluate the suitability of this solution in a real-life context. The most critical point here is the realization of this process with student experiences. (Mousoulides et al., 2008). Considering its characteristics, modeling activities make it easier for the teacher to observe the student through the role of a guide in the lesson and for the student to build their knowledge with their own experiences (Schorr & Koellner Clark, 2003).

This study was designed as an active learning model for the MM solution process based on the EL model. The most essential reason for considering modeling and EL together is that MM activities consist of real life problems and allow students to learn experientially. At this point, the results of research on RME, which is the common point of EL and MM, reveal the importance of real life situations and learning by experience (Cobb et al. 2008; Fauzan et al. 2002; Gravemeijer, 1994; Laurens et al. 2017; Mulbar & Zaki, 2018; Riyanto & Putri, 2017; Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2020 Verschaffel & De Corte, 1997; Wubbels et al. 1997) and these are considered evidence that forms the basis of research. We aim to evaluate the mathematical modeling activity on perimeter and area topics of 4th-grade students within the framework of the EL theory. Perimeter and area calculation issues, which most teachers teach based only on the formula, are special subjects that should be made meaningful to students. These two topics are confusing for students mostly and it is also thought that teaching these subjects within EL might increase their comprehension and include long-term learning. (Chappell & Thompson, 1999; Divrik & Pilten, 2021; Jirotková et al. 2019; Tan Sisman & Aksu, 2016; Yeo, 2008). Due to these views, it was deemed appropriate to address the area and perimeter issues in the study.

It has been proven that EL improves students' mathematical thinking skills, achievement and creativity, increases mathematics knowledge and interest and motivation, and has a positive effect on out-of-school learning (Chesimet et al. 2016; Eaton, 2010; Jarvis & Pell, 2005; Jose et al. 2017; Parker & Gerber, 2000; Ramey-Gassert et al. 1994; Stake & Mares, 2001; Weinberg et al. 2011). However, no such study that focused on area and perimeter within the scope of the MM and EL models together was found in the literature. This study will fill this gap in the literature and serves as an example for educators and researchers of the combination of EL and MM together. Additionally, it is thought that the use of MM and EL processes in mathematics lessons will widespread and will contribute to the mathematics program. Since mathematics has an abstract and hypothetical structure, it is critical for primary school students to make sense of mathematical concepts. For this reason, teaching these topics with alternative methods such as MM, considering the constructivist approach, can support the learning processes of the students. To solve this problem, it is thought that we can be more successful in mathematics if students can study mathematics in environments where they are active and can experience their learning. For this reason, we expect to include more such applications that offer active experience in learning in our programs. In this study, we demonstrated students' ability to perform modeling activities on space and environment issues based on experiential learning theory. Inspired by this research, examining various subjects and concepts will make it possible to consider two different perspectives in mathematics education together. This is the most important contribution of this research to the literature.

For the reasons explained above, considering the MM and EL approaches together will facilitate the implementation of MM as an approach consisting of a deeper perspective and experience. According to Kolb, although learning is led by stages of knowledge, it does not result in a learning outcome. For learning to occur, the experience must be acquired and applied to new situations. We emphasize the necessity of considering these two approaches together since mathematical modeling is a process that accelerates our transfer of real-life experiences to mathematics and thus the realization of learning. It is also expected that the study will bring a new perspective to various problem solving methods and theories, especially MM, and thus contribute to studies that combine experiential learning with mathematics. Specifically, the research question we addressed is as follows:

1. How are the mental models of the participants for area and perimeter?
2. How are the mathematical models of the participants about area and perimeter?
3. What are the mathematical results of the participants about the perimeter and area?
4. What are the views of the participants about the processes?

Method

In this part of the research, explanations about the research method, information about the participant group, data collection process and tools, and data analysis are given.

Research Model

In the current study, the modeling activity of primary school 4th grade students was evaluated as a case study model which is one of the qualitative research designs. The case study is used in cases when there is less researcher intervention based on the questions of "how" and "why" and the situation under consideration is a current phenomenon in the context of real life (Yin, 2003). The case study method was preferred since it is aimed to examine the cognitive and emotional experiences of the students during the MM process within the framework of experiential learning, and how these experiences affect students' learning.

Participants

The study group consists of students who have just started 4th grade in a public school in Istanbul. The research was conducted in the 2019-2020 academic year with the participation of 13 students, 6 boys and 7 girls. The criterion sampling method, one of the purposeful sampling methods was used since it is composed of persons, events, objects, or situations with specified characteristics of the research (Büyüköztürk et al. 2014). The reason for choosing the fourth-grade students is that the achievements in perimeter and area subjects are located at this level. The criterion was that the participants have not learned to calculate perimeter and area with a unit square and that they get 32 or more scores from the metacognitive awareness inventory applied in the first step. The scale was randomly applied to 78 fourth-grade students and 13 of them continued until the end of the research. Students knew what the perimeter and area were but they did not know how to measure the perimeter and area with the unit square. Since the researchers have focused on teaching these subjects in this study, this criterion was also considered. It is assumed that primary school children cannot develop their models and meaning-making systems to deal with complex situations, and MM is considered more suitable for secondary school (English, 2010). For this reason, students with a high level of metacognitive awareness were included in the study since they were at a level to comprehend modeling problems and activities. Furthermore, one only has to examine the papers of the 14th ICMI Study on mathematical modeling and practices (Blum et al., 2007) to see the unsatisfactory reference to mathematical modeling in the primary school years, despite a few authors' pleas to *"take mathematical modeling seriously... at the elementary school-level"* (Greer et al., 2007).

Data Collection Tools

A digital story (see appendix), modeling evaluation rubric, observation and semi-structured interview forms developed by the researchers were used as data collection tools. Besides, Metacognitive Awareness Inventory was used to determine the participants. The scale was developed in two forms, and the A form, which is suitable for the primary school level, was operated (Karakelle & Saraç, 2007; Sperling et al. 2002). The scale was developed to measure metacognitive skills in 3rd and 9th grade students. The scale is marked on a Likert-type scale ranging from Always (3), Sometimes (2), Never (1) for each item, in accordance with 3rd, 4th, and 5th grade students. To determine the reliability of the scale, test-retest method was used every three weeks. The correlation value was found to be 0.74 ($N = 356$, $p < 0.1$) and the Cronbach alpha value was calculated as 0.64.

Research Process

This study taken place in the second semester of 2020 academic year. The first step of the research is the application of the Metacognitive Awareness Inventory and the determination of the participants. Before this, a pilot study was conducted using the digital story and application of the inventory. The story was sent to the students who did not participate in this study to ensure that the statements and questions on the scale were understandable. All processes were handled with five students and some parts of the story that create meaning confusion were erased. For example, the most challenging part was the construction of the problem situation for us. Therefore we really paid attention to student problem solving in the activity. We also changed some parts of it after the pilot study to set an example numbers on the story, the magnitude of the area. We also realized that students had some difficulties understanding the idea in the story. And we decided to make it a little bit easier to make them understand well. A week later, we conducted a real study. The goal was to complete the process in two consecutive days for 6 hours. Teaching perimeter and area with unit squares on the first day; the solution to the problem in the story occurred on the second day. At the end of the first day, students were asked to draw a square area of 30x30 unit squares on a blank page in their math notebook and keep it with them as they will use it the next day. The whole process was carried out online via Zoom. No direct guidance was provided for solving the problem. During the entire process, even while solving the problem, the cameras and voices of the students were open so that researchers interfere and make the explanation at any time that students needed.

For the modeling activity, the digital story developed by the researchers and a problem embedded in this story was used. The digital story emphasized the perimeter and area issues in which students generally have misconceptions. After the researchers created a digital story, the suitability of the problem situation for modeling and EL was evaluated by taking the opinions of academic members who are experts in the field of mathematics. Additionally, the modeling studies (Biber & Özdemir, 2015; Blum & Niss, 1991; Chamberlin, 2013; English & Watters, 2005; Lesh et al. 2000) were discussed in various articles in the literature and the modeling problems in them were examined and the problem situation in this research was formed. From general perspective, a problem was created that allows experience in the EL framework. The problem is in accordance with the six principles that were defined as the requirements of the modeling activity, according to Lesh et al. (2000). Those are: 1) a model can be created, defined, explained and controlled by students structurally 2) It includes a problem situation related to real life so that students can make sense of the problem by making use of their own knowledge and experience. 3) It should be appropriate criteria for students to evaluate their answers and decide on the solution. 4) It allows students to report their answers to the problem and reveal their thoughts through mathematical relations and operations. 6) Finally, the mathematical model developed as a product of the modeling activity should structurally be meaningful and simple in such a way that it can be adapted to similar situations. Using realistic problems in MM activities is one of the most important criteria. Since EL expects working in situations that can be experienced, it becomes prominent to use a realistic and daily life problem situations in the research. For this reason, attention was paid to the connection of the story created with daily life, and a context suitable for the current pandemic process was tried to be created. At the end of the activity, 10-minute long interviews were made with each student. The interview form consists of questions about how the students felt during the study, in which part they had difficulties and what the difference is from previous mathematics lessons. The activities were created gradually by the EL process. All of the participation in the concrete experience process was considered, the problem situation was linked to daily life and lessons were taught with various techniques. These daily life experiences are also a broad element of EL and fit together with modeling. The digital story prepared through Storyjumper.com is linked to daily life and emphasizes the pandemic idea experienced by the entire world over the last couple of months. Before starting the story, questions such as social distance and the infectiousness of the virus were used to create a sense of curiosity and familiarity with the plot. Following the reflective observation stage, the problem described in the digital story was considered, reasoned and solved. At this stage, students have focused on generating ideas on possible solutions and continued this by listening to and discussing answers. The thoughts put forward were processed based on an abstract conceptualization. The role of the teacher is to describe the activity while the students perform. Creative work involves a certain amount of pre-existing domain knowledge and its transformation into new knowledge (Naikakoji et al., 1999). It is the stage of evaluating and explaining students' problem solutions. The role of the teacher is to promote an atmosphere of acceptance of individual participants and diverse thinking. The data obtained from each student and the methods they used to get the result was analyzed by the researchers with a rubric. As a result, solutions are discussed with the whole class and inferences are made about the perimeter and area. In the active experimentation phase, which is the last process of EL and a part of the modeling process, students have applied the knowledge they have learned in new situations using digital learning tools. EL and modeling activities can mesh together since both pioneer the experience and real life situations. Though they both have different processes and stages and EL is broader than modeling, there is no obstacle for them to take altogether. This research is an example of this.

Educational games on perimeter and area subjects were practiced on Interactivesites.weebly.com and Phet.colorado.edu educational sites. Educational games on the specified websites were presented to students as tasks, considering the fourth grade achievements. By giving each student the right to speak and to practice, various shapes were created in the unit squares in the websites and their perimeter and areas were calculated. Both links were sent to the parents of the students, and the parents were asked to solve a few examples for the children until the next day's session.

At the end of the two sessions processed with the digital story, the evaluation rubric shown in Table 1 was created by the researchers.

Table 1
Problem-solving evaluation rubric

Criterion	0 score	1 score	2 scores	3 scores
Penguin species choice reason	No answer	Wrong reason and partly correct species choice	Wrong reason and correct species choice	Correct reason and correct species choice
Penguin nest drawing types	No answer	Modeling with assumptions not suitable for the problem	Modeling with assumptions is partly suitable for the problem	Modeling with assumptions totally suitable for the problem
A nest's perimeter measurement	No answer	Wrong solution	Correct solution and insufficient explanation	Correct solution and sufficient explanation
A nest's area measurement	No answer	Wrong solution	Correct solution and insufficient explanation.	Correct solution and sufficient explanation

The rubric developed by the researchers consists of four themes. These themes were determined to meet the MM stages. For the first step of mathematical modeling, the digital story used in the real-life problem application process was embedded. The model formed in the student's mind about the second stage, the real problem, corresponds to the first theme in the rubric. The third (real model) and fourth (mathematical model) stages of the modeling process correspond to the second theme determined for the rubric. Finally, the last two themes seen in the rubric were determined to correspond to the mathematical results, which is the fifth stage of modeling. To determine the level of these modeling stages in the students during the process, the activities and operations performed by the students were scored from 0 to 3 according to the criteria specified in the table above. The first two of the four assessment criteria in the rubric were conducted following the modeling and the last two were conducted by the modeling and EL base as well. Thus, both the modeling activities and experiential responses of the students were analyzed. Online interviews were made with each student individually at the end of the activity. Every single interview took about 10-15 min and it is considered that none of the students affected each other. We asked, how did you feel while practicing the activity? In which parts did you have some difficulty? The purpose of the interview was to reveal the affective attitudes of the students regarding the process. Besides, both researchers made observations in all lessons and phases.

Ethical Committee Approval

This research was conducted with the permission of Kocaeli University Social and Human Sciences Ethics Committee, dated 30.09.2020 and numbered 10017888-199/.

Data Analysis

The data were analyzed by two researchers separately. Researchers have received support from an instructor who was not involved in the current research so that the evaluation has been fulfilled objectively. The researchers acknowledged the most accurate evaluation by comparing the analysis results they obtained. However, the answers stated at the end of the interview were analyzed with descriptive analysis. Descriptive analysis is the type of analysis in which the obtained data are taken without modification. The analysis process is completed with the stage of creating a frame, processing the data according to the thematic framework, defining the data and finally interpreting it (Altunışık et al. 2010). As a result of the rubric evaluation, the scores of each participant were revealed and the results were examined in detail. In addition to this, the observations made by the researchers throughout the process were brought together. Important observations and worth explaining are also presented in the findings section.

Some techniques such as triangulation, expert evaluation, long-term data collection, supervision permission from the participants, repeated questioning, reflective interpretation, and voluntary participation can be used in the research to increase the validity and reliability (Creswell & Miller, 2000; Patton, 2002). The data of this research were collected for about six hours, and a continuous comparison effort was made while collecting the data. We tried to obtain detailed information about the situations by using more than one data collection tool, which we used in this research interview modeling task and observation. Plus those, we also used the inventory to select the students. The results obtained were read twice by both researchers to reach the most accurate categories. Miles and Huberman (1994) suggested that the inter-coder reliability ratio can be calculated by dividing the number of agreed codes by the total number of agreed and disagreed codes. In this study, the percentage of agreement between researchers was determined as 86%.In cases where an agreement could not be provided, expert opinions were consulted and accepted. The answers given by the participants in the questionnaires are shown in the findings with tabulations or direct quotations.

The results of the research were also shared with the participants. Thus, the students saw where they went wrong. In this regard, apart from the research process, a zoom meeting was held with the researchers and teacher regarding the answers to the students. By going through wrong and correct answers, students were supported to express their opinions on their own and their friends' answers. Simultaneously, a summary of the digital story website and its content used in the research was made in this meeting. A supportive speech was made about the students' ability to use it themselves. Additionally, a pilot study was conducted to predict the problems that may be experienced in the implementation process before the study and to increase the reliability of the study by testing the mathematical modeling efficiency. As a result, it has been attempted to ensure validity and reliability by emphasizing important factors such as the fact that the data reflect the truth and consistency with each other.

Findings

In this section, the answers created by the students are evaluated and summarized in tables. The first and second sub-problems are generally related to the modeling, the third and fourth sub-problems are based on EL.

Findings on the First Sub-Problem

The first question was about which species of penguin the students chose to conclude the problem in the digital story. The results regarding this question are shown in Table 2.

Table 2
Descriptive analysis related to mental modeling

Participants	Scores
S1	1
S2	3
S3	1
S4	3
S5	3
S6	2
S7	3
S8	3

(continued)

Table 2 (continued)

S9	2
S10	3
S11	3
S12	1
S13	1
Total	29

The correct choice of penguins in the study is the Macaroni penguins that allow them to place more nests in the designated area because their nests take up less space. We expected that the students had right reason to choose the right species. It might show that they can perform the first step of mathematical modeling by choosing the most appropriate one. According to Table 2, more than half of the students got 3 points, which means they chose the right penguin for the correct reason. Four students got one point, they chose one but with the wrong reason and partially correct species, the King penguin. Two students chose macaroni penguin as the correct species but the wrong reason. Those students claim that macaroni penguin might be chosen because their mothers say so or because they are small they need more nests than others need. The other one, the Emperor, has not been selected by any students.

According to these results, although more than half of the students gave the correct answer, it can be concluded that a result below the expectations was obtained. In the observations that were made during the course, it was thought that most of the students could choose the right answer, and the fact that there were students who made the wrong choice as a result can be considered an indication that the problem situation was not clearly understood. Additionally, at this mental modeling stage of mathematical modeling, students were expected to express the model formed in their minds as a verbal model, therefore, it is seen that students have difficulties expressing their mental models verbally. Knowing that during the mathematical modeling process, students first have difficulty expressing the real life problem with a verbal model that will define it clearly (Kapur, 1988) explains this situation.

Findings on the Second Sub-Problem

In the second sub problem, modeling activity related to the solution of the first problem was evaluated. After choosing one of the penguin species in the story, the students drew nests in the area determined as 30x30, considering the information about the penguins they chose. At this stage, it was evaluated how the students drew the penguin nests they chose most effectively, considering their criteria. We wondered how students reasoned about the area and criteria in the story. Besides this, we approached what is the mathematical knowledge of the students and what kind of conceptual problems are behind the mistakes made. The results are shown in Table 3.

Table 3
Descriptive Analysis related to Mathematical Modeling

Participants	Scores
S1	1
S2	3
S3	1
S4	2
S5	2
S6	1
S7	2
S8	3
S9	3
S10	3
S11	3
S12	2
S13	2
Total	28

The second sub-problem of the study is to create nests suitable for the criteria of the selected penguin genus in the 30x30 area. Five students were able to create a model for the situation that was completely appropriate for the problem. While five students created a model with a situation partially suitable for the problem, three students created a model with assumptions that were not suitable for the problem. The expected result suitable for the problem is the most efficient use of the entire area of 30x30. The data and hints that students will have used in the problem were given to the students within the scope of the information about the problem. For this reason, it is an important result that students can apply the most appropriate shape and optimization. Examples of this are shown in Figure 1, 2, 3 and 4.

The models are shown in Figure 1 and 2 were the examples that got the highest score, used the area most efficiently and were prepared in accordance with the criteria

Figure 1
Example drawn by S10

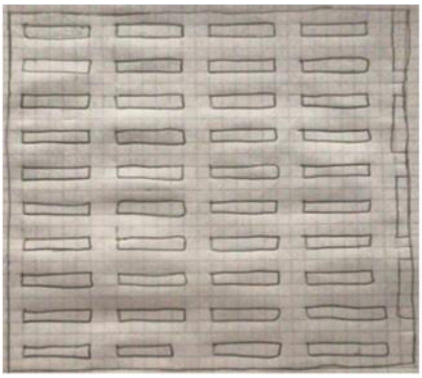
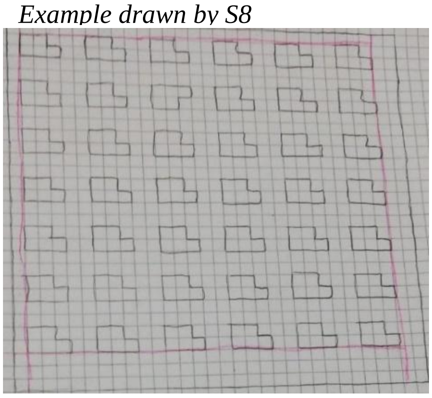


Figure 2
Example drawn by S8



specified in the problem. As stated in the problem, S8 and S10 left two units of square space between each nest and tried drawing as many penguin nests as possible. Especially in the modeling drawing made by S8, it was seen that the area at the right side was used effectively, just like a different shape was used in the modeling drawing made by S10. As a result, both students got full points

Figure 3
Example drawn by S4

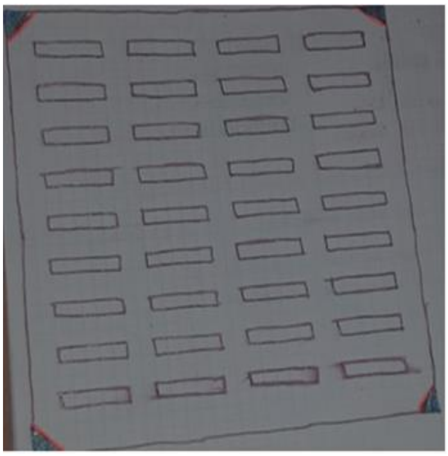
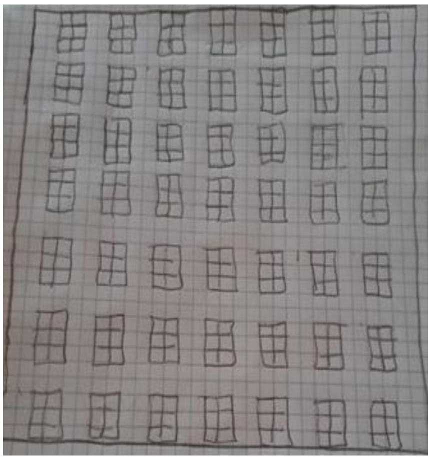


Figure 4
Example drawn by S1



In Figure 3 and 4, two unit squares that should be between each slot are ignored and the area was not used efficiently. In the drawing of S4 shown in Figure 3, it was seen that the student chose the right penguin species, but did not use the area efficiently and therefore fitted fewer nests on it. In the drawing of S1 shown in Figure 4, it was seen that the student both chose the wrong species and ignored the criteria of the problem. Therefore, S4 got two points and S1 got one point. As a result of the observations made in this process, it should be said that the students who created these two models worked more carefully and meticulously than the other students. It was remarkable that most students came to a conclusion by trial and error method.

Findings on the Third Sub-Problem

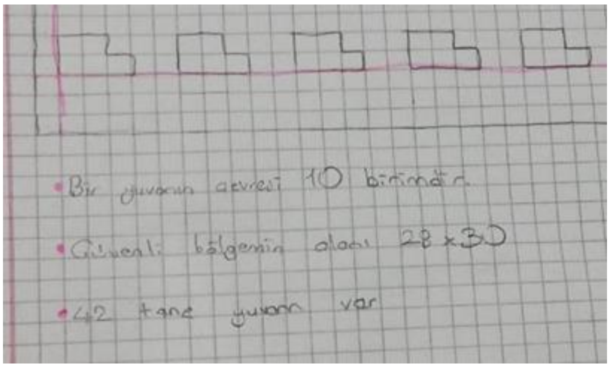
In the third and fourth stages of the research, it was aimed to evaluate the students' knowledge about the perimeter and area calculation using unit squares. At these stages, students should pay attention to the fact that the size of one side of a unit square is 20 cm and measure it accordingly. Findings of perimeter measurement were shown in Table 4.

Table 4
Descriptive analysis related to mathematical results (perimeter)

Participants	Scores
S1	0
S2	2
S3	1
S4	3
S5	3
S6	2
S7	3
S8	1
S9	3
S10	3
S11	2
S12	2
S13	2
Total	26

According to Table 4, five students were able to calculate the perimeter of the nests they had created by getting full points and made the correct explanation with the correct solution. Five students were able to measure the perimeter, but it was observed that they ignored the fact that one side of a unit square was 20 cm. For this reason, these students were given 2 points. While two students calculated completely wrong, one student did not make any solution. Below is an example shown in Figure 5 and sample dialog of the student's calculation:

Figure 5
A section of the student's answers



Researcher: "Can you calculate the perimeter of a nest you drew?"

S11: "Yes, teacher (calculates) 10 units."

Researcher: "How did you calculate it?"

S11: "Starting from one corner of the slot, I counted the edges and calculated 10 units." (Wrote in her notebook)

Researcher: "So did you think of one side of the unit square as 1 unit?"

S11: "Yes teacher, I counted it as 1 unit, I did it wrong.."

Researcher: "We said in the story that unit squares in the safe zone have 20 units per side, remember?"

S11: "I remember it now, but I didn't think while calculating it. It slipped out of my mind because I wanted to calculate it as soon as possible."

Researcher: "Well, now I want you to calculate it by thinking that one side is 20 units. What can be the easiest way to calculate it?"

S11: "When I think of it as 1 unit, I have calculated 10 units. So now, I can multiply 10 by 20 because one side is now 20 units. That way, it's easy."

Researcher: "Then what did you calculate the perimeter of a nest?"

S11: "200 units."

As can be seen in the above dialog, the student made the perimeter measurement of a nest technically correct. However, she did not use the information that one side of the unit squares in the safe zone consists of 20 units while calculating. After the student finished the process and decided on the perimeter of the nest, the researcher reminded her once again. Using this reminder, the student ultimately reached the correct result by following a practical way. According to the observations, it was seen that students had no big difficulty calculating the perimeter. They even did not use the trial and error method to get the conclusion. It was obvious that they knew what they needed to know to calculate the perimeter, even if some of them ignored the unit size.

The fact that the students can make the calculations of the perimeter mostly correct may show that they are exposed to real life experiences based on finding the perimeter and that they can solve the problem by internalizing it. The fact that they do the calculations as one, without paying attention to the unit edge, gives us the right to make inferences about the types of information they experience in their real life. According to EL, learning occurs through concrete experiences and abstract conceptualization. Therefore, learners need to learn the theoretical knowledge in a way to build a relationship in depth. In the last phase of the cycle, learners have reached the point of transferring and applying them to new situations. We can deduce that the concept perimeter is well-built in the students' minds and it enables them to solve the referring problems in the correct way.

Findings on the Fourth Sub-Problem

In the last phase of the research, which was evaluated with rubrics, it was aimed to measure the students' knowledge about the unit squares and area subjects. Findings on area measurement were shown in Table 5.

Table 5
Descriptive analysis related to mathematical results (area)

Participants	Scores
S1	0
S2	2
S3	1
S4	1
S5	1
S6	1
S7	1
S8	1
S9	2
S10	2
S11	3
S12	0
S13	0
Total	16

According to Table 5, only one student answered the area calculation completely correctly, while three students ignored the fact that the length of one side of a unit square was 20 cm. Six students who consisted of the majority measured it completely wrong, while three students didn't respond at all. It has been observed that arithmetic skills come to the fore in children working in the mathematical results stage of modeling. Although we observed that the students did not have major problems in arithmetic in general, ignoring the important points in the problem situation led them to the wrong conclusion. The first phase of EL, concrete experience is the awareness stage that occurs due to internal reactions through the experiences of the person. Plus this, abstract conceptualization phase emphasizes thinking through learning and regular presentation of information. Learning occurs through concrete experiences and abstract conceptualization. At this stage, learners should learn the theoretical knowledge in a way to establish a relationship. According to this, it may be due to the lack of experience of the students in their daily lives about the concept of area. And therefore the wrong or incomplete positioning of the concept of area in their minds and therefore their inability to deepen the knowledge.

Findings on the Fifth Sub-Problem

Finally, short interviews were conducted to receive students' views regarding the process. The questions asked in these interviews were about how students felt during the activity and which part they had challenges in. The result is shown in Table 6.

Table 6
Opinions on the activity

Opinions of the participants	The number of participants
Enjoy the activities	11
Find it a bit difficult	2

Most students stated that they enjoyed the activity, had fun and would like to do such activities again in the future. Only two students stated that they had a little difficulty. The dialogues between the student and the researcher regarding this were as follows:

Researcher: "How did you feel while practicing the activity?"

S12: "I was never bored but had a little difficulty."

Researcher: "In which parts did you have difficulty?"

S12: "The part about 20 units."

Researcher: "Did you find it difficult to calculate the area or the perimeter?"

S12: "The perimeter. I think it would have been easier if it wasn't 20."

Dialog with another student:

Researcher: "In which part did you have more difficulty?"

S8: "Fitting the nests was a bit difficult and complicated."

Researcher: "When I looked at your results, I saw that you could do it. You had a hard time but still did it. Well done!"

S8: "Yes, but it was really a bit complicated."

As seen in the examples above, the students stated that they liked the activity. However, the findings showed that the unit square confused the meaning and that the students generally ignored the fact that one side of the unit square was 20 cm. Another student stated that he had difficulty fitting the nests. Fitting the nests and placing them within the designated area was one of the thought-provoking parts of the problem. Apart from these, a few examples from students' statements were:

S9: "I think I understood better than the other math classes."

S2: "I felt that I could learn the subject."

S4: “I didn't know much about the perimeter before, now I have learned better.”

As a result, it was stated that the students enjoyed the activity.

Discussion, Conclusion and Suggestions

In this study, it was aimed to evaluate the fourth-grade students’ MM process in the context of the EL model. The data obtained from the research were evaluated on the basis of modeling and EL. From a broad perspective, it is seen that the results are promising and positive for students. EL improves students' mathematical thinking and reasoning skills, academic achievement, creativity; increases interest and motivation with mathematics knowledge and positively affects distance learning (Chesimet et al. 2016; Eaton, 2010; Jarvis & Pell, 2005; Jose et al. 2017; Newsome, Wardlow & Johnson, 2005; Parker & Gerber, 2000; ; Ramey-Gassert et al. 1994; Stake & Mares, 2001; Weinberg et al. 2011). Based on some of the results of this research, we can say that the results of our research are also similar. We have reached results such as knowing that students have difficulties in some concepts, knowing where and why they think about reasoning and their motivations improved.

The first problem of the research was to reveal the mental modeling situations of the participants. Aiming to measure this situation, "Do Viruses Infect Penguins?" It was aimed to choose a penguin species to solve the problem stated at the end of the story. The correct choice of penguins in the study is the Macaroni penguins that allow them to place more nests in the designated area because their nests take up less area. The results showed that many participants chose the correct species. However, it was seen that the total number of those who chose the Macaroni species and those who chose the King penguins for an invalid reason was six. Since the main goal of mathematics education is the mathematization of the child’s thinking, thought and pursuing assumptions to logical conclusions is central to the mathematical enterprise (Pooja, 2012). As for EL, it asserts that the acquisition of skills and construction of knowledge by the learners is a direct result of experience. The learner can elect and participate in experiences (Atherton, 2009). Considering that 13 students participated in the study, this was not a number to be underestimated. As with all criteria in the rubric, the highest score that should be obtained in this criterion was 39, while the score received by the participants was 29. Although this result was the highest score compared to the other results, it was lower than expected. One explanation for this situation was that the students did not have mathematical modeling experience and therefore they were not used to the idea of assumptions and that they might have had trouble figuring out their assumptions for the solution of the problem. Also, when mathematical concepts, rules and principles are perceived independently from each other, it is very difficult to bring the necessary direction into functional memory while studying Mathematics (Boz, 2008). Considering this situation; since the maximum nest placement rule is given in the problem and principle that the Macaroni penguin occupies the least area are perceived independently of each other, it is concluded that students have difficulty choosing the appropriate penguin species for a valid reason. In parallel with this result, it was stated that students had difficulty in understanding and applying the data presented in different representations (English & Watters, 2004; Hwang, et al., 2007; Santa et al. 2019). This result, as in other results, may be due to the lack of experience of the students in these subjects. The child, who has the subtle knowledge and concepts acquired in experiential learning, tests this new knowledge in the fourth stage of the cycle, which is the active application step (Kolb, 1984). When we look at the results of this research, we see that students generally have difficulties adapting their experiences to new situations. Considering that the stages of observation and practice in experiential learning represent the use of various behaviors by transferring them to later situations (Çakıcı, Alver & Ada; 2006), it would not be wrong to emphasize the lack of students' ability to use appropriate representations. Similarly, in mathematical modeling, the student's difficulties in adapting the model she created during the process to a real life problem in the next stages, and in using the model she created in another problem situation, can explain this result.

Secondly, the students were asked to build penguin nests consisting of unit squares in an area of 30x30 for the penguins they chose. In total, five students were able to create a model for the situation that was perfectly suited to the problem. The expected suitable result for the problem is the most efficient use of the entire area of 30x30. For this reason, it was an important result that students could apply the nests most appropriately and could use the area efficiently. This situation is related to the mathematization phase of mathematical modeling. In the mathematization process, students should be able to represent the information they determined while describing the problem situation mathematically and create the model by establishing mathematical relations (Lesh & Doerr, 2003). Here, what we want to scale mathematically is not exactly the use of geometric shapes, but in such a problem, it is considered that this conceptual knowledge is also needed. Our aim is to examine students' ability to perform mathematical modeling by creating a suitable geometric shape by using their past experience and imagination. Students often have to encounter problem situations that require such reasoning. Because these problems are sheerly valuable as they allow them to both reason and create an appropriate representation. In addition to these, students were expected to approach this question from a creative perspective while answering it. It is known that both mathematical knowledge and EL approach are highly correlated with creativity (Chesimet et al. 2016). For these reasons, students' realistic answers to this question are important in terms of both modeling and experiential learning.

The most challenging and thought-provoking part of the research was the students' placing their penguin nests in the area. While the highest score that should be obtained from this criterion was 39, the score obtained by the students was 28. This score was deemed positive for the question. However, it is concluded that the fact that the research group learned the unit square online and in a short time affected these results. The fact that the studies conducted in the classroom allow the use of concrete materials, and the fact that concrete situations are important for issues such as perimeter-area stand out in these results. However, one of the most important tools that ensure the correct understanding of the concept by associating it with daily life to make the abstract concepts of mathematics concrete is the MM. Without modeling, students have the opportunity to experience concrete applications of mathematical concepts (Cramer et al., 2003; Çavuş Erdem et al., 2017; Çiltaş & Işık, 2012; Lesh et al., 2007). Due to this feature of modeling activity, it is promising to have students who could think concretely and creatively, and form the field as it should be in the application process.

The third and fourth stages of this research are all about mathematical knowledge and it also is a part of MM. Thirdly, the mathematical results of the participants about the perimeter were examined. Accordingly, each participant was asked to find the perimeter of a nest regardless of the correct species selection. While five students calculated the result completely correct, five students calculated the perimeter but neglected to take the unit size as 20 cm. These results showed that the students understood the perimeter but did not fully comprehend the unit square and thus caused to make incorrect measurements. The reason for this situation was that students reach an incorrect solution due to lack of attention while following rote methods while solving problems. These students reached the wrong conclusion due to their inability to use the necessary cognitive skills because they gave all their attention to the rules they memorized (Bilen & Çiltaş, 2015; Işık & Mercan, 2015). Another reason for this result can be said to be due to the limited experience of MM activity in and out of school, where students will work together, generate new ideas, and defend themselves (Blum & Ferri, 2009; Eraslan & Kant, 2015). However, according to some researchers, modeling and using models in math education complicate to understanding the concepts (Akgün et al., 2013; Işık & Mercan, 2015). This emphasizes the necessity and importance of processing mathematical concepts by combining them with experience, reasoning and creative thinking. Incorrect results obtained by students in the concept of perimeter may be due to their not knowing exactly what the concept of perimeter means in daily life, as well as their mathematical knowledge. The lack of experience of a student who cannot visualize this concept in his mind and think about it may also be a reason for interpreting these results (Ferdianto & Hartinah, 2020). This situation once again, emphasizes the importance of considering experiential learning together with mathematical concepts.

Fourth, the mathematical results of area measurement were examined. However, the results on area measurement were lower than the perimeter measurement. The reason for many mistakes made by students in area measurement was the area and perimeter confused with each other, and it causes students not to understand these two subjects very well and lead to misconceptions (Baturo & Nason, 1996; Chappell & Thompson, 1999; Divrik & Pilten, 2021; Jirotková et al. 2019; Moyer-Packenham, 2001; Outhred & Mitchelmore 2000; Tan Sisman & Aksu, 2016; Yeo, 2008). Especially, when calculating the area, students often make mistakes caused by using formulas, operating errors, and incorrect modeling of geometric shapes (Divrik & Pilten, 2021). While measuring the length around a shape in the perimeter calculation, in an area calculation, it is determined how many of the regional dimensions are determined within the area to be measured (Gürefe, 2018). In measuring the perimeter, first, students should be given the opportunity to measure the distance around a region with a rope or measuring tape with non-standard units (Çilingir Altıner, 2020). In this way, students can first develop a model in their minds about the concept of perimeter by gaining experience with various activities. Thereafter, a transition should be made to the concept of area as the "section within the borders" (Gürefe, 2018). Just like the acquisition of many concepts in mathematics, the acquisition of perimeter and area concepts can be taught effectively with the help of various representations and models. Thus, we believe that the ambiguity of the perimeter and area can be avoided by experiencing real-life situations and applying various modeling activities related to the subject.

In this study, only one student could calculate the area accurately. However, two students could make the calculations correctly, which showed their understanding of the area subject but did not take the 20 cm detail into consideration. Our observation notes also prove that students have difficulty in calculating the area. To understand the area measurement, it is necessary to understand that the area is a limited zone and then to be able to calculate it. To calculate the area, it is necessary to understand the measurement tool, that is, the unit. Because area measurement is the determination of how many of the same type and suitable units of measure will be covered by a limited plane (Reynolds & Wheatley, 1996). When the literature on the area of measurement was examined, it was seen that students have difficulty in understanding and associating the concepts related to measurement and in including these concepts in the problem solving process. it is seen that they try to operate with formulas based on memorization, without understanding the logic of concepts such as area and perimeter (Chappell & Thompson, 1999; Martin & Strutchens, 2000; Stephan & Clements, 2003). Students may have the competence to use the information about the subject and concept in school mathematics. However, they may have difficulty understanding what the same information means in their daily lives. Area and perimeter subjects are one of those subjects for the students. Another common result of the studies in the literature is that the concepts of area and perimeter are among the concepts that students make the most mistakes and have difficulty in understanding (Chappell & Thompson, 1999; Geary et al., 2008; Jirotková et al., 2019; Yeo, 2008). When we consider this result on the basis of experiential learning, we can say that, unlike other results, students cannot comprehend the relationship between concrete experience and abstract concept in the EL cycle, and as a result, they have difficulty conceptualizing. It may be correct to interpret this result in terms of mathematization, which is considered an important component of modeling. Mathematicizing the real life problem, that is, transforming it into a formal structure, is a difficult task due to the complex nature of real life. For this reason, the mathematization of the problem is possible by transforming it into a more convenient and simple structure close to the real life problem (Kapur, 1988). In the mathematization process, students first create a verbal model that will clearly describe the real-life problem. Then, in line with his mathematical knowledge and experience, one creates a mathematical model and expresses as a symbol or formula. What is important in the formation of this model is the mathematical experience of the individual. In addition to this, the lack of experience of the students in the area may cause them to give wrong and incomplete answers on this subject, as can be seen in the student mistakes on the perimeter. This result highlights the importance of concepts such as both EL and mathematization by showing how much student experience affects their success in school mathematics.

Within the scope of EL, perimeter and area subjects were shown to students as subject teaching through various educational websites. Education based on EL theory requires the organization of educational activities suitable for each learning path (Kolb, 1984). Research results in the field of education show that the internet environment has positive effects on students' success. (Kılıç, 2002; Tower, 2002). Therefore, EL can also be carried out online and can work out successfully. However, the fact that the mathematics subjects discussed in this study, especially the subject of the area, are more abstract and the subject is shown briefly and concisely in order not to cause a distraction caused the study to result in findings lower than expected. This situation was interpreted as a limitation of distance education especially at primary school level. Since students are unfamiliar with methods that they do not frequently use in daily life and even at school, there is a possibility of obtaining lower answers than expected (Guimarães & Oliveira, 2018). Although perimeter and area subjects can be used in daily life and school life, it has been understood that student-based activities that require reasoning have been avoided as in this study.

Finally, semi-structured interviews with questions about what the students felt during the process and where they had difficulties were conducted in the study. Most of the students stated that they enjoyed the activities and had fun, and they also stated that they had difficulties in some parts. Especially, the fact that the unit square has a side of 20 cm was confusing for some students. There were also students who had difficulties creating the nests, but an aim of this research was to ensure that students reached the best solution by making reasoning and straining their minds. In MM, it is necessary to use problems that students should think about and have different solutions, rather than problems that students can easily solve. This is because MM is a method that requires attention at every stage and in which metacognitive skills are very active (Bilen & Çiltaş, 2015). Therefore, while determining the study group in this research, the metacognitive awareness scale was applied to the whole class and the 13 students who got the highest score from the scale, that is, the highest metacognitive awareness, was determined as the study group. According to the results of the research, it was determined that while the students were active in the stages of defining the problem given to them, expressing it verbally and mathematizing the problem, they were not active in the stages of interpreting and validating the emerging model and adapting it to another problem. Once we think from the EL perspective, the students knew the perimeter and area on the first day's activity and made various exercises. So they were experienced with how to calculate with a unit square. However, in the story and problem that occurred the next day, the students had difficulties such as measurement of area in this regard. We observed that students mostly had difficulties with conceptual knowledge rather than aritmatical knowledge. They could calculate the results anyway but the lack of understanding the main topic; area. The basis of the difficulties experienced in learning the subject is the traditional teaching approach based on algorithms presented to the students as a formula and the students are in this learning process with a memorized approach (Cobb et al. 2008; Kidman & Cooper, 1997). Therefore, the teaching approach in which these algorithms are explained clearly with mathematical expressions is critical. At this point, students need to work on real-life problems in a non-traditional learning environment designed with mathematical modeling activities, where they build their own knowledge with their own experiences. This situation was interpreted as not fully comprehending the subject as in the others. If such research is conducted face-to-face in the classroom, it is thought that there will be many different positive results. Due to the limitations of distance education, such as the lack of face-to-face interaction, which is one of the most essential factors of learning environments and a part of our limitations, students' lack of self-study habits, short and concise activities were planned and carried out. Since perimeter and area exist in all levels of the mathematics curriculum starting from the second year and are also related to geometry, students should understand these thoroughly.

It has been seen that there are many activities and Web 2 applications on the internet, especially regarding geometry-related issues. Their effective use by educators and researchers will carry the findings to be obtained much further than the results of this research.

In this study, we discussed experiential learning as a perspective in the problem solving process that requires mathematical modeling, therefore, we wanted to point out that although both perspectives have different stages and processes, EL can make an important contribution to the mathematization process, just like in RME. Surely, there are many studies on both issues in the literature, so we created the content by referring to the appropriate ones, but we did not come across a study that took completely modeling and EL. We think that this is a reason for the results that leave us without comment at some points. We believe that there is more work to be done on this subject. Additionally, although studies deal with perimeter and area issues, it is recommended to conduct intervention studies to eliminate the misconceptions between these two concepts.

The biggest limitation of this research is that students practice mathematical activities in a short time and online. In particular, teaching online concepts that require the use of more concrete materials, such as perimeter and area, has created a disadvantage for us. We guess that doing such an activity in the classroom would allow us to create a much richer findings and discussion section. Apart from this, the fact that there are students who participated in the research before but dropped out later and could not attend the classes can be considered as another limitation. In addition, mathematical modeling activities are theoretically studied with the peer education approach in the cooperative learning environment of heterogeneous groups.

In the distance education process, which was compulsory due to the pandemic, the mentioned criterion of mathematical modeling cannot be met, so cooperative learning cannot be realized as a limitation.

Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi
Year:2023 Cilt: 56, Sayı: 2, 585-650
DOI: 10.30964/auebfd.1037725, E-ISSN: 2458-8342, P-ISSN: 1301-3718

Dördüncü Sınıf Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Bir Deneyimsel Öğrenme Durum Çalışması

MAKALE TÜRÜ	Başvuru Tarihi	Kabul Tarihi	Yayım Tarihi
Araştırma Makalesi	17.12.2021	19.09.2022	04.05.2023

Dilara Yılmaz Can [1]
Kocaeli Üniversitesi

Gülcenur Kesebir [2]
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Öz

Araştırmanın amacı 4. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme etkinliklerinin deneyimsel öğrenme kuramı çerçevesinde değerlendirmektir. Araştırmanın türü, müdahalede bulunmadan var olan bir durumu ortaya koymayı hedefleyen durum çalışmasına uygundur. Modelleme ve deneyimsel öğrenmenin birlikte ele alınmasının nedeni, matematiksel modelleme etkinliklerinin gerçek yaşam problemlerinden oluşması ve öğrencilerin yaşayarak öğrenmelerine olanak sağlamasıdır. Araştırma durum çalışması olarak yürütülmüş ve tüm süreç online olarak gerçekleştirilmiştir. Kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenen 13 dördüncü sınıf öğrencisi araştırmada katılımcı olarak yer almıştır. Veri toplama aracı olarak modelleme etkinlik öyküsü, modelleme değerlendirme rubriği, gözlem formu ve yarı yapılandırılmış görüşme formları kullanılmıştır. Uygulama sürecinde öğrencilere araştırmacılar tarafından oluşturulan dijital bir hikaye gösterilmiş ve problem durumu hikaye içerisinde verilmiştir. Bu hikaye kapsamında öğrenciler çevre ve alanla ilgili matematiksel modelleme etkinliğini cevaplandırmışlardır. Uygulama sürecinin sonunda öğrencilerin etkinlikle ilgili görüşlerini almak için yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Çevre ve alan konularının modelleme etkinlikleri ile uygulanması sonucunun öğrenciler için olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Öğrencilerin matematiksel ve zihinsel modellemeye ulaştığı, bu süreçte motivasyonlarının arttığı görülmüştür. Buna ek olarak öğrencilerin modelleme etkinliklerinde alan hesaplamayı çevre hesaplamalarına göre daha fazla zorlandıkları ve daha fazla hata yaptıkları belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Matematiksel modelleme, deneyimsel öğrenme, ilkokul, çevre ve alan konuları.

[1]Sorumlu Yazar: Arş Gör., Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Sınıf Eğitimi Anabilim Dalı, E-posta: dilara.yilmaz@kocaeli.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-5539-8261
[2]Öğretim Görevlisi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Çocuk Bakımı ve Gençlik Hizmetleri Bölümü, Çocuk Gelişimi Programı, E-posta: gkesebir@adu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-4990-1275

Öğrenme eylemi farklı yol ve yöntemlerle gerçekleşmektedir. Öğrenme, kişilerin kendisine ve kendi öğrenme biçimlerine göre şekillenebilen bir gerçektir. Deneyimsel öğrenme (DÖ) ise Kolb (1984) tarafından ortaya konulan ve bilginin deneyimler yoluyla oluştuğu süreci belirten bir öğrenme modelidir. Sabit durumlardan somutluğa, yetkinliğe, gerçeklere ve eylemlere geçme şeklini ayırt eden pragmatist düşünceye dayanır (Johns, 1999). Matematiksel modelleme (MM) süreci DÖ ile yakından ilişkilidir, öğrenciler etkin (aktif) olduğu için süreç öğrencilerin deneyimleriyle ilerleyen ve günlük yaşamla bağlantılar kuran bir yapıya sahiptir. Bu araştırmada DÖ, alan ve çevre kapsamında bir matematiksel modelleme çerçevesi olarak düşünülebilir. Alan ve çevre konusu, öğrencilerin etkin olarak öğrendikleri, ilkokul matematiğinde önemli bir yere sahip olan bir konudur. Bu nedenle dördüncü sınıf öğrencilerinin alan ve çevre modelleme etkinlikleri DÖ çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Deneyimsel Öğrenme

Dewey (2007), öğrenenlerin "yaşayan bireyler" olarak sosyal çevrelerindeki sorunları ve çözümleri ele aldıklarını belirtmiştir. Yani insanın varoluş süreci, içinde yaşadığı çevreden ve bu çevrede kazandığı deneyimlerden ayrı tutulamaz. Piaget, bilişsel gelişim kuramında ortaya koyduğu şemaları ve bunun zihinde yapılanmasını somut deneyimlerden soyuta giden süreçte ele almıştır (Simatwa, 2010). Ancak Kolb (1984) bu bilgilerden sentezlediği çıkarımlardan DÖ kuramını ortaya koymuştur. Buna göre insanlar deneyimledikleri ya da gerçekten önemli ve değerli olduğuna inandıkları bilgileri akıllarında tutarlar. Dolayısıyla deneyim bu noktada iyi bir pekiştiricidir (Yılmaz, 2015).

DÖ'nün en önemli ilkesi, öğrenmenin kazanılan deneyimler sonucunda gerçekleşmesidir. Kısacası, DÖ öğrenme sürecindeki deneyimleri vurgular. Dolayısıyla öğrenme bir sonuç değil, bilginin yapılanmasını sağlayan bir süreçtir. Deneyimsel öğrenme dört aşamalı bir döngüdür ve her aşamada farklı yöntem ve etkinliklere yer verilerek ilerler. Bu noktada yaşayarak öğrenmenin amacı, verimli ve kalıcı öğrenmeyi gerçekleştirmek ve öğrenciler arasındaki bireysel farklılıkları en aza indirmektir (Kolb, 1984). Öğrenenler arası bireysel farklılıklar kavramından ortaya çıkan öğrenme stilleri de DÖ'nün önemli bir parçasıdır ve bireyin öğrendiği stile uygun etkinlik ve yöntemlerin kullanılması gerektiğini belirtir. Ancak bu noktada öne çıkan, bireylerin öğrenme stillerinin özelliklerine göre öğrenme ortamı oluşturmaktır. Öğrenme stilleri ise kişilerin zayıf ve güçlü yönlerini ortaya çıkararak öğrenme ortamının en verimli şekilde inşa edilmesini öngörmektedir (Evin Gencel, 2008).

Smith ve Kolb (1996) DÖ'yü dört aşamadan oluşan döngüsel ve yinelenen bir süreç olarak tanımlamıştır: Somut deneyim, yansıtıcı gözlem, soyut kavramsallaştırma ve etkin (aktif) deneyim. Döngü somut bir deneyimle başlar ve bireyin deneyimle ilk karşılaştığı noktayı belirtir. Kişinin yaşadığı deneyimler aracılığıyla içsel tepkiler nedeniyle oluşan farkındalık aşamasıdır. Bir durum ya da olayla karşılaşıldığında merak, heyecan gibi duyguların ortaya çıkmasıdır (Kolb ve diğ., 1999). Öğrenenlerin somut deneyim aşamasında yer almaları ve farklı bakış açılarından çeşitli örnekler vermeleri gerekir. Burada öğrenciler için günlük yaşamla ilgili konular, örnek olay çalışmaları ve drama etkinlikleri sürece dahil edilir. Yansıtıcı gözlem aşaması, somut yaşantı aşamasında kazanılan bilgi ve deneyimlerle ilgili konuların farklı bakış açılarıyla tartışılmasını, derinlemesine incelenmesini ve anlaşılmasını içerir. Bu aşamada öğrenciler, özellikle soruna ve onun çözümüne odaklanarak olası çözümler hakkında akıl yürütürler (Kolb ve diğ., 1999). Soyut kavramsallaştırma aşaması, öğrenme yoluyla düşünmeyi ve bilginin düzenli kullanımını vurgular. Sonunda, somut deneyimler zihinde soyutlanır ve fikirler mantıksal olarak filtrelenir. Öğrenme, somut deneyimler ve soyut kavramsallaştırma yoluyla gerçekleşir. Bu aşamada öğrenenler teorik bilgileri derinlemesine ilişki kuracak şekilde öğrenmelidir. Döngünün son aşamasında öğrenenler, etkin (aktif) yaşantı sürecinde somut yaşantılar yoluyla edindikleri deneyimleri soyut olarak kavramsallaştırarak yeni durumlara aktarma ve uygulama noktasına gelmişlerdir. Bu nedenle etkin olmak ve çeşitli uygulamalar yapmak bu aşamayı başarılı kılan önemli bir noktadır. DÖ kuramı, sıralı ve sürekli olarak gerçekleşen bu dört aşamadan oluşur ve öğrencilerin kalıcı öğrenmeleri için etkili bir seçenektir (alternatiftir). Özetle, DÖ ile ilgili olarak, öğrenme, bu dört aşamada deneyimin dönüştürülmesi yoluyla bilginin yaratıldığı süreçtir.

DÖ, öğrencilerin sosyal bilgiler, fizik eğitimi, biyoloji, coğrafya gibi çeşitli disiplinlerdeki akademik başarıları gibi farklı alan ve konularla ele alınır. Bu çalışmalarda DÖ, çoğunlukla öğrencilerin akademik başarılarını ve tutumlarını çeşitli deneyimler ve etkinlikler aracılığıyla ölçmektedir (Alemdağ ve Öncü, 2015; Evin Gencel, 2008; Johns, 1999; Kılıç, 2002; Nichols, 2003). Bunların yanında DÖ ve öğrenme stillerini ele alan araştırmalar da bulunmaktadır (Alemdağ ve Öncü, 2015; Evin Gencel, 2007; Kılıç, 2002; Özgür, 2013). Ayrıca web tabanlı-teknolojik çalışmalar, tasarım eğitimi, tutum, davranış ve ilgi gibi etkili özellikleri öne çıkarmaktadır (Ertürk ve Şahin, 2019; Nichols, 2003; Üst vd ve diğ., 2017). Ayrıca, öğretmenlerle okul dışı DÖ çalışmaları yapılmıştır (Okur, 2012; Taşçı ve diğ., 2021). Ek olarak, öğrenme stilleri yaşayarak öğrenme ile birlikte kuramsallaştırıldığı için çalışmaların matematik öğretimi ve öğrenme stillerini birlikte ele aldığı görülmektedir (Bilgin ve Durmuş, 2003; Ertekin, 2005; Peker, 2005; Şentürk, 2010; Yenilmez ve Çakır, 2005). Bu araştırmalara, hizmet içi/hizmet öncesi öğretmenler veya öğrenciler katılmıştır ve araştırmacılar, herhangi bir müdahale olmaksızın, esas olarak katılımcıların başarılarına, öğrenme stillerine ve aralarındaki ilişkiye odaklanmıştır. Ancak alanyazında ilkokul öğrencileri ile DÖ ve MM'nin çekirdeğini oluşturan gerçek yaşam durumlarını birleştiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sonuç olarak da DÖ'nün matematik eğitimi için önemli olduğuna ve böyle bir araştırma yapmaya karar verilmiştir. Ek olarak, DÖ'nün bileşenlerini oluşturan somut deneyim, yansıtıcı gözlem, soyut kavramsallaştırma ve etkin (aktif) deneyim, MM'nin temel kavramını vurgular. Başka bir deyişle, bu iki kuramın kullanışlılığına dikkat çekmek ve matematik eğitimi için etkili bir şekilde kullanmak amaçlanmaktadır.

Matematiksel Modelleme

Matematiksel modelleme, öğrencilerin problemleri çözmeye çalışırken yaratıcı ve esnek düşünmelerini sağlayan ve öğrencileri gerçek yaşam sorunlarını çözmeye hazırlayan bir araçtır (English, 2006; Lesh ve Doerr, 2003). Başka bir deyişle, gerçek yaşamı matematiksel problemlerle ilişkilendirmek olarak tanımlanabilir. Matematik öğretim programında (müfredatında) MM vurgusu, matematiği gerektiği gibi kullanabilen, gerçek yaşam problemleri ile matematik arasında ilişki kurabilen, karşılaştığı problemlere çeşitli çözümler üretebilen ve karşılaştırma (muhakeme) yapma gibi becerilere sahip öğrenciler yetiştirmektir (MEB, 2018). MM, birbirini izleyen aşamalardan oluşan bir modelleme süreci içerir. Modelleme sürecini tanımlamak için birçok kuramsal model vardır (Örneğin Blum ve Leiß, 2007; Ferri, 2006; Galbraith ve Stillman, 2006; Lesh ve Doerr, 2003; Maaß, 2006). Bu araştırmada genel bir yaklaşım olarak kabul edilen ve çoğu araştırmacı tarafından kullanılan 7 aşamalı modelleme süreci perspektifi çerçevesinde problem ve uygulama süreci oluşturulmuştur. Bu sürecin tanımında genel olarak şu aşamalardan söz edilmektedir; (1) gerçek dünyadaki bir durumu anlamak; (2) gerçek dünya modelini elde etmek için gerçek dünya durumunu basitleştirmek; (3) gerçek dünya modelini matematikleştirme, yani gerçek dünya modelini matematiksel bir modele çevirerek sorunu çözmek için bir plan tasarlama; (4) matematiksel rutinleri ve süreçleri uygulamak; (5) problemin gerçekle uyumlu olduğunu doğrulayarak matematiksel çözümü yorumlamak; (6) önceki aşamanın sonuçlarının doğrulanması, yani sonuçların yeterliliğinin kontrol edilmesi ve belirli aşamaların, hatta gerekirse tüm modelleme sürecinin tekrarlanması ve (7) modelleme döngüsünün sonuçlarının sunulması (Blum ve Leiß, 2007; Borromeo Ferri, 2006).

Modelleme sürecini başarılı bir şekilde tamamlamak için öğrencilerin sahip olması gereken modelleme yeterliklerinden söz etmek yerinde olacaktır. Modelleme yeterlikleri genel olarak beceriyi, bilgiyi, gerçekleştirme isteğini ve süreci tamamlamaya yönelik üstbilişsel becerileri kapsar (Maaß, 2006). MM süreci ve yeterlikleri, öğrencilerin etkin olması, sürecin öğrencilerin deneyimleriyle ilerleyen ve tüm bunları günlük yaşamla bağlantılı olarak gerçekleştirmesi nedeniyle DÖ ile yakından ilişkilidir. Modelleme sürecini tamamlamak için yetkinliklere sahip olunması gerektiğinden, modelleme sürecini oluşturan kuramsal modeller bu yetkinliklerin tanımlanmasına dayanmaktadır. Maaß (2006) tarafından geliştirilen MM sürecinin her aşaması beş temel yeterliğe karşılık gelir: (1) gerçek problemi anlamak ve gerçeğe dayalı bir model kurmak, (2) gerçek modelden matematiksel bir model kurmak, (3) matematiksel soruları bu matematiksel model içinde çözmek, (4) matematiksel sonuçları gerçek bir durumda yorumlamak (5) çözümü doğrulamak. Modelleme için kuramsal yeterliklerin yanı sıra üstbilişsel yeterlikler, bir amaca yönelik çalışabilme, çözümleri kanıtlarla savunabilme ve bu savunmayı yazılı olarak ifade edebilme ve modelleme problemlerine karşı olumlu bir tutum sergileme gibi başka niteliklere de sahip olunmalıdır. Kısacası, modelleme sürecini verimli bir şekilde tamamlamak için gerekli olan kuramsal beceriler kadar üstbilişsel, sosyal ve duyuşsal becerilere de sahip olmak büyük öneme sahiptir (Erbaş ve diğ., 2016).

Matematiksel modelleme sürecinde araştırmacılar, bu araştırmada ele alındığı gibi ağırlıklı olarak matematiksel modelleme ve zihinsel modelleme süreçlerine odaklanmaktadır. Zihinsel modelleme, öğrenciler tarafından dikkate alınması gereken en önemli kavramlardan biridir. Gerçek yaşamdaki eylemlerimiz nedeniyle oluşan algıları içerir ve bu algıları kodlayarak kavramsal bir model oluşturmak anlamına gelir (Hestenes, 2006). Zihinsel modeller kapsamında, modelleme sürecinde ortaya çıkan zihinsel algıların çözümlenerek anlaşılır bir yapıya dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, modelleme süreci boyunca matematiksel düşünmenin gelişimini desteklemek için soyutlama, genelleme ve temsil gibi zihinsel eylemlere yer verilir. Soyutlama, DÖ kuramının da ana öğesidiri. Bu araştırmanın ikinci sorusu olarak sorulan matematiksel sonuçlar, aritmetik ve matematiksel işlemler olarak kabul edilmektedir. Tüm modelleme süreci olarak bu araştırmada zihinsel modelleme ve ardından matematiksel modelleme alan ve çevre konuları kapsamında ele alınmıştır.

Deneyimsel Öğrenme (DÖ) ve Matematiksel Modelleme (MM) İşbirliği

Öğrenciler kendilerine öğretilen matematiksel bilgi ve modelleri geleneksel yöntemlerle zihinsel olarak işleyemedikleri için, öğrencilerin kendi matematiksel bilgilerini ve modellerini geliştirebilecekleri gerçek dünya bağlamına sahip bir ortam yaratmak gerekir. Gerçekçi matematik eğitimi (GME) kuramı (Gravemeijer ve Stephan, 2002) tarafından şekillenen modelleme yaklaşımı, bu bakış açısıyla bir matematiksel modelleme yaklaşımı olarak görülebilir. Bu açıdan modelleme, gerçek yaşam durumlarını ve bunları çözümlemek için kullanılan matematiksel bilgi ve düşünceyi düzenleme (Erbaş ve diğ., 2014) ve yeni kavramları deneyimsel olarak gerçek bağlamlara bağlayarak anlama (Herbert ve Pierce, 2008) konusunda güçlü bir yardımcı olarak görülebilir. Van Den Heuvel-Panhuizen (2003) matematiğin birbirinden aktarılan bir konu olarak değil, bir insan etkinliği olarak ele alınması gerektiğini belirtmiş ve matematiksel modellemenin temelinin gerçekçi matematik eğitimi anlayışı olduğunu belirtmiştir. Matematiksel modelleme ve kavramsal temeli olan GME bağlamında, öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini çözmek için mücadele ettikleri ve bu amaç doğrultusunda kendilerini geliştirdikleri bir süreci içerir (Lesh ve Doerr, 2003). Bu süreçte öğrenci matematikleştirme, gerçek yaşam problemlerini tanımlama, çözme ve oluşturduğu modeli başka problemlerin çözümünde kullanma becerilerini geliştirir. İlk olarak bir model, öğrenciler açısından gerçek problem durumlarını deneyimsel bir yapıda ele almakta ve bu duruma yönelik çözüm önerileri doğrultusunda öğrencilerin informal çözümlerini desteklemektedir. Diğer bir deyişle öğrenciler çözüm stratejilerinde deneyim kazandıkça model tabanlı stratejinin belirlenmesi problemin matematiksel yapısına bağlıdır (Gravemeijer, 1994; Treffers, 1991).

GME'de matematik problemlerinin uyarlandığı gerçek yaşam bağlamları o kadar gerçekçi olmalıdır ki öğrenciler deneyimsel bir öğrenme ortamında harekete geçebilsinler (Gravemeijer ve Doorman, 1999). Hamdani'ye (2011) göre kullanılabilecek öğretim materyallerinden biri de matematikte deneyimsel öğrenmeye dayalı öğretim materyalidir. DÖ, etkinliklerinde öğrencileri düşünmeye, keşfetmeye, sormaya, karar vermeye ve öğrendiklerini uygulamaya özendirir. DÖ tabanlı öğretim materyali, insanların en iyi deneyimlerden öğrendiği ilkesine dayanan öğrenci merkezli bir yaklaşım kullanır. Bu, DÖ'nün kapsamlı bir öğrenme deneyimi sağlamak için tasarlandığını belirten Llewellyn ve Frame (2012) tarafından yürütülen araştırmayla uyumludur. Ayrıca DÖ, olay ve olguları yaşayarak öğrenmeyi gerektirdiğinden matematik eğitimini DÖ'den ayıramayız (Rukayah ve Mintasih, 2019). Sonuçta, MM ile DÖ'yü ilişkilendiren noktanın RME olduğu söylenebilir.

DÖ ve MM aşamaları birbirini bütünler niteliktedir. Şöyle ki, DÖ'de somut yaşantı aşaması modellemenin gerçek yaşam problemi aşaması ile; MM'de öğrencinin gerçek problem hakkında zihninde oluşturduğu model aşaması ile yansıtıcı gözlem aşaması; gerçek ve matematiksel model aşamaları ile soyut kavramsallaştırma aşaması; Son olarak, DÖ'de aktif deneyim aşaması, matematiksel ve gerçek sonuç aşamalarıyla ilişkilidir. Ve bu ifadeler "Bu ödevi neden yapıyoruz? Amacı nedir ve gerçek yaşamda kullanır mıyım?" sorularına ışık tutabilir (Daugherty, 2006). Hem MM hem de DÖ 'de problem çözme, beyin fırtınası, temsiller, görseller, bireysel çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Modellemenin gerçek yaşam problemlerinden oluştuğu gerçeğine odaklanırsak, bu ilişkiyi açıklayabiliriz. MM, gerçek yaşam durumlarından yola çıkan ve öğrencinin gerçek bir probleme çözüm bulmasını gerektiren bir süreç ve etkili bir materyaldir (Neunzert ve Rosenberger 1991). Etkili öğretim materyali, öğrencilere öğrenme etkinliklerinde yardımcı olur; bu şekilde matematik öğrenmek daha anlamlıdır ve öğrencilerin bilişsel becerilerinin gelişmesine yol açar. Öğrenciler geliştirdikleri beceriler sayesinde bir problem durumunu analiz edebilir ve buna uygun çözümü bulabilirler. Ek olarak, bu çözümün gerçek yaşam bağlamına uygunluğunu test edebilir ve değerlendirebilirler. Buradaki en kritik nokta ise bu sürecin öğrenci deneyimleriyle gerçekleştirilmesidir. (Mousoulides ve diğ., 2008). Modelleme etkinlikleri, özellikleri dikkate alındığında, öğretmenin derste rehber rolüyle öğrenciyi gözlemlemesini ve öğrencinin kendi deneyimleriyle bilgilerini yapılandırmasını kolaylaştırmaktadır (Schorr ve Koellner Clark, 2003).

Bu çalışma, DÖ modeline dayalı MM çözüm süreci için aktif bir öğrenme modeli olarak tasarlanmıştır. Modelleme ve DÖ'yü birlikte ele almanın en temel nedeni, MM etkinliklerinin gerçek yaşam problemlerinden oluşması ve öğrencilerin yaşayarak öğrenmelerine olanak sağlamasıdır. Bu noktada DÖ ve MM'nin ortak noktası olan GME ile ilgili araştırma sonuçları, gerçek yaşam durumlarının ve yaşayarak öğrenmenin önemini ortaya koymaktadır (Cobb ve diğ. 2008; Fauzan ve diğ. 2002; Gravemeijer, 1994; Laurens ve diğ. 2017; Mulbar ve Zaki, 2018; Riyanto ve Putri, 2017; Van den Heuvel-Panhuizen ve Drijvers, 2020;Verschaffel ve De Corte, 1997; Wubbels ve diğ., 1997). Bu araştırmalar, bu çalışmanın temelini oluşturan kanıtlar olarak kabul edilir. Bu çalışmada 4. sınıf öğrencilerinin çevre ve alan konularında matematiksel modelleme etkinliğini DÖ kuramı çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktayız. Çoğu öğretmenin sadece formüle dayalı olarak öğrettiği çevre ve alan hesaplama konuları öğrenciler için anlamlı hale getirilmesi gereken özel bir konudur. Bu iki konu çoğunlukla öğrenciler için kafa karıştırıcıdır ve ayrıca bu konuların DÖ kapsamında öğretilmesinin onların kavramalarını artırabileceği ve uzun süreli öğrenmeyi içerebileceği düşünülmektedir. (Chappell ve Thompson, 1999; Divrik ve Pilten, 2021; Jirotková ve diğ. 2019; Tan Şişman ve Aksu, 2016; Yeo, 2008). Bu görüşlerden dolayı bu çalışmada alan ve çevre konularının ele alınması uygun görülmüştür.

DÖ'nün öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini, başarılarını ve yaratıcılığını geliştirdiği, matematik bilgisini, ilgi ve motivasyonunu artırdığı ve okul dışı öğrenme üzerinde olumlu etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Chesimet ve diğ., 2016; Eaton, 2010; Jarvis ve Pell, 2005; Jose ve diğ., 2017; Parker ve Gerber, 2000; Ramey-Gassert ve diğ. 1994; Stake ve Mares, 2001; Weinberg ve diğ., 2011). Ancak literatürde MM ve DÖ modelleri kapsamında alan ve çevreyi bir arada ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma literatürdeki bu boşluğu dolduracak ve eğitimciler ve araştırmacılar için DÖ ve MM'nin birlikte kombinasyonuna örnek teşkil edecektir. Ayrıca matematik derslerinde MM ve DÖ süreçlerinin kullanımının yaygınlaşacağı ve matematik programına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Matematiğin soyut ve varsayımsal bir yapısı olduğu için ilkokul öğrencilerinin matematiksel kavramları anlamlandırması kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle bu konuların MM gibi alternatif yöntemlerle yapılandırmacı yaklaşım dikkate alınarak işlenmesi öğrencilerin öğrenme süreçlerini destekleyebilir. Bu sorunu çözmek için öğrencilerin aktif oldukları ortamlarda matematiği öğrenmeleri ve öğrenmelerini deneyimlemeleri durumunda matematikte daha başarılı olabileceğimiz düşünülmektedir. Bu nedenle, öğrenmede aktif deneyim sunan bu tür uygulamalara programlarımızda daha fazla yer vermeyi umuyoruz. Bu çalışmada, öğrencilerin deneyimsel öğrenme teorisine dayalı olarak mekan ve çevre konularında modelleme etkinlikleri gerçekleştirme becerilerini gösterdik. Bu araştırmadan esinlenerek çeşitli konu ve kavramların incelenmesi matematik eğitiminde iki farklı bakış açısını bir arada ele almayı mümkün kılacaktır. Bu araştırmanın literatüre en önemli katkısı budur.

Yukarıda açıklanan nedenlerle MM ve DÖ yaklaşımlarını birlikte ele almak, MM'nin daha derin bir bakış açısı ve deneyimden oluşan bir yaklaşım olarak uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Kolb'a göre öğrenme, bilgi aşamaları tarafından yönlendirilse de, bir öğrenme çıktısıyla sonuçlanmaz. Öğrenmenin gerçekleşmesi için deneyim kazanılmalı ve yeni durumlara uygulanmalıdır. Matematiksel modelleme, gerçek yaşam deneyimlerimizi matematiğe aktarmamızı ve dolayısıyla öğrenmenin gerçekleşmesini hızlandıran bir süreç olduğundan, bu iki yaklaşımın birlikte ele alınması gerekliliğini vurgulamaktayız. Ayrıca çalışmanın MM başta olmak üzere çeşitli problem çözme yöntem ve kuramlarına yeni bir bakış açısı getirmesi ve böylece deneyimsel öğrenmeyi matematik ile birleştiren çalışmalara katkı sağlaması beklenmektedir. Tüm bunlar sonucunda bu araştırmanın soruları aşağıdaki gibidir:

1. Katılımcıların alan ve çevre konusundaki zihinsel modelleri nasıldır?
2. Katılımcıların alan ve çevre konusundaki matematiksel modelleri nasıldır?
3. Katılımcıların alan ve çevre konusundaki matematiksel sonuçları nelerdir?

4. Katılımcıların araştırma sürecine ilişkin görüşleri nelerdir?

Yöntem

Araştırmanın bu bölümünde araştırma yöntemi, katılımcı gruba ait bilgiler, veri toplama süreci ve araçları ile verilerin analizine dair açıklamalara yer verilmiştir.

Araştırma yöntemi

Bu çalışmada ilkokul 4. sınıf öğrencilerinin modelleme etkinliği nitel araştırma desenlerinden durum çalışması modeliyle değerlendirilmiştir. Durum çalışması, "nasıl" ve "neden" sorularına dayalı araştırmacı müdahalesinin daha az olduğu ve incelenen durumun gerçek yaşam bağlamında güncel bir olgu olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Yin, 2003). Öğrencilerin MM sürecindeki bilişsel ve duygusal deneyimlerini deneyimsel öğrenme çerçevesinde incelemek ve bu deneyimlerin öğrencilerin öğrenmelerini nasıl etkilediğini incelemek amaçlandığından bu araştırma bir durum çalışması olarak nitelendirilmektedir.

Katılımcılar

Çalışma grubu, İstanbul'da bir devlet okulunda 4. sınıfa yeni başlayan öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırma 2019–2020 eğitim-öğretim yılında 6 erkek ve 7 kız olmak üzere 13 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme yöntemi, araştırmanın belirli özelliklerine sahip kişi, olay, nesne ya da durumlardan oluştuğu için kullanılmıştır (Büyüköztürk ve diğ., 2014). Katılımcı grubu olarak 4.sınıf öğrencilerinin seçilmesinin nedeni çevre ve alan konularındaki kazanımların bu düzeyde yer almasıdır. Araştırmada bir ölçüt ise katılımcıların birim kare ile çevre ve alan hesaplamayı öğrenmemiş olmaları ve birinci adımda uygulanan üstbilişsel farkındalık envanterinden 32 ve üzeri puan almalarıdır. Ölçek 78 dördüncü sınıf öğrencisine rastgele gönderilerek uygulanmış ve bunlardan 13'ü araştırmanın sonuna kadar devam etmiştir. Sürecin başında öğrenciler çevre ve alanın ne olduğunu biliyorlardı ama birim kare ile çevre ve alanı nasıl ölçeceklerini bilmiyorlardı. Araştırmacılar bu çalışmada bu konuların öğretimine odaklandıkları için bu ölçüt de dikkate alınmıştır. İlkokul çocuklarının karmaşık durumlarla başa çıkmak için modellerini ve anlamlandırma sistemlerini geliştiremedikleri varsayılmakta ve MM'nin ortaokul için daha uygun olduğu düşünülmektedir (English, 2010). Bu nedenle modelleme problemlerini ve etkinliklerini kavrayacak düzeyde oldukları için üstbilişsel farkındalığı yüksek öğrenciler çalışmaya dahil edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Veri toplama aracı olarak, araştırmacılar tarafından geliştirilen dijital öykü (eke bakınız), modelleme değerlendirme rubriği, gözlem ve yarı yapılandırılmış görüşme formları kullanılmıştır. Ayrıca katılımcıları belirlemek için Üstbilişsel Farkındalık Envanteri kullanılmıştır. Ölçek iki formda geliştirilmiş ve ilkokul düzeyine uygun olan A formu uygulanmıştır (Karakelle ve Saraç, 2007; Sperling ve diğ.,. 2002). Ölçek, 3. ve 9. sınıf öğrencilerinin üstbilişsel becerilerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Ölçek her madde için 3., 4. ve 5. sınıf öğrencilerine göre Her zaman

(3), Bazen (2), Hiçbir zaman (1) arasında değişen likert tipi bir ölçekte işaretlenmektedir. Ölçeğin güvenirliğini belirlemek için üç haftada bir test-tekrar test yöntemi kullanılmıştır. Korelasyon değeri 0,74 (N=356, p<0,1) olarak bulunmuş ve Cronbach alfa değeri 0,64 olarak hesaplanmıştır.

Araştırma Süreci

Araştırmanın ilk aşaması Üstbilişsel Farkındalık Envanteri'nin uygulanması ve katılımcıların belirlenmesidir. Bunun öncesinde dijital öykü ve envanter uygulaması kullanılarak başka bir katılımcı grubuyla pilot çalışma yapılmıştır. Ölçekte yer alan ifadelerin ve soruların anlaşılır olması için bu çalışmaya katılmayan öğrencilere öykü gönderilmiştir. Beş öğrenci ile tüm süreçler ele alınmış ve öykünün anlam karmaşası yaratan bazı bölümleri silinmiş, hikayedeki sayıları değiştirilmiştir. Ayrıca öğrencilerin hikayedeki fikri anlamakta zorlandıklarını da fark ettikten sonra daha iyi anlamaları için hikayeyi biraz daha kolaylaştırmaya karar verilmiştir. Bir hafta sonra da gerçek bir çalışma yürütülmüştür. Birinci gün birim karelerle çevre ve alan öğretimi yapılırken; ikinci gün hikayedeki sorunun çözümü ele alınmıştır. Birinci günün sonunda öğrencilerden matematik defterlerindeki boş bir sayfaya 30x30 birim karelerden oluşan bir kare alanı çizmeleri ve ertesi gün kullanacakları için yanlarında bulundurmaları istenmiştir. Tüm süreç Zoom üzerinden online olarak gerçekleştirilmiştir. Sorunun çözümü için doğrudan bir öğretim sağlanmamıştır. Tüm süreç boyunca, problem çözülürken bile öğrencilerin kameraları ve sesleri açık tutulmuş, öğrencilerin ihtiyaç duyduğu her an araştırmacılar müdahale edip açıklama yapmıştır.

Modelleme etkinliği için araştırmacılar tarafından geliştirilen dijital öykü ve bu öyküde yer alan bir problem kullanılmıştır. Dijital öykü, öğrencilerin genel olarak kavram yanılgılarına sahip olduğu çevre ve alan konularını vurgulamıştır. Araştırmacılar dijital öykü oluşturduktan sonra matematik alanında uzman öğretim üyelerinin görüşleri alınarak problem durumunun MM ve DÖ'ye uygunluğu değerlendirilmiştir. Ayrıca literatürdeki çeşitli makalelerde modelleme çalışmaları (Biber ve Özdemir, 2015; Blum ve Niss, 1991; Chamberlin, 2013; English ve Watters, 2005; Lesh ve diğ. 2000) ele alınmış, bu çalışmalardaki modelleme sorunları incelenmiş ve bu araştırmadaki problem durumu oluşturulmuştur. Genel bir bakış açısıyla, DÖ çerçevesinde deneyime izin veren bir problem yaratılmıştır. Problem, Lesh ve diğ.'ye (2000) göre modelleme faaliyetinin gereklilikleri olarak tanımlanan altı ilkeye uygundur. Bunlar: 1) Öğrenciler tarafından yapısal olarak oluşturulabilen, tanımlanabilen, açıklanabilen ve kontrol edilebilen bir modeldir. 2) Öğrencilerin kendi bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak problemi anlamlandırabilmeleri için gerçek yaşamla ilgili bir problem durumu içerir. 3) Öğrencilerin cevaplarını değerlendirmeleri ve çözüme karar vermeleri için uygun kriterler olmalıdır. 4) Öğrencilerin probleme verdikleri cevapları matematiksel ilişkiler ve işlemler aracılığıyla rapor etmelerini ve düşüncelerini ortaya çıkarmalarını sağlar. 6) Son olarak modelleme etkinliğinin ürünü olarak geliştirilen matematiksel model benzer durumlara uyarlanabilecek şekilde yapısal olarak anlamlı ve basit olmalıdır. MM etkinliklerinde gerçekçi problemlerin kullanılması en önemli kriterlerden biridir. DÖ yaşanabilecek durumlarda çalışmayı beklediğinden, araştırmalarda gerçekçi ve günlük yaşam problem durumlarının kullanılması ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle oluşturulan hikayenin günlük yaşamla bağlantısına dikkat edilmiş ve mevcut pandemi sürecine uygun bir bağlam oluşturulmaya çalışılmıştır. Etkinlik sonunda her öğrenci ile ortalama 10 dakikalık görüşmeler yapılmıştır. Görüşme formu, öğrencilerin çalışma süresince kendilerini nasıl hissettikleri, hangi kısımlarda zorlandıkları ve önceki matematik derslerinden farklarının ne olduğu ile ilgili sorulardan oluşmaktadır. Etkinlikler, DÖ süreci tarafından aşamalı olarak oluşturulmuştur.

Somut yaşantı sürecine katılımın tamamı düşünülmüş, problem durumu günlük yaşamla ilişkilendirilmiş ve çeşitli tekniklerle dersler işlenmiştir. Günlük yaşam deneyimleri de DÖ'nün geniş bir unsurudur ve modelleme ile uyumludur. Storyjumper.com üzerinden hazırlanan dijital hikaye, günlük yaşamla bağlantılı ve son birkaç aydır tüm dünyanın yaşadığı pandemi fikrini vurgulamıştır. Hikayeye başlamadan önce sosyal mesafe ve virüsün bulaşıcılığı gibi sorular olay örgüsüne dair merak ve aşinalık yaratmak için kullanılmıştır. Yansıtıcı gözlem aşamasının ardından dijital öyküde anlatılan problem ele alınmış, gerekçelendirilmiş ve çözülmüştür. Bu aşamada öğrenciler olası çözümler hakkında fikir üretmeye odaklanmışlar ve bunu tüm cevapları dinleyerek ve tartışarak sürdürmüşlerdir. Ortaya konulan düşünceler soyut bir kavramsallaştırmaya dayalı olarak işlenmiştir. Öğretmenin rolü, öğrenciler gerçekleştirirken etkinliği anlatmaktır. Yaratıcı çalışma, belirli bir miktarda önceden var olan uzmanlığı ve bunun yeni bilgiye dönüştürülmesini içerir (Naikakoji ve diğ., 1999). Öğrencilerin problemlere yönelik çözümlerinin değerlendirildiği ve açıklandığı aşamadır. Öğretmenin rolü, bireysel katılımcıların ve çeşitli düşüncelerin kabul edildiği bir atmosfer yaratmaktır. Her bir öğrenciden elde edilen veriler ve sonuca ulaşmak için kullandıkları yöntemler, araştırmacılar tarafından bir dereceli puanlama anahtarı ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak çözümler tüm sınıfla tartışılmış ve çevre ve alan hakkında çıkarımlarda bulunulmuştur. Interactivesites.weebly.com ve Phet.colorado.edu eğitim sitelerinde çevre ve alan konulu eğitici oyunlar uygulanmıştır. Belirlenen web sitelerinde yer alan eğitici oyunlar, dördüncü sınıf kazanımları dikkate alınarak öğrencilere görev olarak sunulmuştur. Her öğrenciye söz ve uygulama hakkı verilerek web sitelerindeki birim karelerde çeşitli şekiller oluşturulmuş ve bunların çevre ve alanları hesaplanmıştır. Her iki link de öğrenci velilerine gönderilmiş ve velilerden ertesi günkü oturuma kadar çocuklar için birkaç örnek çözmeleri istenmiştir. DÖ'nün son süreci olan ve modelleme sürecinin bir parçası olan aktif deneme aşamasında öğrenciler, dijital öğrenme araçlarını kullanarak öğrendikleri bilgileri yeni durumlarda uygulamışlardır. DÖ ve modelleme etkinlikleri hem deneyime hem de gerçek yaşam durumuna öncülük ettiği için iç içe geçebilmektedir. Her ikisinin de farklı süreçleri ve aşamaları olmasına ve DÖ'nün modellemeden daha geniş olmasına rağmen, birlikte ele almalarında hiçbir engel yoktur. Bu araştırma buna bir örnektir.

Dijital öykü ile işlenen iki oturumun sonunda araştırmacılar tarafından Tablo 1'de gösterilen değerlendirme rubriği oluşturulmuştur.

Tablo 1
Problem çözme değerlendirme rubriği

Ölçütler	0 puan	1 puan	2 puan	3 puan
Penguen türü seçim sebebi	Cevapsız	Yanlış sebeple kısmen doğru tür seçimi	Yanlış sebeple doğru tür seçimi	Doğru sebeple doğru tür seçimi
Penguen yuvası oluşturma türü	Cevapsız	Probleme uygun olmayan varsayımlarla modelleme	Probleme kısmen uygun varsayımlarla modelleme	Probleme tamamen uygun varsayımlarla modelleme
Bir yuvanın çevre ölçümü	Cevapsız	Yanlış çözüm	Doğru çözüm ancak yetersiz açıklama	Doğru çözüm ve doğru açıklama
Bir yuvanın alan ölçümü	Cevapsız	Yanlış çözüm	Doğru çözüm ancak yetersiz açıklama	Doğru çözüm ve doğru açıklama

Araştırmacılar tarafından geliştirilen dereceli puanlama anahtarı puan sıralamasından oluşmaktadır. Bu temalar MM aşamalarını karşılayacak şekilde belirlenmiştir. Matematiksel modellemenin ilk adımı için gerçek yaşam problemi uygulama sürecinde kullanılan öyküye yedirilmiştir. İkinci aşama olan asıl problem hakkında öğrencinin zihninde oluşturulan model, dereceli puanlama anahtarındaki birinci temaya karşılık gelmektedir. Modelleme sürecinin üçüncü (gerçek model) ve dördüncü (matematiksel model) aşamaları rubrik için belirlenen ikinci temaya karşılık gelmektedir. Son olarak dereceli puanlama anahtarında görülen son iki temanın modellemenin beşinci aşaması olan matematiksel sonuçlara karşılık geldiği belirlenmiştir. Süreç boyunca öğrencilerde bu modelleme aşamalarının ne düzeyde olduğunu belirlemek için öğrencilerin gerçekleştirdiği etkinlik ve işlemler yukarıdaki tabloda belirtilen kriterlere göre 0'dan 3'e kadar puanlanmıştır. Dereceli puanlama anahtarında yer alan dört değerlendirme kriterinden ilk ikisi modellemeyi takiben, son ikisi de modelleme ve DÖ bazında yürütülmüştür. Böylece öğrencilerin hem modelleme etkinlikleri hem de deneyimsel tepkileri analiz edilmiştir. Etkinlik sonunda her öğrenci ile bireysel olarak online görüşmeler yapılmıştır. Her bir görüşme yaklaşık 10-15 dakika sürmüştür. Bireysel görüşmeler olması sebebiyle hiçbir öğrencinin birbirini etkilemediği düşünülmektedir. Öğrencilere: “Etkinliği uygularken nasıl hissettin? Hangi bölümlerde zorlandın?” soruları yöneltilmiştir. Görüşmenin amacı, öğrencilerin sürece ilişkin duyuşsal tutumlarını ortaya çıkarmaktır. Ayrıca her iki araştırmacı da tüm derslerde ve aşamalarda gözlem yapmıştır.

Etik Kurul Kararı

Bu araştırma, Kocaeli Üniversitesi etik kurul onayına sunulmuş, onay alındıktan sonra uygulanmıştır (No: 10017888-199, Tarih: 30.09.2020).

Verilerin Analizi

Veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı analiz edilmiştir. Değerlendirmenin objektif bir şekilde yerine getirilmesi için araştırmacılar mütabık olmadıkları konuda araştırmada yer almayan bir öğretim elemanından destek almıştır. Araştırmacılar elde ettikleri analiz sonuçlarını karşılaştırarak en doğru değerlendirmeyi kabul etmişlerdir. Görüşme sonunda verilen cevaplar betimsel analiz ile çözümlenmiştir. Betimsel analiz, elde edilen verilerin değiştirilmeden alındığı analiz türüdür. Çerçeve oluşturma, tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi, verilerin tanımlanması ve son olarak yorumlanması aşaması ile analiz süreci tamamlanır (Altunışık ve diğ., 2010). Dereceli puanlama anahtarı değerlendirmesi sonucunda her bir katılımcının aldığı puanlar ortaya çıkarılmış ve sonuçlar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bunun yanı sıra araştırmacıların süreç boyunca yaptıkları gözlemler bir araya getirilmiştir. Önemli ve açıklanmaya değer gözlemler de bulgular bölümünde sunulmuştur.

Araştırmada geçerlik ve güvenirliği artırmak için çeşitleme, uzman değerlendirmesi, uzun süreli veri toplama, katılımcılardan katılma izni, tekrarlı soru sorma, yansıtıcı yorumlama ve gönüllü katılım gibi bazı teknikler kullanılabilir (Creswell ve Miller, 2000; Patton, 2002). Bu araştırmanın verileri yaklaşık altı ders saatinde toplanmış ve veriler toplanırken veriler arasında sürekli bir karşılaştırma çabasında bulunulmuştur. Araştırmada görüşmeler, modelleme etkinliği ve sınıf içi gözlemler ile birden fazla veri toplama aracını kullanarak durumlar hakkında detaylı bilgi elde etmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar en doğru kategorilere ulaşmak için her iki araştırmacı tarafından iki kez okunmuştur. Miles ve Huberman (1994), kodlayıcılar arası güvenilirlik oranının, üzerinde anlaşılan kod sayısının, üzerinde anlaşılan ve anlaşmaya varılmayan kodların toplam sayısına bölünmesiyle hesaplanabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmada araştırmacılar arasındaki anlaşma yüzdesi %86 olarak belirlenmiştir. Uzlaşı sağlanamayan durumlarda uzman görüşlerine başvurulmuştur ve kabul edilmiştir. Katılımcıların anketlere verdikleri cevaplar bulgularda tablolarla veya doğrudan alıntılarla gösterilmiştir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar katılımcılar ile paylaşılmıştır. Böylece öğrenciler nerede yanlış yaptıklarını görme fırsatına sahip olmuşlardır. Bu bağlamda araştırma süreci dışında araştırmacı ve öğretmen ile öğrencilerin cevaplarına ilişkin yakınlaştırma toplantısı yapılmıştır. Öğrencilerin doğru ve yanlış cevapları üzerinden geçerek hem kendilerinin hem de arkadaşlarının cevaplarına ilişkin görüşlerini ifade etmeleri desteklenmiştir. Eşzamanlı olarak bu toplantıda araştırmada kullanılan dijital öykü sitesi ve içeriği hakkında kısa bir özet yapılmıştır. Öğrencilerin kendilerinin kullanabilmeleri konusunda destekleyici bir konuşma yapılmıştır. Ayrıca uygulama sürecinde yaşanabilecek sorunları çalışma öncesinde tahmin etmek ve matematiksel modelleme etkinliğini test ederek çalışmanın güvenirliğini artırmak amacıyla pilot çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak verilerin gerçeği yansıtması, birbiriyle tutarlı olması gibi önemli unsurlar vurgulanarak geçerlilik ve güvenirlik sağlanmaya çalışılmıştır.

Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin oluşturdukları cevaplar değerlendirilerek tablolar halinde özetlenmiştir. Birinci ve ikinci alt problemler MM'ye, üçüncü ve dördüncü alt problemler ise DÖ'ye dayanmaktadır.

Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmada ilk olarak öğrencilerin dijital hikayedeki problemi sonucuna ulaştırmak için hangi penguen türünü seçtiği sorulmuştur. Buna ilişkin elde edilen veriler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2

Zihinsel Modellemeye İlişkin Betimsel Analiz

Zihinsel Modelleme	
Katılımcılar	Puan
K1	1
K2	3
K3	1
K4	3
K5	3
K6	2
K7	3
K8	3
K9	2
K10	3
K11	3
K12	1
K13	1
Toplam	29

Çalışmada doğru penguen türü seçimi, yuvaları daha az yer kapladığı için belirlenen alana daha fazla yuva yapmalarını sağlayan Macaroni penguenleridir. Öğrencilerin doğru türü seçmek için en uygun olanı seçerek ilk adım matematiksel modellemeyi gerçekleştirebileceklerini gösterebilir. Tablo 2'ye göre öğrencilerin yarısından fazlasının 3 puan alması doğru nedenden dolayı doğru pengueni seçtikleri anlamına gelmektedir. İki öğrenci Macaroni penguenini doğru tür olarak seçmiş ancak nedeni yanlıştır. Bu öğrenciler, Macaroni pengueninin anneleri öyle söylediği için veya küçük oldukları için diğerlerinden daha fazla yuvaya ihtiyaçları olduğu için seçilebileceğini belirtmişlerdir. İmparator penguen ise hiçbir öğrenci tarafından seçilmemiştir.

Bu sonuçlara göre öğrencilerin yarısından fazlası doğru cevap vermesine rağmen beklentilerin altında bir sonuç elde edildiği söylenebilir. Ders boyunca yapılan gözlemlerden, öğrencilerin çoğunun doğru cevabı seçebildikleri görülmüştür. Yanlış seçim yapan öğrencilerin olması problem durumunun tam olarak anlaşılamadığının bir göstergesi olarak alınabilir. Ayrıca matematiksel modellemenin bu zihinsel modelleme aşamasında öğrencilerin zihinlerinde oluşturdukları modeli sözel olarak ifade etmeleri beklendiğinden öğrencilerin zihinsel modellerini sözel olarak ifade etmekte zorlandıkları görülmektedir. Matematiksel modelleme sürecinde öğrencilerin öncelikle gerçek yaşam problemini onu net bir şekilde tanımlayacak sözel bir modelle ifade etmekte zorlandıklarını bilmeleri (Kapur, 1988) bu durumu açıklamaktadır.

İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmanın ikinci alt probleminde birinci sorunun çözümüne ilişkin modelleme etkinlikleri değerlendirilmiştir. Öğrenciler, hikayede bahsi geçen penguen türlerinden birini seçtikten sonra seçtikleri türe ait bilgiyi göz önünde bulundurarak 30x30 olarak belirlenen alana yuvalar çizmişlerdir. Öğrencilerin bu aşamada, seçtikleri penguen türlerine uygun olarak alanı en etkili biçimde ve ölçütler uygun olarak hazırlaması değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler Tablo 3'te gösterilmiştir.

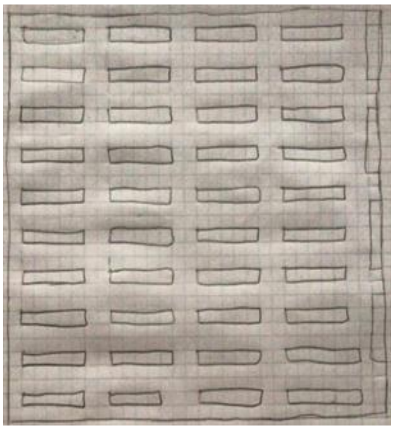
Tablo 3
Matematik Modellemeye İlişkin Betimsel Analiz

Matematiksel Modelleme	
Katılımcılar	Puan
K1	1
K2	3
K3	1
K4	2
K5	2
K6	1
K7	2
K8	3
K9	3
K10	3
K11	3
K12	2
K13	2
Toplam	28

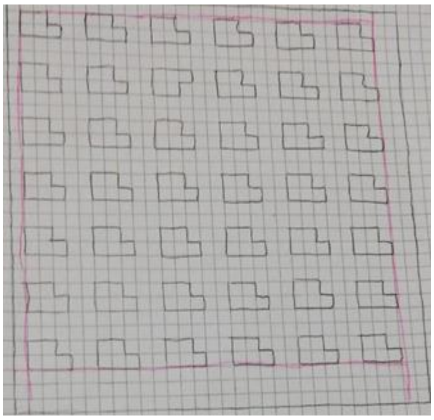
Çalışmanın ikinci alt problemi ise 30x30'luk alanda seçilen penguen cinsinin kriterlerine uygun yuvalar oluşturmaktır. Beş öğrenci tamamen problem durumuna uygun bir model oluşturabilmiştir. Beş öğrenci kısmen probleme uygun bir durumla model oluştururken, üç öğrenci probleme uygun olmayan varsayımlarla model oluşturmuştur. Probleme uygun beklenen sonuç, 30x30'luk alanın tamamının en verimli şekilde kullanılmasıdır. Öğrencilerin problemde kullanmış olacakları veri ve ipuçları problemle ilgili bilgiler kapsamında öğrencilere verilmiştir. Bu nedenle öğrencilerin en uygun şekli ve optimizasyonu uygulayabilmeleri önemli bir sonuçtur. Bu durum örnekleri aşağıda gösterilmiştir.

Resim 1 ve Resim 2'de gösterilen modellemeler en yüksek puanı alan, alanı en verimli şekilde kullanan ve problemde belirtilen ölçütlere uygun olarak hazırlanan örneklerdir. K8 ve K10 problemde belirtildiği üzere her bir yuvanın arasında iki birim karelik alan bırakmış ve olabilecek en fazla sayıda penguen yuvası yapmaya çalışmışlardır. Özellikle K8'in yaptığı modelleme çiziminde alanın en sağında bulunan alanın efektif bir biçimde kullanıldığı; K10'un çiziminde ise farklı bir şeklin kullanıldığı görülmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda her iki öğrenci de tam puan almışlardır.

Resim 1
K10'un çizdiği modelleme örneği



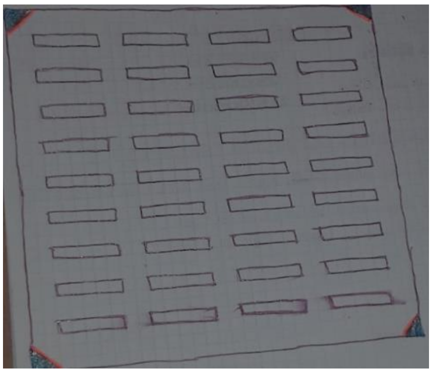
Resim 2
K8'in çizdiği modelleme örneği



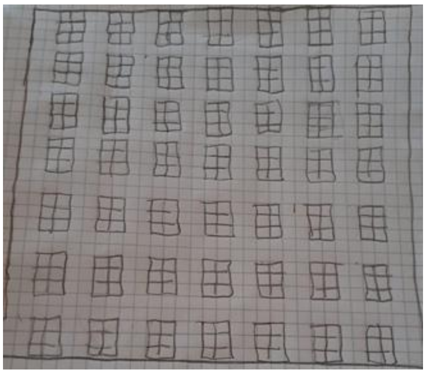
Resim 3 ve 4'te her yuva arasında olması gereken iki birim kare göz ardı edilmiş ve alan verimli kullanılmamıştır. Resim 3'te gösterilen K4 çiziminde öğrencinin doğru penguen türünü seçtiği ancak alanı verimli kullanmadığı ve bu nedenle üzerine daha az yuva sığdırdığı görülmüştür. Resim 4'te gösterilen K1 çiziminde öğrencinin hem yanlış türü seçtiği hem de problemin kriterlerini göz ardı

ettiği görülmüştür. Dolayısıyla K4 iki, K1 bir puan almıştır. Bu süreçte yapılan gözlemler sonucunda bu iki modeli oluşturan öğrencilerin diğer öğrencilere göre daha dikkatli ve titiz çalıştıkları söylenmelidir. Çoğu öğrencinin deneme yanılma yöntemiyle bir sonuca varması dikkat çekiciydi.

Resim 3
K4'ün çizdiği modelleme örneği



Resim 4
K1'in çizdiği modelleme örneği



Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmanın üçüncü ve dördüncü aşamasında öğrencilerin ilk gün gerçekleştirilen iki saatlik oturumlarda anlatılan birim kareler ile çevre ve alan konularına dair bilgilerini ölçmek amaçlanmıştır. Bu aşamalarda öğrencilerin bir birim karenin bir kenarının ölçüsünün 20 cm olduğuna dikkat etmeleri ve buna göre hesaplama yapmış olmaları gerekmektedir. Çevre ölçmeye ilişkin elde edilen bulgular Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4
Matematiksel sonuca(çevre) ilişkin betimsel analiz

Matematiksel Sonuç (Çevre Ölçmeye İlişkin)	
Katılımcılar	Puan
K1	0
K2	2
K3	1
K4	3
K5	3
K6	2
K7	3
K8	1
K9	3

(devam)

Tablo 4 (devam)

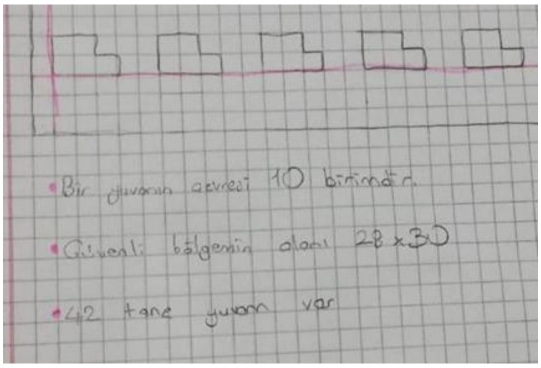
K10	3
K11	2
K12	2
K13	2
Toplam	26

Tablo 4'e göre beş öğrenci tam puan alarak oluşturdukları yuvaların çevresini hesaplayabilmişler ve doğru çözüm ile doğru açıklama yapabilmişlerdir. Beş öğrenci çevre ölçmeyi yapabilmiş ancak bir birim karenin bir kenarının ölçüsünü 20 cm olarak almamışlardır. Bu sebeple bu öğrencilere 2 puan verilmiştir. İki öğrenci çevre hesaplamasını tamamen yanlış yaparken bir öğrenci hiçbir hesaplama yapmamıştır.

Aşağıda bir öğrencinin çevre hesaplamasına ilişkin örnek diyalog yer almaktadır.

Resim 5

K11'in yanıtlarından bir kesit



Araştırmacı: "Bana çizdiğin yuvalardan bir tanesinin çevresini hesaplar mısın?"

K11: "Evet öğretmenim. (Hesaplar) 10 birim öğretmenim."

Araştırmacı: "Nasıl 10 birim olarak hesapladın?"

K11: "Yuvanın bir köşesinden başlayarak kenarları saydım 10 birim oldu." (Defterine yazar)

Araştırmacı: "Anladım. Peki birim karenin bir kenarı 1 birim olarak mı düşündün?"

K11: "Evet öğretmenim 1 birim olarak saydım, yanlış yapmışım…"

Araştırmacı: "Biz hikayenin içerisinde güvenli bölgedeki birim karelerin her birinin bir kenarının 20 birim olduğunu söylemiştik, hatırlıyor musun?"

K11: "Şimdi hatırladım öğretmenim ama çevresini hesaplarken unutmuştum. Hemen hesaplayayım derken o aklımdan çıkmış."

Araştırmacı: "Peki şimdi senden bir kenarının 20 birim olduğunu düşünerek hesaplamanı istesem, kolay yoldan nasıl hesaplanabilir?"

K11: "Öğretmenim ben 1 birim olarak düşündüğümde 10 demiştim çevresine o yüzden şimdi 10 ile 20'yi çarpabilirim çünkü bir kenarı artık 20 böyle kolay olur."

Araştırmacı: "Güzel bir yol, peki kaç bulursun o zaman bir yuvanın çevresini?"

K11: "200 olur öğretmenim." (Zihninden hesaplamaya çalışır)

Yukarıdaki diyalogda görüldüğü üzere, öğrenci oluşturduğu bir yuvanın çevre ölçümünü teknik olarak doğru yapmıştır. Fakat uygulama sürecinde kullanılan dijital hikayenin içinde vurgulanan bilgilerden, güvenli bölgenin içerisindeki her bir birim karenin bir kenarının 20 birimden oluştuğu bilgisini hesaplama yaparken kullanmamıştır. Araştırmacı, öğrenci işlemini bitirdikten ve yuvanın çevresine karar verdikten sonra kendisine bir kez daha hatırlatma yapmış ve bu hatırlatma doğrultusunda öğrenci pratik bir yol izleyerek doğru sonuca ulaşmıştır.

Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmanın rubrik ile değerlendirilen son aşamasında ilk gün anlatılan birim kareler ile alan konularına dair bilgilerini ölçmek amaçlanmıştır. Alan ölçmeye ilişkin elde edilen bulgular Tablo 5'te belirtilmiştir.

Tablo 5

Matematiksel Sonuca(Alan) İlişkin Betimsel Analiz

Matematiksel Sonuç (Alan Ölçmeye İlişkin)	
Katılımcılar	Puan
K1	0
K2	2
K3	1
K4	1
K5	1
K6	1
K7	1

(devam)

Tablo 5 (devam)

K8	1
K9	2
K10	2
K11	3
K12	0
K13	0
Toplam	16

Tablo 5'e göre yalnızca bir öğrenci alan hesaplamasını tamamen doğru cevaplamıştır. Üç öğrenci alan hesabını doğru yapmış ancak bir birim karenin bir kenarının uzunluğunun 20 cm olduğunu göz ardı etmiştir. Çoğunluğu oluşturan 6 öğrenci tamamen yanlış çözüm yapmış olup üç öğrenci hiçbir işlem yapmamıştır.

Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmada son olarak öğrencilerin sürece ilişkin görüşlerini almak için kısa görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde sorulan sorular, öğrencilerin etkinlikler boyunca kendilerini nasıl hissettiği ve nerelerde zorlandığıdır. Sürece ilişkin katılımcı görüşleri hakkındaki bulgular Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Süreç hakkındaki görüşler

Katılımcıların Görüşleri	Katılımcı Sayısı
Etkinliklerden keyif almak	11
Biraz zor bulmak	2

Öğrencilerin büyük çoğunluğu etkinliklerden keyif aldığını, eğlendiğini ve ileride tekrar bu gibi etkinlikler yapmak istediklerini belirtmişlerdir. Yalnızca iki öğrenci biraz zorlandığını ifade etmiştir. Buna dair bir öğrenci ve araştırmacı arasında geçen diyalog şöyledir:

Araştırmacı: "Etkinlikleri uygularken kendini nasıl hissettin?"

K12: "Hiç sıkılmadım ama biraz zorlandım öğretmenim."

Araştırmacı: "Nerelerde zorlandın?"

K12: "20 cm vardı ya orası."

Araştırmacı: "Alanı mı yoksa çevreyi hesaplarken mi zorlandın bu 20 cm ile peki?"

K12: "Çevreyi öğretmenim. 20 olmasaydı bence daha kolay olurdu."

Diğer bir öğrenci ile gerçekleşen diyalog ise aşağıda verilmiştir:

Araştırmacı: "Hangi kısımlarda daha çok zorlandın?"

K8: "Yuvaları sığdırması biraz zor ve karışık oldu."

Araştırmacı: "Sonuçlarına baktığımda yapabildiğini gördüm. Zorlanmışsın ama yine de yapmışsın."

K8: "Evet öğretmenim ama biraz karışıktı gerçekten."

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi öğrenciler etkinlikleri sevdiklerini ifade etseler de elde edilen bulgular özellikle birim karenin anlam karmaşası yarattığını ve bir kenarının 20 cm olmasının öğrenciler tarafından genel olarak görmezden gelindiğini işaret etmektedir. Diğer bir öğrenci ise yuvaları sığdırmakta zorlandığını ifade etmiştir. Yuvaların sığdırılması ve belirlenen alan içine yerleştirilmesi problemin düşündürücü olan önemli kısımlarından birisidir. Bu durum, birçok öğrencinin zorlandığı değerlendirme rubriği sonucunda da öne çıkan bulgulardan biri olmuştur. Bunun dışında öğrencilerin ifadelerinden birkaç örnek sıralamak gerekirse:

K9: "Bence diğer matematik derslerinden daha güzel aklıma girdi konular."

K2: "Konuyu öğrenebildiğimi hissettim."

K4: "Çevreyi eskiden çok bilmiyordum şimdi daha iyi öğrendim."

Sonuç olarak öğrencilerin etkinlikler boyunca keyif aldığı gözlemlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, dördüncü sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme sürecini deneyimsel öğrenme modeli bağlamında değerlendirmek hedeflenmiştir. DÖ, öğrencilerin matematiksel düşünme ve akıl yürütme becerilerini, akademik başarılarını, yaratıcılıklarını geliştirir; matematik bilgisi ile ilgi ve motivasyonu artırır ve uzaktan öğrenmeyi olumlu etkiler (Chesimet, ve diğ., 2016; Eaton, 2010; Jarvis ve Pell, 2005; Jose ve diğ., 2017; Newsome ve diğ. 2005.; Parker ve Gerber, 2000; ; Ramey-Gassert et al. 1994; Stake ve Mares, 2001; Weinberg ve diğ., 2011). Belirtilen araştırmaların sonuçlarından yola çıkarak bu araştırma sonuçlarının da benzer olduğu söylenebilir. Öğrencilerin bazı kavramlar hakkında akıl yürütmekte zorlandıkları ve bunlardan farklı olarak motivasyonlarının artması sonuçlarına ulaşılmıştır.

Araştırmanın ilk problemi, katılımcıların zihinsel modelleme durumlarını ortaya çıkarmak olmuştur. Bu durumu ölçmeyi amaçlayan "Virüsler Penguenlere Bulaşır mı?" hikayesinin sonunda belirtilen problemi çözmek için bir penguen türü seçilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada doğru penguen seçimi, yuvaları daha az yer kapladığı için belirlenen alana daha fazla yuva yapmalarını sağlayan Macaroni penguenleridir. Sonuçlar birçok katılımcının doğru türü seçtiğini göstermiştir. Matematik eğitiminin temel amacı çocuğun akıl yürütmesi ve matematikselleştirebilmesi olduğundan, mantıksal sonuçlara varmak için varsayımları takip etmek ve düşünmek matematiksel girişimin merkezinde yer alır (Pooja, 2012). DÖ'ye gelince, öğrenenler tarafından becerilerin edinilmesinin ve bilginin yapılandırılmasının deneyimin doğrudan bir sonucu olduğunu iddia eder. Öğrenen, deneyimleri seçme ve bunlara katılma yeteneğine sahiptir (Atherton, 2009). Araştırmaya 13 öğrencinin katıldığı düşünüldüğünde bu azımsanacak bir sayı değildir. Dereceli puanlama anahtarında yer alan tüm ölçütlerde olduğu gibi bu ölçütte de alınması gereken en yüksek puan 39 olurken, katılımcıların aldığı puan 29'dur. Bu sonuç diğer sonuçlara göre en yüksek puan olmasına rağmen beklenenden düşük çıkmıştır. Bu durumun bir açıklaması, öğrencilerin matematiksel modelleme deneyiminin olmaması ve bu nedenle varsayım fikrine alışkın olmamaları ve problemin çözümü için varsayımda bulunmakta zorlanabilecekleridir. Ayrıca matematiksel kavramlar, kurallar ve ilkeler birbirinden bağımsız algılandığında, Matematik çalışırken işlevsel belleğe gerekli yönü getirmek oldukça zordur (Boz, 2008). Bu durumu göz önünde bulundurarak problemde maksimum yuva yerleştirme kuralı verildiğinden ve Macaroni pengueninin en az alanı kapladığı ilkesi birbirinden bağımsız algılandığından öğrencilerin geçerli bir nedenden dolayı uygun penguen türünü seçmekte zorlandıkları sonucuna varılmıştır. Bu sonuca paralel olarak bazı araştırmalarda öğrencilerin farklı temsillerle sunulan verileri anlamakta ve uygulamada zorlandıkları belirtilmiştir (English ve Watters, 2004; Hwang ve diğ., 2007; Santa ve diğ. 2019). Bu sonucun da diğer sonuçlarda olduğu gibi öğrencilerin bu konulardaki deneyim eksikliğinden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Deneyimsel öğrenmede edindiği bilgi ve kavramlara sahip olan çocuk, bu yeni bilgiyi döngünün aktif uygulama basamağı olan dördüncü aşamasında test eder (Kolb, 1984). Bu araştırmanın sonuçlarına baktığımızda, öğrencilerin genel olarak deneyimlerini yeni durumlara adapte etmekte zorlandıklarını görmekteyiz. Yaşantısal öğrenmede gözlem ve uygulama aşamalarının çeşitli davranışların sonraki durumlara aktarılarak kullanılmasını temsil ettiği düşünüldüğünde (Çakıcı ve diğ., 2006), öğrencilerin uygun temsilleri kullanma konusundaki eksikliklerini vurgulamak yanlış olmayacaktır. Benzer şekilde matematiksel modellemede öğrencinin süreçte oluşturduğu modeli sonraki aşamalarda gerçek yaşam problemine uyarlamada ve oluşturduğu modeli başka bir problem durumunda kullanmada güçlük çekmesi bu sonucu açıklayabilir.

İkinci olarak öğrencilerden seçtikleri penguenler için 30x30 luk bir alanda birim karelerden oluşan penguen yuvaları yapmaları istenmiştir. Toplamda beş öğrenci, probleme tam olarak uyan durum için bir model oluşturmayı başarmıştır. Problem için beklenen uygun sonuç 30x30'luk alanın tamamının en verimli şekilde kullanılmasıdır. Bu nedenle öğrencilerin yuvaları en uygun şekilde uygulayabilmeleri ve alanı verimli kullanabilmeleri önemli bir sonuçtur. Bu durum, matematiksel modellemenin matematikselleştirme aşaması ile ilgilidir. Matematikleştirme sürecinde öğrencilerin problem durumunu betimlerken belirledikleri bilgileri matematiksel olarak temsil edebilmeleri ve matematiksel ilişkiler kurarak modeli oluşturabilmeleri gerekmektedir (Lesh ve Doerr, 2003). Burada matematiksel olarak ölçeklendirmek istediğimiz tam olarak geometrik şekillerin kullanımı değil ama böyle bir problemde bu kavramsal bilginin de gerekli olduğu düşünülmektedir. Amacımız, öğrencilerin geçmiş deneyimlerini ve hayal güçlerini kullanarak uygun bir geometrik şekil oluşturarak matematiksel modelleme yapabilme becerilerini incelemektir. Öğrenciler genellikle bu tür muhakeme gerektiren problem durumlarıyla karşılaşmak zorunda kalırlar. Çünkü bu problemler, hem muhakeme etmelerine hem de uygun bir temsil yaratmalarına izin verdiği için çok değerlidir. Bunlara ek olarak öğrencilerin bu soruyu cevaplarken yaratıcı bir bakış açısıyla yaklaşmaları beklenmiştir. Hem matematiksel bilginin hem de DÖ yaklaşımının yaratıcılıkla yüksek oranda ilişkili olduğu bilinmektedir (Chesimet ve diğ., 2016). Bu nedenlerle öğrencilerin bu soruya gerçekçi cevaplar vermesi hem model olma hem de yaşayarak öğrenme açısından önemlidir.

Araştırmada öğrenciler açısından en zorlayıcı kısım ise öğrencilerin penguen yuvalarını alana yerleştirmeleri olmuştur. Bu ölçütten alınması gereken en yüksek puan 39 iken öğrencilerin aldığı puan 28'dir. Bu puan soru için olumlu kabul edilmiştir. Ancak araştırma grubunun birim kareyi online ve kısa sürede öğrenmesinin bu sonuçları etkilediği sonucuna varılmıştır. Sınıfta yapılan çalışmaların somut malzeme kullanımına olanak sağlaması ve çevre-alan gibi konularda somut durumların önemli olması bu sonuçlarda öne çıkmaktadır. Ancak matematiğin soyut kavramlarını somut hale getirmek için kavramın günlük yaşamla ilişkilendirilerek doğru anlaşılmasını sağlayan en önemli araçlardan biri de MM'dir. Modelleme sayesinde öğrenciler matematiksel kavramların somut uygulamalarını deneyimleme fırsatı bulurlar (Cramer ve diğ., 2003; Çavuş Erdem ve diğ., 2017; Çiltaş ve Işık, 2012; Lesh ve diğ., 2007). Modelleme etkinliğinin bu özelliğinden dolayı somut ve yaratıcı düşünebilen, uygulama sürecinde alanı olması gerektiği gibi şekillendirebilen öğrencilere sahip olunması umut vericidir.

Bu araştırmanın üçüncü ve dördüncü aşamaları tamamen matematiksel bilgi ile ilgilidir. Üçüncü olarak, katılımcıların çevre ile ilgili matematiksel sonuçları incelenmiştir. Buna göre her katılımcıdan doğru tür seçimine bakılmaksızın bir yuvanın çevresini bulması istenmiştir. Beş öğrenci sonucu tamamen doğru hesaplarken, beş öğrenci çevreyi hesaplamış ancak birim boyutunu 20 cm olarak almayı ihmal etmiştir. Bu sonuçlar öğrencilerin çevreyi anladıklarını ancak birim kareyi tam olarak kavrayamadıklarını ve dolayısıyla yanlış ölçüm yapmalarına neden olduğunu göstermiştir. Bu durumun nedeni, öğrencilerin problem çözerken ezberci yöntemleri takip ederken dikkat eksikliğinden dolayı yanlış bir çözüme ulaşmalarıdır. Bu öğrenciler tüm dikkatlerini ezberledikleri kurallara verdikleri için gerekli bilişsel becerileri kullanamadıkları için yanlış sonuca varmışlardır (Bilen ve Çiltaş, 2015; Işık ve Mercan, 2015). Bu sonucun bir başka nedeninin de öğrencilerin birlikte çalışacakları, yeni fikirler üretecekleri ve kendilerini savunacakları okul içi ve okul dışı MM etkinliği deneyiminin sınırlı olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Blum ve Ferri, 2009; Eraslan ve Kant, 2015). Öğrencilerin çevre kavramında elde ettikleri hatalı sonuçlar, matematiksel bilgilerinin yanında çevre kavramının günlük yaşamda ne anlama geldiğini tam olarak bilmemelerinden kaynaklanabilir. Bu kavramı zihninde görselleştiremeyen ve üzerinde düşünemeyen bir öğrencinin deneyim eksikliği de bu sonuçları yorumlamak için bir sebep olabilir (Ferdianto ve Hartinah, 2020). Bu durum, yaşayarak öğrenmenin matematiksel kavramlarla birlikte ele alınmasının önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Dördüncü olarak, alan ölçümüne ilişkin matematiksel sonuçlar incelenmiştir. Ancak, alan ölçümündeki sonuçlar çevre ölçümünden daha düşüktü. Öğrencilerin alan ölçümünde yaptıkları birçok hatanın nedeni alan ve çevrenin birbiriyle karıştırılmasıdır ve öğrencilerin bu iki konuyu çok iyi anlamamasına ve kavram yanılgılarına yol açmaktadır (Baturo ve Nason, 1996; Chappell ve Thompson, 1999; Divrik ve Pilten, 2021; Jirotková ve diğ., 2019; Moyer-Packenham, 2001; Outhred ve Mitchelmore 2000; Tan Şişman ve Aksu, 2016; Yeo, 2008). Özellikle alan hesabı yapılırken öğrenciler sıklıkla formül kullanımından, işlem hatalarından ve geometrik şekillerin yanlış modellenmesinden kaynaklanan hatalara düşmektedir (Divrik ve Pilten, 2021). Çevre hesaplaması bir şeklin etrafındaki uzunluğu ölçerken, alan hesaplaması ölçülecek alan içinde kaç tane bölgesel boyutun belirlendiğini saptar. (Gürefe, 2018). Çevre ölçümünde öncelikle standart dışı birimlerle öğrencilere ip veya mezura ile bir bölgenin etrafındaki mesafeyi ölçme fırsatı verilmelidir (Çilingir Altıner, 2020). Bu sayede öğrenciler çeşitli etkinliklerle deneyim kazanarak öncelikle çevre kavramına ilişkin zihinlerinde bir model geliştirebilirler. Bundan sonra "sınır içindeki bölüm" (Gürefe, 2018) olarak alan kavramına geçiş yapılmalıdır. Matematikteki birçok kavramın kazanımı gibi, çevre ve alan kavramlarının kazanımı da çeşitli temsiller ve modeller yardımıyla etkili bir şekilde öğretilebilir. Bu nedenle çevre ve alan belirsizliğinin gerçek yaşam durumları deneyimlenerek ve konu ile ilgili çeşitli modelleme etkinlikleri uygulanarak giderilebileceğine inanıyoruz.

Bu çalışmada sadece bir öğrenci alanı doğru olarak hesaplayabilmiştir. Ancak iki öğrencinin hesaplamaları doğru yapması alan konusunu anladığını gösterirken 20 cm detayını dikkate almamıştır. Gözlem notlarımız da öğrencilerin alanı hesaplamakta zorlandıklarını kanıtlamaktadır. Alan ölçümünü anlamak için, alanın sınırlı bir bölge olduğunu anlamak ve daha sonra bunu hesaplayabilmek gerekir. Alanı hesaplamak için ölçü aletini yani birimi anlamak gerekir. Çünkü alan ölçümü, sınırlı bir düzlemin aynı tip ve uygun ölçü birimlerinden kaç tanesini kapsayacağının belirlenmesidir (Reynolds ve Wheatley, 1996). Ölçme alanı ile ilgili literatür incelendiğinde öğrencilerin ölçme ile ilgili kavramları anlamakta, ilişkilendirmekte ve bu kavramları problem çözme sürecine dahil etmekte zorlandıkları görülmüştür. Alan, çevre gibi kavramların mantığını anlamadan ezbere dayalı formüllerle işlem yapmaya çalıştıkları görülmektedir (Chappell ve Thompson, 1999; Martin ve Strutchens, 2000; Stephan ve Clements, 2003).

Öğrenciler günlük yaşamlarında bazı matematiksel konu ve bilgilerin ne anlama geldiğini anlamakta zorlanabilirler. Alan ve çevre konuları öğrenciler için bu konulardan biridir. Literatürdeki çalışmaların bir diğer ortak sonucu da alan ve çevre kavramlarının öğrencilerin en çok hata yaptıkları ve anlamakta zorlandıkları kavramlar arasında yer almasıdır (Chappell ve Thompson, 1999; Geary ve diğ., 2008; Jirotková, ve diğ. .2019; Yeo, 2008). Bu sonucu deneyimsel öğrenme temelinde ele aldığımızda, diğer sonuçlardan farklı olarak öğrencilerin DÖ döngüsünde somut yaşantı ile soyut kavram arasındaki ilişkiyi kavrayamadıklarını ve bunun sonucunda kavramsallaştırmada zorlandıklarını söyleyebiliriz. Bu sonucu modellemenin önemli bir bileşeni olarak kabul edilen matematikleştirme açısından yorumlamak doğru olabilir. Gerçek yaşam problemini matematikselleştirmek, yani formel bir yapıya dönüştürmek, gerçek yaşamın karmaşık yapısı nedeniyle zor bir iştir. Bu nedenle problemin matematikleştirilmesi, gerçek yaşam problemine yakın daha kullanışlı ve basit bir yapıya dönüştürülmesi ile mümkündür (Kapur, 1988). Matematikleştirme sürecinde öğrenciler öncelikle gerçek yaşam problemini açık bir şekilde betimleyecek sözel bir model oluştururlar. Daha sonra matematiksel bilgi ve tecrübesi doğrultusunda matematiksel bir model oluşturur ve sembol ya da formül olarak ifade eder. Bu modelin oluşumunda önemli olan bireyin matematiksel deneyimidir. Bunun yanı sıra çevre üzerinde yapılan öğrenci hatalarında da görüleceği üzere öğrencilerin alandaki deneyim eksiklikleri bu konuda yanlış ve eksik cevaplar vermelerine neden olabilmektedir. Bu sonuç, öğrenci deneyiminin okul matematiğindeki başarılarını ne kadar etkilediğini göstererek hem DÖ hem de matematikleştirme gibi kavramların önemini vurgulamaktadır.

DÖ kapsamında çevre ve alan konuları çeşitli eğitim siteleri aracılığıyla öğrencilere konu öğretimi olarak gösterilmiştir. DÖ teorisine dayalı eğitim, her öğrenme yoluna uygun eğitim etkinliklerinin düzenlenmesini gerektirir (Kolb, 1984). Eğitim alanında yapılan araştırma sonuçları, internet ortamının öğrencilerin başarıları üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. (Kılıç, 2002; Kule, 2002). Bu nedenle DÖ online olarak da yapılabilir ve başarılı bir şekilde çalışılabilir. Ancak bu çalışmada ele alınan matematik konularının özellikle alan konusunun daha soyut olması ve dikkatin dağılmaması için konunun kısa ve öz olarak gösterilmesi çalışmanın beklenenden daha düşük bulgularla sonuçlanmasına neden olmuştur. Bu durum özellikle ilkokul düzeyinde uzaktan eğitimin bir sınırlılığı olarak yorumlanmıştır. Öğrenciler günlük yaşamda ve hatta okulda sıklıkla kullanmadıkları yöntemlere yabancı oldukları için beklenenden daha düşük cevaplar alma ihtimalleri vardır (Guimarães ve Oliveira, 2018). Çevre ve alan konuları günlük yaşamda ve okul yaşamında kullanılabilse de bu araştırmada olduğu gibi öğrenci merkezli, karşılaştırma gerektiren etkinliklerden kaçınıldığı anlaşılmıştır.

Son olarak bu araştırmada öğrencilerin süreçte neler hissettikleri ve nerelerde zorlandıklarına yönelik sorularla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin çoğu etkinliklerden keyif aldıklarını ve eğlendiklerini belirtirken bazı bölümlerde zorlandıklarını da belirtmişlerdir. Özellikle birim karenin bir kenarının 20 cm. olması bazı öğrenciler için kafa karıştırıcı olmuştur. Yuvaları oluşturmakta zorlanan öğrenciler de olmuştur ancak bu araştırmanın amacı, öğrencilerin akıl yürüterek ve zihinlerini zorlayarak en iyi çözüme ulaşmalarını sağlamaktır. MM'de öğrencilerin kolaylıkla çözebilecekleri problemler yerine öğrencilerin üzerinde düşünmeleri ve farklı çözüm yolları bulmaları gereken problemlerin kullanılması gerekmektedir. Çünkü MM her aşamasında dikkat gerektiren ve üstbilişsel becerilerin çok etkin olduğu bir yöntemdir (Bilen ve Çiltaş, 2015). Bu nedenle bu araştırmada çalışma grubu belirlenirken tüm sınıfa üstbilişsel farkındalık ölçeği uygulanmış ve ölçekten en yüksek puanı alan yani üstbilişsel farkındalığı en yüksek olan 13 öğrenci çalışma grubu olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, öğrencilerin kendilerine sunulan problemi tanımlama, sözel olarak ifade etme ve matematikselleştirme aşamalarında etkin oldukları, ancak ortaya çıkan modelin yorumlanması, geçerliği ve modele uyarlanması aşamalarında etkin olmadıkları görülmüştür. DÖ perspektifinden düşünüldüğünde öğrenciler ilk günkü etkinlikte çevre ve alanı bilmişler ve çeşitli alıştırmalar yapmışlardır. Böylece birim kare ile nasıl hesap yapılacağı konusunda deneyim kazanmışlardır. Ancak ertesi gün oluşan hikaye ve problemde öğrenciler bu konuda alan ölçme gibi zorluklar yaşamıştır. Öğrencilerin aritmatik işlemden daha çok kavramsal işlemlerde zorluk yaşadıkları gözlenmiştir. Konuyu öğrenmede yaşanan güçlüklerin temelinde, öğrencilere bir formül olarak sunulan algoritmalara dayalı geleneksel öğretim yaklaşımı ve öğrencilerin bu öğrenme sürecinde ezberci bir yaklaşımla yer almaları yatmaktadır (Cobb ve diğ., 2008; Kidman ve Cooper, 1997). Bu nedenle bu algoritmaların matematiksel ifadelerle anlaşılır bir şekilde anlatıldığı öğretim yaklaşımı önemlidir. Bu noktada öğrencilerin matematiksel modelleme etkinlikleriyle tasarlanmış, kendi deneyimleriyle bilgilerini oluşturdukları, geleneksel olmayan bir öğrenme ortamında gerçek yaşam problemleri üzerinde çalışmaları gerekmektedir. Bu durum diğerlerinde olduğu gibi konuyu tam olarak kavrayamamak şeklinde yorumlanmıştır. Bu tür araştırmalar sınıfta yüz yüze yapılırsa birçok farklı olumlu sonucun çıkacağı düşünülmektedir. Öğrenme ortamlarının en önemli öğelerinden biri olan ve bizim sınırlılıklarımızın bir parçası olan yüz yüze etkileşimin olmaması gibi uzaktan eğitimin sınırlılıkları nedeniyle, öğrencilerin kendi kendine çalışma alışkanlığının olmaması, kısa ve öz etkinlikler planlanmış ve yürütülmüştür. Çevre ve alan ikinci sınıftan itibaren matematik öğretim programının (müfredatının) her kademesinde yer aldığı ve geometri ile de ilgili olduğu için öğrenciler bunları iyice anlamalıdır.

Bu araştırmada matematiksel modelleme gerektiren problem çözme sürecinde bir bakış açısı olarak deneyimsel öğrenme ele alındı ve bu nedenle her iki bakış açısının da farklı aşamaları ve süreçleri olmasına karşın DÖ'nün matematikleştirme sürecine önemli bir katkı sağlayabileceği belirtilebilir. Araştırmacıları bazı noktalarda yorumsuz bırakan sonuçların bir nedeninin de bu olduğu düşünülebilir. Bu konuda daha yapılacak çok iş olduğu belirtilebilir. Ayrıca araştırmalar çevre ve alan konularını ele alsa da bu iki kavram arasındaki kavram yanılgılarını gidermek için müdahale çalışmalarının yapılması önerilebilir.

Bu araştırmanın en büyük sınırlılığı, öğrencilerin matematiksel etkinlikleri kısa sürede ve çevrimiçi olarak uygulamalarıdır. Özellikle çevre ve alan gibi daha somut materyallerin kullanımını gerektiren kavramların online olarak öğretilmesi hem uygulayıcı hem katılımcılar için sınırlılık (dezavantaj) oluşturmuştur. Sınıfta böyle bir etkinlik yapmanın çok daha zengin bulgular ve tartışma bölümü oluşturmayı sağlayacağı tahmin edilmektedir. Bunun dışında araştırmaya daha önce katılan ancak daha sonra ayrılan ve derslere devam edemeyen öğrencilerin olması da bir başka sınırlılık olarak değerlendirilebilir. Ayrıca matematiksel modelleme etkinlikleri, heterojen grupların işbirlikli öğrenme ortamında akran eğitimi yaklaşımıyla kuramsal olarak işlenmektedir. Pandemi nedeniyle zorunlu duruma gelen uzaktan eğitim sürecinde, sözü edilen matematiksel modelleme ölçütü sağlanamadığı için işbirlikli öğrenme bir kısıtlılık olarak gerçekleştirilememektedir.

References

Akgün, L. Çiltaş, A., Deniz, D., Çiftçi Z. ve Işık, A. (2013). İlköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme ile ilgili farkındalıkları [Primary school mathematics teachers' awareness on mathematical modelling] *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6*(12), 1-33. https://doi.org/10.14520/adyusbd.410

Alemdağ, C. ve Öncü, E. (2015). Kolb öğrenme stili modeline göre beden eğitimi öğretmeni adayları [Pre-service physical education teachers according to kolb's model of learning style]. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi (ALEG), 1*(1) 1-12. https://dergipark.org.tr/en/pub/aleg/issue/1662/20569

Altunışık, R., Çoşkun, R., Yıldırım, E. ve Bayraktaroğlu, S. (2010). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri, SPSS uygulamalı [Research methods in social sciences, SPSS applied]*. (6th Edition). Sakarya Yayıncılık.

Atherton, J. S. (2009). *Learning and teaching external learning* http://www.learning and teaching.info/learning/experience.html.

Baturo, A., & Nason, R. (1996). Student teachers' subject matter knowledge within the domain of area measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 31, 235–268. https://doi.org/10.1007/BF00376322

Bilen, N., & Çiltaş, A. (2015). Evaluation of mathematical models and modeling in the fifth-grade mathematics curriculum based on teachers' views. *E-Kafkas Journal of Educatianal Research*, *2*(2). 40-54.

Bilgin İ, Durmuş S (2003). Öğrenme stilleri ile öğrenci başarısı arasındaki ilişki üzerine karşılaştırmalı bir araştırma [A comparative research on learning styles and the success of students]. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi, 3*(2), 381 - 400.

Blum, W., & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1*(1), 45-58.

Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H., & Niss, M. (2007). *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI Study*. Sprenger.

Blum, W., & Leiß, D. (2007). Investigating Quality Mathematics Teaching–the DISUM project. *Developing and Researching Quality in Mathematics Teaching And Learning, Proceedings of MADIF*, 5, 3-16.

Blum, W. & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modeling, applications, and links to other subjects - state, trends, and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics, 22*(1), 37-68.

Boz, N. (2008). Why is mathematics difficult? *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education (EFMED), 2*(2), 52-65.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri [Scientific research methods].* (18th edition). Pegem Akademi Yayıncılık.

Chamberlin, S. A. (2013). *Statistics for Kids: Model eliciting activities to ınvestigate concepts in statistics*. Prufrock Press.

Chappell, M. F., & Thompson, D. R. (1999). Perimeter or area? Which measure is it? *Mathematics Teaching in the Middle School, 5*(1), 20-23.

Chesimet, M. C., Githua, B. N., & Ng'eno, J. K. (2016). Effects of experiential learning approach on students' mathematical creativity among secondary school students of kericho east sub-county, Kenya. *Journal of Education and Practice, 7*(23), 51-57.

Cobb, P., Zhao, Q., & Visnovska, J. (2008). Learning from and adapting the theory of realistic mathematics education. *Éducation et didactique, 2(*1), 105-124. https://doi.org/10.4000/educationdidactique.276

Creswell, J. W., & Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. *Theory İnto Practice, 39*(3), 124-130. https://doi.org/10.1207/s15430421tip3903_2

Çakıcı, D., Alver, B. ve Ada, Ş. (2006). Anlamlı ögrenmenin ögretimde uygulanması [The application of meaningful learning in teaching]. *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, 0*(13), 71-80.

Çavuş Erdem, Z., Doğan, M., Gürbüz, R. ve Şahin, S. (2017). The reflections of mathematical modeling in teaching tools: textbook analysis. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences, 7*(1), 61-86. https://doi.org/10.17984/adyuebd.309793

Çetinkaya, B., Kertil, M., Erbas, A. K., Korkmaz, H., Alacaci, C., & Cakiroglu, E. (2016). Pre-service teachers' developing conceptions about the nature and pedagogy of mathematical modeling in the context of a mathematical modeling course. *Mathematical Thinking and Learning, 18*(4), 287-314. https://doi.org/10.1080/10986065.2016.1219932

Çiltaş, A. ve Işık, A. (2012). Matematiksel modelleme yönteminin akademik başarıya etkisi [The effect of mathematical modeling method on academic achievement]. *Çağdaş Eğitim Dergisi Akademik, 1*(2), 57-67.

Daugherty, K. K. (2006). Backward course design: making the end the beginning. *American Journal of Pharmaceutical Education,* 70, 1-5. https://doi.org/10.5688%2Faj7006135

Dewey, J. (2014). *Deneyim ve eğitim [Experinence and education]* (S. Akıllı, Çev.). ODTU Yayıncılık. (Orijinal eserin basım yılı 1998)

Divrik, R. ve Pilten, P. (2021). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin çevre ve alan konularında yaptıkları hataların analizi [An analysis of 4th grade students' errors in the topics of perimeter and area]. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 12*(1), 333-356. https://doi.org/10.51460/baebd.868760

Drijvers, P. H. M. (2003). *Learning algebra in a computer algebra environment*. [Doctoral dissertation], Freudenthal Institute, Utrecht, The Netherlands: CD-β Press.

Eaton, S. E. (2010). *Formal, non-formal and informal learning: The case of literacy, essential skills, and language learning in Canada*. Eaton International Consulting.

English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school: children's construction of a consumer guide. *Educational Studies in Mathematics, 62*(3), 303–329. https://doi.org/10.1007/s10649-005-9013-1

English, L. D., & Watters, J. (2004). *Mathematical modelling with young children*. Paper presented at the 28th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics. Bergen, Norway.

English, L., & Watters, J. (2005). Mathematical modeling in the early school years. *Mathematics Education Research Journal, 16*, 58-79. https://doi.org/10.1007/BF03217401

Eraslan, A., & Kant, S. (2015). Modeling processes of 4th-year middle-school students and the difficulties encountered. *Educational Sciences: Theory and Practice, 15*(3), 809-824. https://doi.org/10.12738/estp.2015.3.2556

Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar [Mathematical modeling in mathematics education: Basic concepts and different approaches)] *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 14*(4), 1-21. https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039

Ertekin, E. (2005). *Öğrenme ve öğretme stilleri üzerine bir çalışma [A study on learning styles and teaching styles]*. (Tez No. 153904) [Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Ertürk, M., & Şahin, G. (2019). The use of second life game as a experimental learning model for learning social studies. *Hacettepe University Journal of Education, 34*(2), 434-459. http://doi.org/10.16986/huje.2018045451

Evin Gencel, İ. (2006). *Öğrenme stilleri, deneyimsel öğrenme kuramına dayalı eğitim, tutum ve sosyal bilgiler program hedeflerine erişi düzeyi [Learning styles, instruction based on kolb's experiential learning theory, attitude and social studies achievement]*. (Tez No. 206021) [Doktora tezi, Dokuz Eylül

Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Evin Gencel, İ. (2007). Kolb'un deneyimsel öğrenme kuramına dayalı öğrenme stilleri envanteri-ııı Türkçeye uyarlama çalışması [Study of adapting kolb's learning styles inventory-iii based on experiential learning theory into turkish]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9*(2), 120-139.

Evin Gencel, İ. (2008). The effect of ınstruction based on kolb' experiential learning theory on attitude, achievement and retention in social studies. *Elementary Education Online, 7*(2), 401-420.

Ferri, R. B. (2006). Theoretical and Empirical Differentiations of Phases in The Modelling Process. ZDM, 38(2), 86-95. https://doi.org/10.1007/BF02655883

Ferdianto, F., & Hartinah, S. (2020). *Analysis of the difficulty of students on visualization ability mathematics based on learning obstacles. International Conference on Agriculture, Social Sciences*, Education, Technology and Health (ICASSETH 2019). 10.2991/assehr.k.200402.053

Galbraith, P., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM, 38*(2), 143-162. https://doi.org/10.1007/BF02655886

Geary, D. C., Boykin, A. W., Embretson, S., Reyna, V., Siegler, R. Berch, D. B. & Graban, J. (2008). *Chapter 4: Report of the Task Group on Learning Processes.* The final report of the National Mathematics Advisory Panel, 4-1. U. S. Department of Education. Retrieved from http://www2.ed.gov/about/bdscomm/list/mathpanel/reports.html.

Gravemeijer, K., & Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example. *Educational studies in mathematics, 39*(1), 111-129. https://doi.org/10.1023/A:1003749919816

Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht, The Netherlands: CD-β Press.

Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2002). Emergent models as an instructional design heuristic. K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. Oers, & L. Verschaffel (Eds.), In *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 145-169). Kluwer Academic Publishers.

Greer, B., Verschaffel, L., & Mukhopadhyay, S. (2007). Modelling for life: Mathematics and children's experience. W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, and M. Niss, (Eds.), In *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI Study* (pp. 89-98). Springer.

Guimarães, G., & Oliveira, I. (2018). *How kindergarten and elementary school students understand the concept of classification.* A. Leavy, M. M. Mavrotheris,

E. Paparistodemou (Ed.), In Statistics in Early Childhood and Primary Education (129-146) Springer.

Gürefe, N. (2018). Ortaokul öğrencilerinin alan ölçüm problemlerinde kullandıkları stratejilerin belirlenmesi [Determining strategies used in area measurement problems by middle school students]. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 33*(2), 417-438. 10.16986/HUJE.2017032703

Hamdani (2011). *Teaching and learning strategies*. Bandung: CV Pustaka Setia.

Herbert, S., & Pierce, R. (2008). An 'emergent model'for rate of change. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 13*(3), 231-249. https://doi.org/10.1007/s10758-008-9140-8

Hestenes, D. (2006). *Notes for a modeling theory*. In Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education, (Vol. 31, p. 27). Amsterdam: University of Amsterdam.

Hwang, W., Chen, N., Dung, J., & Yang, Y. (2007). Multiple representation skills and creativity effects on mathematical problem solving using a multimedia whiteboard system. *Journal of Educational Technology and Society, 10*(2), 191-212. https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.10.2.191

Işık, A. ve Mercan, E. (2015) Ortaokul matematik öğretmenlerinin model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi [Analysis of the views of secondary school maths teachers on model and modeling]. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 23*(4), 1835-1850.

Jarvis, T., & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National space centre. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 42*(1), 53-83. https://doi.org/10.1002/tea.20045

Jose, S., G. Patrick, P., & Moseley, C. (2017) Experiential learning theory: the importance of outdoor classrooms in environmental education. *International Journal of Science Education, 7*(3), 269-284. 10.1080/21548455.2016.1272144

Jirotková, D., Vighi, P., & Zemanová, R. (2019, August). *Misconceptions about the relationship between perimeter and area*. In International Symposium Elementary Mathematics Teaching (pp. 221-231).

Johns, B. (1999). Effects of learning style based homework prescriptions on the achievement and attitudes of middle schools students. *NASSP Bulletin, 89*(642), 67-89. 10.1177/019263650508964206

Karakelle, S., & Saraç S. (2007). Validity and factor structure of turkish versions of the metacognitive awareness ınventory for children - A and B forms. *Turkish Psychological Articles, 10*(20), 87-103.

Kapur, J. N. (1988). *Mathematical modelling*. New Age International.

Kılıç, E. (2002). *Web temelli öğrenmede baskın öğrenme stilinin öğrenme etkinlikleri tercihi ve akademik başarıya etkisi [Learning activities preference of the dominant learning style in web-based learning, and its impact on acedemic achievement]*. (Tez No. 137481) [Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Kidman, G., & Cooper, T. J. (1997). *Area integration rules for grades 4, 6 and 8 students*. In Proceedings of the 21st international Conference for the Psychology of Mathematics Education, Lahti, Finland (pp. 136-143).

Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (1999). *Experiential learning theory: previous research and new directions*, (The revised paper appears in: R. J. Sternberg and L. F. Zhang (Eds.), Perspectives on cognitive, learning, and thinking styles. NJ: Lawrence Erlbaum).

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experiencies as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Laurens, T., Batlolona, F. A., Batlolona, J. R., & Leasa, M. (2017). How does realistic mathematics education (RME) improve students' mathematics cognitive achievement? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14*(2), 569-578. https://doi.org/10.12973/ejmste/76959

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. A. Kelly & R. Lesh (Eds.), In *Hand book of reseacrh design in mathematics and science education.* pp. 591-646. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R. E., & Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Lesh, R., Cramer, K., Doerr, H., Post, T., & Zawojewski, J. (2003). *Model development sequences perspectives. Beyond constructivism: A models & modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Llewellyn, A., & Frame, S. (2012). Online experiential learning: bridging the gap between theoretical knowledge and realworld competence. *Development and Learning in Organizations: An International Journal, 27*(1), 16-18.

Maaß, K. (2006). What are modeling competencies? *International Journal on Mathematics Education, 38*(2), 113-142. DOI: 10.1007/BF02655885

Martin, W., & Strutchens, M. E. (2000). *Geometry and measurement.* In E. A. Silver (Ed.), Results of the 1996 NAEP Mathematics Assessment, pp. 193-234. Reston, VA: NCTM.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *An expanded sourcebook: qualitative data analysis* (2nd edition). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.

Mousoulides, N. G., Christou, C., & Sriraman, B. (2008). A modeling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving. *Mathematical Thinking and Learning, 10*(3), 293-304. https://doi.org/10.1080/10986060802218132

Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? how teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics, 47*, 175-197. https://doi.org/10.1023/A:1014596316942

Mulbar, U., & Zaki, A. (2018, June). Design of realistic mathematics education on elementary school students. *Journal of Physics: Conference Series, 1028*, (1), 012155). IOP Publishing.

Nelissen, J. M. (1999). Thinking skills in realistic mathematics. *Teaching and learning thinking skills*, 189-213.

Neunzert, H., & Rosenberger, B. (1991). *Schlüssel zu Mathematik*. Econ.

Newsome, L. A., Wardlow, G. W., & Johnson D. M. (2005). *Effects of lecture versus experiential teaching method on cognitive achievement, retention and attitudes among high school agriscience students*. National AAAE Research Conference, pp. 146-156.

Nichols, J. (2003). *The effects of kolb's experiential learning theory on achievement and attitude*. Retrieved from: http://wwwweb1.epnet.com/citation.asprds

Okur, E. (2012). *Sınıfdışı deneyimsel öğretim: ekoloji uygulanması [Outdoor experiential education: Ecology application]* (Tez No. 345850) [Doktora tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Özgür, H. (2013). Uzaktan eğitim öğrencilerinin öğrenme stilleri: trakya üniversitesi örneği [Learning styles of distance education students: Trakya university sample]. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 3*(2), 85-91.

Outhred, Lynne N., & Mitchelmore, Michael C. (2000). Young children's intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education, 31*(2), 144-167. https://doi.org/10.2307/749749

Parker, V., & Gerber, B. (2000). Effects of a science intervention program on middle-grade student achievement and attitudes. *School Science and Mathematics, 100*(5), 236-242. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2000.tb17263.x

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed). Sage Publications.

Peker, M. (2005). İlköğretim matematik öğretmenliğini kazanan öğrencilerin öğrenme stilleri ve matematik başarısı arasındaki ilişki. [The relationship between learning styles and mathematics achievement students' acquiring primary mathematics teacher education] *Eurasian Journal of Educational Research*, 21, 200-210.

Pooja, W. (2012). Achievement in relation to mathematical creativity of eighth grade students. *Indian Streams Research Journal, 2*(2) 1-7. https://doi.org/10.9780/22307850

Ramey-Gassert, L., Walberg, H. J. III., & Walberg, H. J. (1994). Re-examining Connections: Museums As Science Learning Environments. *Science Education, 78*(4), 345-363. https://doi.org/10.1002/sce.3730780403

Reynolds, A., & Wheatley, G. H. (1996). Elementary students' construction and coordination of units in an area setting. *Journal for Research in Mathematics Education, 27*(5), 564-581. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.27.5.0564

Riyanto, B., & Putri, R. I. I. (2017, December). *Mathematical modeling in realistic mathematics education*. In Journal of Physics: Conference Series, 943(1), 012049. IOP Publishing.

Rukayah, M., & Mintasih, I. (2019). Effectiveness of experiential learning-based teaching material in mathematics. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 8*(1), 57-63. https://doi.org/10.11591/ijere.v8.i1.pp57-63

Santia, I., & Sutawidjadja, A. (2019). Exploring Mathematical Representations in Solving Ill-Structured Problems: The Case of Quadratic Function. *Journal on Mathematics Education, 10*(3), 365-378. https://doi.org/10.22342/jme.10.3.7600.365-378.

Schorr, R. Y., & Koellner Clark, K. (2003). Using a modeling approach to analyze the ways in which teachers consider new ways to teach mathematics. *Mathematical Thinking and Learning, 5*(2), 191-210. https://doi.org/10.1080/10986065.2003.9679999

Simatwa, E. M. W. (2010). Piaget's theory of intellectual development and its implication for instructional management at presecondary school level. *Educational Research and Reviews, 5*(7), 366-371. https://doi.org/10.5897/ERR.9000256

Smith, D., & Kolb, D. (1996). *User guide for the learning style ınventory: A manual for teachers and trainers*. Boston: Mc Berand Company.

Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary Educational Psychology, 27*, 51-79. https://doi.org/10.1006/ceps.2001.1091

Stake, J. E., & Mares, K. R. (2001). Science enrichment programs for gifted high school girls and boys: Predictors of program impact on science confidence and motivation. Journal of Research in Science Teaching: *The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 38*(10), 1065-1088. https://doi.org/10.1002/tea.10001

Stephan, M., & Clements, D. H. (2003). Linear and area measurement in prekindergarten to grade 2. *Learning and teaching measurement, 5*(1), 3-16.

Swan M., Turner R., Yoon C., & Muller E. (2007) *The roles of modelling in learning mathematics.* Blum W., Galbraith P. L., Henn HW. and Niss M. (Eds.) In Modelling and applications in mathematics educatio*n*. Springer https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_29

Şentürk, F. (2010). *7. sınıf öğrencilerinin öğrenme stilleri ile matematik öğretmenlerinin öğretme stillerinin öğrencilerin matematik dersi başarısı üzerine etkisi [The effect of 7th grade students' learning styles and mathematics teachers' teaching styles on the student mathematical success]*. (Tez No. 275263) [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Tan Sisman, G., & Aksu, M. (2016). A study on sixth grade students' misconceptions and errors in spatial measurement: length, area, and volume. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*, 1293-1319 https://doi.org/10.1007/s10763-015-9642-5

Taşçı, G., Usbaş Kaya H. & Önkol Bektaş, F. L. (2021). Eğitimde yeni bir perspektif: bahçe temelli eğitim yaklaşımı [A new perspective in education: approach of garden-based education]. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9*(2), 529-540. https://doi.org/10.18506/anemon.819314

Toptaş, A., Olkun, S., Çekirdekçi S. & Sarı, M.H. (Ed.). (2020). *İlkokulda matematik öğretimi [Teaching mathematics in primary school]*. Vizetek Yayıncılık

Tower, B. L. (2002). *Academic backgrounds, learning styles and success*. Retrieved from: http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcilt/3078204

Treffers, A. (1991). *Didactical backround of a mathematics program for primary education.* In L. Steefland (Eds.), Realistic mathematics education in primary school. CD- β Press

Türker Biber, B., & Yetkin Özdemir, İ. E. (2015). Matematik öğretiminde matematiksel modelleme yaklaşımı [Mathematical modeling perspective in teaching mathematics]. *Cito Eğitim: Kuram ve Uygulama*, 27, 39-50.

Üst, S., Bayraktaroğlu, S., & Narter, Ç. (2017). Tasarım fakülteleri için bir tanıtım önerisi: deneyimsel öğrenme [A promotion proposal for design schools: experiential learning]. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, *13*(7), 221.234. https://doi.org/10.17828/yalovasosbil.333961

Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The didactical use of models in Realistic Mathematics Education: An example from a longitudinal on percentage. *Educational Studies in Mathematics*, *54*(1), 9-35. https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000005212.03219.dc

Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Drijvers, P. (2020). *Realistic Mathematics Education.* Lerman, S. (Eds) In Encyclopedia of Mathematics Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_170

Verschaffel, L., & De Corte, E. (1997). Teaching realistic mathematical modeling in the elementary school: a teaching experiment with fifth graders. *Journal for Research in Mathematics Education, 28*(5), 577–601. https://doi.org/10.2307/749692

Yılmaz, E. A. (2015). *Oyunlaştırma [Gamification].* (2th Edition). Abaküs yayınları

Yin, R. K. (2003). *Case study research design and methods*. Sage.

Yenilmez, K. ve Çakır, A. (2005). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin matematik öğrenme stilleri [Mathematics learning styles in middle schools]. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi, 11*(44), 569-585.

Yeo, K. J. (2008). *Teaching area and perimeter: Mathematics-pedagogical-content knowledge-in-action.* 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia Incorporated (MERGA 2008) on Navigating Currents and Charting Directions, Brisbane, Australia, 28 June - 1 July 2008

Weinberg, A. E., Basile, C. G., & Albright, L. (2011). The effect of an experiential learning program on middle school students' motivation toward mathematics and science. *RMLE Online, 35*(3), 1-12. https://doi.org/10.1080/19404476.2011.11462086

Woodward, E., & Byrd, F. (1983). Area: Included topic, neglected concept. *School Science and Mathematics, 83*(4), 343–347.

Wubbels, T., Korthagen, F., & Broekman, H. (1997). Preparing teachers for realistic mathematics education. *Educational studies in mathematics, 32*(1), 1-28. https://doi.org/10.1023/A:1002900522457

Ethical Declaration and Committee Approval

In this research, the principles of scientific research and publication ethics were followed.

This research was conducted with the permission of Kocaeli University Social and Human Sciences Ethics Committee, dated 30.09.2020 and numbered 10017888-199/.

Bu araştırma, Kocaeli Üniversitesi etik kurul onayına sunulmuş, onay alındıktan sonra uygulanmıştır (No: 10017888-199, Tarih: 30.09.2020).

Proportion of Author's Contribution

All authors have participated equally in the work.

Appendices

Modeling Story: Do Viruses Infect Penguins?

A dangerous virus appeared on the earth where animals and humans live. This virus has spread almost worldwide in a short time. Except for only one region…Antarctica. Antarctica is famous for freezing temperatures and is definitely a suitable habitat for penguins. It has been researched and proven that the virus does not infect pets. But no such research has been conducted for penguins. Zeynep, who loves animals very much, decided to go to Antarctica to investigate whether penguins could be infected with viruses. She knew that it was easy to find so many penguins there. Since it will take a long time to investigate this issue, she first wants to create a suitable living space for penguins. This living space should also enable to social distance between penguins. You can help Zeynep by creating a safe living space for penguins using the information below.

There are three most common penguin species in Antarctica: Emperor, King and Macaroni Penguin. Zeynep will choose only one of these penguin species and will create suitable nests for all penguins in these species.

1. There must be a certain distance between the penguin nests to not infect viruses to each other.
2. Each side of one unit square is 20 cm long.
3. The sizes of the nests to be built can change according to the penguin species:

Necessities for problem solving	Emperor Penguins	King Penguins	Macaroni Penguins
Social distances between penguin nests	40 cm	40 cm	40 cm
The number of square units one penguin nest takes up	7 units	6 units	5 units

- Which penguin species should Zeynep choose so that she can use the space specified below to fit the penguins?

- How many penguin nests have you placed in this area?

- What is the area and perimeter of one nest you created?

***Zeynep wonders, which penguin species you chose and what you got for the result. Please explain your solution. Do not forget that she needs lots of penguins ☺

<u>Access Link</u>: https://www.storyjumper.com/book/read/87279175

Modelleme Hikayesi: Virüs Penguenlere Bulaşır mı?

Hayvanların ve insanların yaşadığı yeryüzünde tehlikeli bir virüs ortaya çıktı. Bu virüs kısa sürede neredeyse tüm dünyaya yayıldı. Sadece bir bölge hariç: Antarktika. Antarktika dondurucu soğuklarıyla ünlü ve penguenler için uygun bir yaşam alanıdır. Virüsün evcil hayvanlara bulaşmadığı daha önce araştırılmış ve kanıtlanmıştı. Ancak penguenler için böyle bir araştırma yapılmamıştı. Hayvanları çok seven Zeynep, penguenlere virüs bulaşıp bulaşmayacağını araştırmak için Antarktika'ya gitmeye karar verdi. Orada çok sayıda penguen bulmanın kolay olduğunu biliyordu. Bu konuyu araştırmak uzun zaman alacağı için öncelikle penguenler için uygun bir yaşam alanı oluşturmak istiyordu. Bu yaşam alanını oluşturmak için penguenler arasında sosyal mesafeyi sağlaması gerekiyordu. Aşağıdaki bilgileri kullanarak penguenler için güvenli bir yaşam alanı oluşturarak Zeynep'e yardımcı olabilirsiniz.

Antarktika'da en yaygın üç penguen türü vardır: İmparator, Kral ve Makaroni Penguenler. Zeynep bu penguen türlerinden sadece birini seçecek ve bu türdeki tüm penguenler için uygun yuvalar oluşturacaktır.

1. Birbirlerine virüs bulaştırmamaları için penguen yuvaları arasında belirli bir mesafe olmalıdır.

2. Her bir birim karenin bir kenarı 20 cm uzunluğundadır.

3. Yapılacak yuvaların boyutları penguen türlerine göre değişebilmektedir:

Problem çözme için gereklilikler	İmparator Penguenler	Kral Penguenler	Makaroni Penguenler
Penguen yuvaları arası sosyal mesafe	40 cm	40 cm	40 cm
Bir penguen yuvasının kapladığı birim kare sayısı	7 birim	6 birim	5 birim

- Zeynep aşağıda belirtilen alana penguenleri yerleştirebilmek için hangi penguen türünü seçmelidir?

- Bu alana kaç tane penguen yuvası yerleştirdiniz?

- Oluşturduğunuz bir yuvanın alanı ve çevresi nedir?

***Zeynep hangi penguen türünü seçtiğinizi ve sonuç olarak ne elde ettiğinizi merak ediyor. Lütfen çözümünüzü açıklayın. Çok sayıda penguene ihtiyacı olduğunu unutmayın ☺

Erişim linki: https://www.storyjumper.com/book/read/87279175