

The effect of mathematical modeling activities on primary school students' number sense and attitudes towards mathematics¹

Büşra Savaşlı², Mehmet Koray Serin³

² Ministry of National Education, Van, Türkiye; ³ Kastamonu University, Department of Primary Education, Kastamonu, Türkiye.

ABSTRACT

This study examined the effects of mathematical modeling activities on fourth-grade students' number sense and attitudes toward mathematics. The study, which was designed with a quasi-experimental pretest-posttest control group design from quantitative research methods, was conducted with fourth-grade students studying in a public primary school in the city center of Van. The Number Sense Test (NST), developed by Çekirdekci (2015), and the short form of the Attitude Towards Mathematics Scale (ATMS), adapted by Hacıömeroğlu (2017), were used as pretests and posttests of the study. Before the application, pretests were applied to both groups, and the experimental process started. The experimental group taught mathematics lessons with mathematical modeling activities designed according to the 4th-grade level of primary school, based on the learning outcomes. In contrast, in the control group, the lesson was continued with the activities in the curriculum and textbook. In the study, posttests were administered after 10 weeks of activities. Mann-Whitney U and t-tests were used to analyze the data. According to the findings obtained from the research, there was a significant difference in the experimental group's NST pretest and posttest scores. In the control group, no significant difference was found for NST. A significant difference was found between the experimental group's ATMS pretest and posttest scores, but no significant difference was found in the control group. When the NST scores between the groups were examined, a significant difference was found between the experimental and control groups, which favored the experimental group. According to the ATMS scores, a significant difference was found between the experimental and control groups. This difference was in favor of the experimental group. From the data obtained, it was concluded that mathematical modeling activities positively affected students' number sense and attitudes toward mathematics.

KEYWORDS

Mathematical modeling, number sense, attitude towards mathematics, primary school.

Introduction

Mathematics is vital in education due to its significant role across numerous disciplines. Although mathematics curricula around the world recommend that teachers incorporate real-life contexts during learning activities, international assessments such as PISA and TIMSS indicate that a large percentage of students fail to reach the minimum standard of mathematical literacy necessary to apply these concepts in complex situations (Almuna, 2020; Muñoz-Rubke et al., 2022). Problem-solving is one of the most crucial elements supporting real-world contexts in mathematics teaching and learning processes. Among the types of problems that students most frequently encounter in mathematics classes are word problems (Verschaffel et al., 2020).

¹ This article is derived from the master's thesis titled "The Effect of Mathematical Modeling Activities on Primary School Students' Number Sense and Attitudes Toward Mathematics," completed by the first author in January 2024 at the Department of Basic Education, Kastamonu University. Permission for the experimental process has been obtained from the Kastamonu University Social and Human Sciences Publication Ethics Committee on February 2, 2023, with decision number 50.

A key argument for including word problems in school curricula is their potential to foster students' ability to determine when and how to use their mathematical knowledge when approaching and solving problems in practical situations (De Corte et al., 2000). However, it is well known that word problems are extensively used in mathematics education. Nevertheless, it can be argued that their contribution to helping students relate mathematical topics or concepts to real life by providing real-world contexts is often insufficient. On the contrary, the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000) emphasizes that school mathematics at all levels should offer learning opportunities that center on problem situations emerging from contexts outside of mathematics—that is, from real life.

When relating mathematics to real life through problem-solving, one of the first areas that comes to mind is mathematical modeling (Gainsburg, 2008). In such applications, mathematics is connected to real-life situations, combining theoretical arguments and practical implementations aimed at improving mathematics teaching and learning (Lesh & Doerr, 2003; Kaiser & Sriraman, 2006). To better explain the concept of mathematical modeling, it may be helpful to provide an example from everyday life. For instance, consider the situation where someone wants a desk built for a study room according to their needs. This represents a real-life problem. To solve it, the individual must identify and communicate their needs to a carpenter. This involves measuring the size of the room, determining the desired dimensions of the desk, and specifying any additional features. After conveying all these requirements to the carpenter, a design is proposed based on those needs. By adding precise measurements to this design, the mental image of the desk is transformed into a concrete model. The carpenter's calculation of the necessary materials based on measurements, estimating the material cost, and considering the labor and time required to build the desk constitutes a mathematical model. Thus, the entire process—from identifying the need for a desk to its construction—can be described as a mathematical modeling process (Gündoğdu Alaylı, 2023).

As this example illustrates, mathematical modeling can generally be defined as expressing a real-life problem in mathematical terms, solving it through mathematical processes, and adapting the solution to the real-world context (Borromeo-Ferri, 2006; Blum & Leiss, 2007). According to Blum and Leiss (2007), modeling involves understanding and analyzing a real-world situation within the mathematical realm, making assumptions, and interpreting the results in the real world. In the mathematical modeling approach, real-world problems often take the form of interdisciplinary problems. Furthermore, many researchers emphasize that mathematical modeling practices are crucial in developing students' analytical thinking skills, problem-solving abilities, and competencies needed in a technology-driven information age (e.g., Niss et al., 2007; Lesh & Zawojewski, 2007). The process also encompasses essential skills such as interpreting complex systems, quantifying data, coordinating and organizing information, and constructing, explaining, validating, and predicting outcomes (English & Watters, 2004).

These processes typically involve the following stages: understanding the problem situation, constructing a mathematical model that defines the structure of the problem and the relationships between its elements, revising the model, applying it, interpreting the results of the original problem and the model, and finally evaluating and presenting the findings (Verschaffel & DeCorte, 1997). In actively engaging in the mathematical modeling process, students may perform actions such as interpreting complex problems, internalizing situations, reasoning through establishing contextual connections between mathematics and real life, and communicating their thinking to others (NGA Center & CCSSO, 2010, as cited in Tarım & Canbazoğlu, 2021). Therefore, incorporating mathematical modeling activities into mathematics instruction from the early years of schooling is considered important, as it allows students to encounter such tasks and participate in a process that leads to developing their mathematical models (Carlson et al., 2016; English & Watson, 2018). Students who engage in mathematical modeling activities during primary school can acquire key skills such as

interpreting and understanding the mathematical structure of a problem, forming solution assumptions, developing and solving mathematical models, and sharing their solutions with peers (English, 2004).

According to Oberholzer (1992), modeling begins with a student engaging in a problem for which there is no ready-made method or precise algorithm to apply. The student then integrates the problem context with mathematical processes to construct a pathway toward a reasonable solution. Therefore, mathematical modeling plays a significant role in developing students' creative and flexible thinking skills, especially in their efforts to solve real-world problems in unfamiliar situations (Doerr & English, 2003; Govender, 2020). Similar to mathematical modeling, number sense is another mathematical competence closely associated with the ability to think creatively and flexibly within mathematical processes.

Cognitive psychologists, neuroscientists, and mathematics educators have conceptualized the notion of number sense in various ways (Dehaene, 2011). For instance, Dehaene (2001) defined number sense as the ability to quickly interpret numbers, understand their magnitudes, and carry out operations fluently. Berch (2005) described it as an advanced skill encompassing understanding mathematical rules and their interrelationships and flexible and fluent use of operations. Şengül and Gülbağcı Dede (2014) defined number sense not only as the flexible use of numbers and operations but also as involving estimation and rounding skills. Olkun and Toluk Uçar (2020) described number sense as the ability to interpret numerical relationships such as few-many, part-whole, quantity, and perimeter measurements. Although these definitions offer different perspectives, the core features of number sense generally include the use of different numerical representations, understanding relative and absolute magnitudes, selecting and using reference points, decomposing and recomposing numbers, grasping the relational impact of operations on numbers, and making flexible and accurate mental calculations (Reys & Yang, 1998).

According to NCTM (2000), individuals with strong number sense tend to decompose numbers, identify reference points, solve problems using their knowledge of operations and the base-ten system, make reasonable estimations, and evaluate and interpret numbers, problems, and results. Number sense is a critical component of mathematics teaching and curriculum design. Research indicates that number sense forms a fundamental basis for understanding more advanced mathematical concepts needed in later life (Ghazali et al., 2020). Thus, number sense, which enables students to connect mathematics with real life, plays a key role in primary education (Çetin & Öztürk, 2020; Purnomo et al., 2014; Yang et al., 2004).

Yang and Wu (2010) highlight number sense as a way of thinking encompassing flexibility, creativity, efficiency, and logical reasoning. They illustrate its importance through the following example: when students are asked to solve $24 \times 65 \div (6 \times 13)$, they often follow the standard written algorithm—computing $24 \times 65 = 1560$, $6 \times 13 = 78$, and then $1560 \div 78 = 20$. However, using the more effective and efficient strategy of calculating $24 \div 6 = 4$, $65 \div 13 = 5$, and $4 \times 5 = 20$ reflects flexible thinking and number sense. Fixed rules do not bind students employing this strategy, but shift flexibly among numbers. Those who rely solely on rules perform operations in sequence, adhering to the conventional order of operations. In contrast, students with strong number sense can mentally break down numbers and solve problems fluidly without needing paper and pencil. Mental computation supports quick decision-making and estimation when faced with problems, whereas dependence on written algorithms can hinder such development (Olkun & Toluk Uçar, 2020).

Although number sense is essential for understanding and succeeding in mathematics, it often remains underdeveloped in primary students, with a focus instead on rule-based problem-solving. However, mathematics is not solely about representing numbers or teaching rules but also about instilling an understanding of its relevance to real life. Number sense supports mathematical success, making mathematics more meaningful and functional (Çekirdekci,

2020). Alongside academic success, this understanding can also positively influence students' affective experiences.

Affective factors are as important as cognitive ones in shaping students' learning. Particularly in mathematics, which is often perceived as abstract and complex, students may experience cognitive challenges that subsequently trigger affective barriers (Serin, 2022). One such effective factor is attitude. Attitudes refer to individuals' evaluations of people, objects, or ideas (Petty & Krosnick, 2014) and are recognized as a core concept in modern social psychology. Attitude involves mental and emotional dispositions that influence one's ability to perform a task (Perloff, 2016). For the past four decades, research has explored variables influencing students' attitudes toward STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) fields (Wakhata et al., 2023). Accordingly, studies focusing on students' attitudes toward mathematics trace back to the 1960s and often examine related constructs such as motivation, self-regulation, self-esteem, and self-efficacy (Nicolaidou & Philippou, 2003). Gómez Chacón (2024) points out that studies on attitudes involve various conceptual approaches, and three primary frameworks are often used to describe attitudes toward mathematics: (a) a simple definition focusing on the degree of positive or negative affect, (b) a two-dimensional approach encompassing emotions and beliefs but not behavior, (c) a three-component definition involving emotional responses, beliefs about mathematics, and related behaviors.

Neale (1969) defined attitude toward mathematics as "enjoyment of mathematics activities, participation or avoidance of such activities, beliefs about one's competence in doing mathematics, and beliefs regarding the usefulness of mathematics." The influence of attitudes on human behavior makes them a significant variable affecting mathematics performance. In Turkey, mathematics curricula across all education levels emphasize the acquisition of mathematical knowledge and skills and the development of positive attitudes toward mathematics (Tarım & Dinç Artut, 2016). More recent studies have shifted from measuring general attitudes toward understanding the underlying reasons behind them. Students across different academic levels may develop positive or negative attitudes toward mathematics for various reasons. According to Cantürk Günhan (2006), it is essential to provide appropriate conditions and learning environments to eliminate adverse affective conditions such as poor attitudes or low achievement (Kurt, 2019). Duru et al. (2005) noted that personality traits, gender, grade level, school background, and family environment affect attitudes toward mathematics. They also emphasized the importance of teacher-related factors, such as teaching methods, materials used, and teachers' responses to student answers (Küçük et al., 2013). These findings suggest that various variables—from demographic characteristics to classroom practices—can influence students' attitudes toward learning mathematics.

To foster positive attitudes toward mathematics, moving away from rote instruction and creating meaningful and realistic learning environments is essential. In this context, positive attitudes toward mathematics are seen to interact with conceptual learning through number sense and with realistic learning environments through mathematical modeling (Çilingir et al., 2015). Likewise, flexible and creative thinking, which underpins number sense, is also a key skill required in modeling activities that aim to solve real-world problems, suggesting a close relationship between these two constructs. A lack of number sense, considered critical for mathematical thinking and reasoning, may lead to the perception that mathematics is complex or even unmanageable (Çekirdekci, 2015). Therefore, mathematical modeling activities are expected to influence number sense and attitudes toward mathematics by promoting reasoning, strategic problem-solving, and engagement with real-life contexts.

In recent years, there has been a growing body of research on mathematical modeling (Doruk, 2010; Tekin, 2012; Hıdıroğlu et al., 2014; Aydın-Güç, 2015; Tekin-Dede, 2015; Bakırcı, 2016; Cinislioğlu, 2017; Çavuş Erdem & Gürbüz, 2018; Demirci, 2018; İnan, 2018; Kaya, 2018; Kurt, 2019; Delikanlı, 2019; Kaygısız, 2021; Uz, 2022; Canbazoğlu-Albayrak & Tarım, 2023; Akbar Akay, 2024). However, most of these studies have been conducted at the secondary school level or

higher. The limited development of modeling in educational practice may be attributed to various factors, including teachers, students, instructional materials, and physical limitations. One significant barrier is the lack of professional development (Ural, 2018). Teachers' unfamiliarity with modeling concepts, difficulty knowing where to start, and uncertainty about how to guide students effectively hinder the successful integration of modeling in the classroom. Student-related issues include insufficient readiness, lack of mathematical skills, and limited social competencies required for group work. Additional barriers stem from large class sizes, classroom management challenges, time constraints, overloaded curricula, and textbooks that do not incorporate modeling activities (Obay et al., 2021; Gündoğdu Alaylı, 2023; Eraslan & Şahin, 2023). The scarcity of grade-appropriate tasks and implementation challenges also contributes to the limited number of empirical studies. Similar challenges also apply to the development of number sense.

Both mathematical modeling and number sense move students away from rule-based mathematics instruction and instead promote valuing students' approaches to learning processes. This shift is expected to improve academic achievement and foster positive attitudes toward mathematics, thereby influencing the affective dimension of learning. Thus, the present study is considered a rich and multifaceted investigation addressing students' cognitive and affective development through mathematical modeling and number sense. All these assumptions suggest that the study has the potential to contribute meaningfully to the literature.

This study investigates the effects of mathematical modeling activities implemented at the 4th-grade primary level on students' number sense and attitudes toward mathematics. In line with this primary objective, the following research questions were posed:

1. Do the pretest and posttest scores of the experimental group regarding number sense and attitudes toward mathematics differ significantly?
2. Do the pretest and posttest scores of the control group regarding number sense and attitudes toward mathematics differ significantly?
3. Do the posttest scores of the experimental and control groups regarding number sense and attitudes toward mathematics differ significantly?

Method

Research design

In this study, which aimed to investigate the effects of mathematical modeling activities implemented at the 4th-grade primary level on students' number sense and attitudes toward mathematics, a quasi-experimental pre-test–post-test control group design—a quasi-experimental research design—was employed. In experimental designs, the impact of a particular intervention is examined under controlled conditions using a sample selected randomly or non-randomly from the population (Rüzgar et al., 2023). In the pre-test–post-test control group design, participants in the study group are intended to be randomly assigned to two or more intervention conditions. Initially, a pre-test is administered, followed by the implementation of the planned intervention, and finally, a post-test is conducted (Christensen et al., 2014).

In this study, two groups at the same grade level—one experimental and one control—were randomly assigned. The Number Sense Test and the Mathematics Attitude Scale were first administered to both groups. While the experimental group engaged in mathematical modeling activities, the control group continued instruction based on the standard curriculum. Upon completion of the intervention, the same instruments were administered as post-tests to both groups. The experimental design implemented in the study is presented in Table 1.

Table 1 Experimental design

Group	Pre-test	Intervention	Post-test
Experimental	→ Number sense test	Mathematical modeling activities	→ Number sense test
	→ Math attitude scale		→ Math attitude scale
Control	→ Number sense test	Activities aligned with the current curriculum	→ Number sense test
	→ Math attitude scale		→ Math attitude scale

Study group

The study group of this research consists of 40 fourth-grade students enrolled at a public primary school in the city center of Van during the 2022–2023 academic year. The school where the implementation took place was selected through a convenience sampling method, with the researcher choosing the school where they were currently working. Convenience sampling enables the researcher to save time, money, and effort by accessing data more easily through a readily available sample (Büyüköztürk, 2020).

At the selected school, there were four fourth-grade classrooms. Among these, two classes were chosen to form the experimental and control groups, with particular attention to ensuring equivalence between the groups. The opinions of classroom teachers were taken into consideration when identifying equivalent groups. Additionally, first-semester report card grades for mathematics and results from in-school practice exams were examined to identify the two classes with the most similar averages. One of these classes was randomly assigned to the experimental group and the other to the control group. Each group consisted of 20 students.

Data collection instruments

In this study, data were collected using two instruments: The Number Sense Test and the Mathematics Attitude Scale.

Number sense test (NST)

In order to determine the number sense skill levels of 4th-grade primary students, the Number Sense Test (NST) developed by Çekirdekci (2015) was used in this study. The test consists of 11 items designed explicitly for the 4th-grade level. The items are structured to reflect three main factors: knowing equivalent expressions of numbers, making judgments and inferences about numerical quantities, calculating the effect of the operations using reference points, knowing the meanings of numbers, and flexible thinking. The first component— knowing equivalent expressions of numbers and making judgments and inferences about numerical quantities —requires using equivalent forms of numbers to solve problems. For example: "428 students will be transported. Each bus accommodates 32 students. How many buses are needed to transport all students?" The second component involves estimating using reference points. It includes using nonstandard units or estimating measurements based on known references, such as predicting an object's length based on another's size. The third component concerns knowing the magnitudes that numbers represent and engaging in flexible thinking—for instance, comparing the fractions $\frac{2}{5}$ and $\frac{1}{2}$ without finding a common denominator (Çekirdekci et al., 2016). In the reliability analysis conducted during the development of the test, Cronbach's Alpha coefficient was reported as .728 (Çekirdekci, 2015). In the context of this study, the reliability was recalculated and found to be .769, indicating that the NST is a reliable measurement instrument. The test was administered by the classroom teachers of the students in the study groups. Before the pre-test and post-test administrations, the researcher met with the teachers to explain the procedures. Students were given two class periods to complete the test. The NST was distributed to 22 students in the experimental group and 21 in the control group. However, the results of students receiving inclusive education were excluded from the analysis. Consequently, the final analysis included 20 students in each group, totaling 40.

Mathematics attitude scale (MAS)

To determine the mathematics attitude levels of 4th-grade primary school students, the Mathematics Attitude Scale (MAS), adapted into Turkish by Hacıömeroğlu (2017), was employed. The scale consists of 17 items and is structured as a 5-point Likert-type instrument. During the adaptation process, Hacıömeroğlu (2017) reported a Cronbach's alpha reliability coefficient of .84. In the current study, the internal consistency of the scale was re-evaluated, and a similar Cronbach's alpha value of .84 was obtained. These findings suggest that the MAS is a reliable data collection tool. Within the scope of the study, the MAS was administered by the classroom teachers of the students in the sample. Before administering the pre-test and post-test, the researcher conducted meetings with the teachers to guide them on how to implement the scale. Students were given one class period to complete the test. The MAS was distributed to 22 students in the experimental group and 21 in the control group. However, the results of students receiving inclusive education were excluded from the data analysis. As a result, the responses of 20 students from the experimental group and 20 students from the control group—40 students in total—were included in the final analysis.

Experimental procedure and data collection

Before implementing the study at the designated school, official permissions were obtained along with authorization to use the data collection instruments from the relevant individuals. After securing the necessary approvals, the intervention was carried out during the second semester of the 2022–2023 academic year. No identifying information was collected from the participants throughout the research process. The implementation phase of the study was conducted in three stages: administration of pre-tests, implementation of the experimental process, and administration of post-tests. Both the pre-tests and post-tests were administered by the classroom teachers. While the researcher conducted the lessons in the experimental group involving mathematical modeling activities, the control group's lessons continued as usual under the guidance of their classroom teacher. In the experimental group, mathematical modeling activities were implemented for two class periods each week. In contrast, the control group continued with instruction and problem-solving activities aligned with the existing curriculum.

In the first week, students in the experimental group were divided into heterogeneous groups of four, with attention paid to maintaining a balanced distribution in gender and mathematics achievement levels. Each group was asked to choose a team name to foster a sense of ownership and collaboration. The selected names were Shooting Stars, Lions, Hard Workers, Stars, and Tigers. After forming the groups, the details of the modeling project were shared with the experimental group during the first lesson. It was explained that the project would last for ten weeks, be facilitated by the researcher, and that students would be expected to collaboratively solve modeling problems, construct models, and present their group reports to the class. Each lesson began with the distribution of activity sheets prepared by the researcher. To introduce the activity, a 5–10-minute informal discussion was held to engage students in the topic.

Students were given 30–45 minutes to solve and model the problem and prepare their reports, followed by 15–20 minutes for presentations. During lessons, the researcher circulated among the groups or facilitated whole-class discussions by posing questions such as: "What is this problem about?", "Could this situation happen in real life?", "How would you deal with this problem in daily life?", "What is the connection between the problem and mathematics?", and "What kind of models do you need to use?". These guiding questions encouraged deeper thinking and engagement with the modeling tasks. In the final week of the study, both the Number Sense Test (NST) and the Mathematics Attitude Scale (MAS) were administered to the experimental and control groups as post-tests. The study concluded at the end of the 11th week, involving 20 students in the experimental group and 20 in the control group.

Mathematical modeling activities

The researchers developed the mathematical modeling activities used during the experimental process based on a review of existing modeling tasks from various grade levels in the literature. The activities were designed in alignment with the learning objectives of the 4th-grade Mathematics Curriculum, ensuring their appropriateness for the targeted grade level. The modeling activities implemented every week are presented in Table 2.

Table 2 Specifications of the modeling activities designed for the intervention

Week	Modeling activities	Learning outcomes
1	What Should Be Done with These Numbers?	M.4.1.1.1. Reads and writes 4, 5, and 6-digit natural numbers
2	What is in the Kitchen?	M.4.1.2.1. Performs addition with natural numbers up to four digits M.4.1.3.1. Performs subtraction with natural numbers up to four digits.
3	Which Is the Best Phone?	M.4.1.1.5. Compares and orders up to six-digit numbers using inequality symbols M.4.1.2.4. Solves problems that require addition with natural numbers. M.4.1.3.4. Solves problems that require addition and subtraction with natural numbers.
4	From Concert to Donation	M.4.4.1.4. Solves real-life problems using information presented in bar graphs, tables, and other graphical representations. M.4.1.5.5. Recognizes the relationship between multiplication and division.
5	From Charity Sale to Library	M.4.4.1.3. Uses different representations to present the data obtained. M.4.1.4.6. Solves problems that require multiplication with natural numbers.
6	A Trip to Van Museum	M.4.1.4.6. Solves problems that require multiplication with natural numbers. M.4.1.5.6. Solves problems that require at least one division operation with natural numbers.
7	Class 1/A Is Reading	M.4.1.6.1. Recognizes simple, compound, and mixed fractions and represents them using models. M.4.1.6.3. Determines a specified simple fraction of a given quantity. M.4.1.6.4. Compares up to three fractions with equal denominators.
8	A New Library	M.4.3.1.3. Estimates a directly measurable length using the most appropriate unit of measurement and verifies the estimate by measuring. M.4.3.1.4. Solves problems involving up to three operations using length measurement units. M.4.3.2.1. Explains the relationship between the side lengths and the perimeter of squares and rectangles.
9	What Color Are the Apples?	M.4.3.3.2. Associates the area of squares and rectangles with addition and multiplication operations.
10	Healthier and Fitter Days	M.4.3.5.2. Uses kilograms and grams together when measuring mass. M.4.4.1.4. Solves real-life problems using information presented in bar graphs, tables, and other graphical representations (MEB, 2018).

When Table 2 is examined, it is seen that 10 mathematical modeling activities were designed to be implemented, one per week. In line with the nature of mathematical modeling, these activities were developed by considering real-life problems that students may encounter in their daily lives or immediate surroundings. The activities were purposefully structured to allow for multiple solution strategies so students would not be limited to a single problem-solving method. The designed activities were submitted to two expert faculty members for evaluation. Based on their feedback, necessary revisions were made to address missing or incorrect elements. The revised activities were then presented to classroom teachers at the school, whose reviews confirmed that the tasks were appropriate for the level of their students.

Additionally, the content was revised in collaboration with the teachers to ensure the accuracy of numerical values, spelling, and punctuation. The solutions to each week's modeling activity were reviewed weekly. At the end of each activity, general feedback was provided to the class if student responses contained errors or omissions. Each week, students were encouraged to construct mathematical models and generate solutions based on the activity.

Data analysis

The data obtained in the study were analyzed using the SPSS software. First, a normality test was conducted to determine whether the data met the assumptions for parametric tests. The decision regarding normal distribution was based on the skewness and kurtosis values, which are indicators of descriptive statistics. While a skewness and kurtosis coefficient of zero indicates a perfectly normal distribution, these values often differ from zero in practice. Therefore, acceptable ranges are defined for interpretation. This study concluded that the data showed normal distribution if the skewness and kurtosis values were between -1.5 and +1.5 (Tabachnick & Fidell, 2013, as cited in Demir, 2022). A p-value greater than 0.05 ($p > .05$) in the normality test was also taken as an indication of normal distribution. For data analysis that met the assumptions of parametric statistics, the type of comparison determined the test used: Paired Samples t-test was employed for within-group comparisons, and Independent Samples t-test was used for between-group comparisons. For the datasets that did not meet the assumption of normality, the Mann–Whitney U test was applied.

Findings

As a first step in the research, the normality distributions of the data were examined, and the findings are presented in Table 3.

Table 3 Analysis results regarding normality distributions

	Groups	Skewness	Kurtosis	Shapiro-Wilk
NST Pre-test	Experimental	-.41	-.29	.58
	Control	.27	.43	.36
NST Post-test	Experimental	-.22	-1.20	.11
	Control	-.04	.35	.14
MAS Pre-test	Experimental	-.11	-.92	.82
	Control	.02	-.97	.59
MAS Post-test	Experimental	-.96	-.093	.02
	Control	1.40	2.01	.02

Upon examining Table 3, it was found that the NST pre-test, NST post-test, and MAS pre-test met the acceptable range for skewness and kurtosis (between -1.5 and +1.5), indicating a normal distribution. However, the MAS post-test did not meet this condition and was determined not to follow a normal distribution. The Shapiro–Wilk normality test was also conducted to obtain more precise results. Based on the findings, it was concluded that the NST pre-test, NST post-test, and MAS pre-test data met the condition of $p > .05$, indicating a normal distribution. On the other hand, since the MAS post-test had a p-value below .05, it was determined not to be normally distributed. In cases where even one group fails to meet the assumption of normality, nonparametric tests are preferred (Deniz, 2020). Accordingly, for the NST pre and post-test and the MAS pre-test, parametric tests (t-tests) were used. For the MAS post-test, which was found to violate the assumption of normality, the Mann–Whitney U test was applied. Secondly, the study examined whether there was a statistically significant difference between the experimental and control groups regarding their NST and MAS pre-test total scores. The findings are presented in Table 4.

Table 4 Comparison of NST and MAS Pre-test total scores by groups

	Group	n	$\bar{x}$	Sx	Mean difference	t	sd	p
NST (Pre-test)	Experimental	20	12.95	3.12	1.40	1.33	38	.19
	Control	20	11.55	3.53				
MAS (Pre-test)	Experimental	20	60.45	11.97	2.90	.84	38	.41
	Control	20	55.57	9.82				

According to the findings presented in Table 4, there was no statistically significant difference between the pre-test scores of the experimental and control groups for both the Number Sense

Test (NST) ($t(38) = 1.33, p > .05$) and the Mathematics Attitude Scale (MAS) ($t(38) = .84, p > .05$). Based on this result, it can be stated that the students in the experimental and control groups had similar levels of number sense and attitudes toward mathematics before the experimental intervention. In the next phase of the study, it was examined whether there was a significant difference between the pre-test and post-test scores of the experimental group for both the NST and the MAS. The findings are presented in Table 5.

Table 5 Comparison of the experimental group's NST and MAS pre-test and post-test total scores

		Tests	n	$\bar{x}$	Sx	Mean difference	t	sd	p
Exp. Group	NST	Pretest	20	12.95	3.12	3.72	-5.53	19	.00
		Posttest	20	17.55	2.33				
	MAS	Pretest	20	60.45	11.97	14.52	-2.39	19	.03
		Posttest	20	68.20	11.91				

Upon examining Table 5, it was found that the pre-test and post-test mean scores of the experimental group differed significantly for both the Number Sense Test (NST) ($t(19) = -5.53, p < .05$) and the Mathematics Attitude Scale (MAS) ($t(19) = -2.39, p < .05$). When the mean scores are analyzed, it is evident that the difference favors the post-test for both the NST ($M = 17.55$) and the MAS ($M = 68.20$). Based on these findings, it can be concluded that the mathematical modeling activities implemented in the experimental group positively affected students' number sense competencies and their attitudes toward mathematics. Regarding the effect size of the difference in NST scores, a Cohen's d value of 1.53 was calculated. Since this value exceeds 0.80, the effect of the mathematical modeling activities on number sense can be considered significant (Büyüköztürk, 2020). Similarly, the effect size for the difference in MAS scores was found to be Cohen's $d = 0.29$, indicating a small effect, as it exceeds the 0.20 threshold (Büyüköztürk, 2020). In addition to the experimental group, the study also examined whether there was a statistically significant difference between the pre-test and post-test scores of the control group for both NST and MAS. The findings related to this comparison are presented in Table 6.

Table 6 Comparison of the control group's NST and MAS pre-test and post-test total scores

		Tests	n	$\bar{x}$	Sx	Mean difference	t	sd	p
Control Group	NST	Pre-test	20	11.55	3.53	3.56	.63	19	.54
		Post-test	20	11.05	2.16				
	MAS	Pre-test	20	57.55	9.82	7.66	1.75	19	.10
		Post-test	20	54.55	10.67				

According to the findings presented in Table 6, there was no statistically significant difference between the pre-test and post-test mean scores of the control group for either the Number Sense Test (NST) ($t(19) = 0.63, p > .05$) or the Mathematics Attitude Scale (MAS) ($t(19) = 1.75, p > .05$). Based on these results, it can be concluded that the teaching and learning activities carried out within the scope of the existing curriculum did not have a positive effect on students' number sense or their attitudes toward mathematics. In the final phase of the study, it was examined whether there was a significant difference in the post-test total scores of the experimental and control groups for both the NST and MAS. The Independent Samples t-test results for NST post-test scores are presented in Table 7, while the Mann-Whitney U test results for the MAS post-test scores—which did not follow a normal distribution—are provided in Table 8.

Table 7 Comparison of NST post-test total scores by groups

	Group	n	$\bar{x}$	Sx	Mean difference	t	sd	p
NST (Post-test)	Exp.	20	17.55	2.33	6.50	9.15	38	.00
	Control	20	11.05	2.17				

Upon examining Table 7, the post-test mean scores of the Number Sense Test (NST) for the experimental and control groups were $M = 17.55$ and $M = 11.05$, respectively. According to the results of the Independent Samples t-test, a statistically significant difference was found between the two groups in favor of the experimental group ($t(38) = 9.15, p < .05$). The effect size of the difference in NST scores was calculated as Cohen's $d = 8.37$. Since this value is well above the threshold of 0.80, it indicates a considerable effect of the mathematical modeling activities on number sense (Büyüköztürk, 2020). Based on these findings, the mathematical modeling activities implemented in the experimental group yielded more effective results in developing students' number sense compared to the learning and teaching activities carried out in the control group.

Table 8 Comparison of MAS post-test total scores by groups

	Group	n	Mean rank	Sum of ranks	Z	p
MAS	Exp.	20	26.28	525.50	-3.13	.002
(Post-test)	Control	20	14.73	294.50		

Upon examining the findings in Table 8, the mean ranks of the Mathematics Attitude Scale (MAS) post-test scores were 26.28 for the experimental group and 14.73 for the control group. The results of the Mann–Whitney U test revealed a statistically significant difference between the two groups in favor of the experimental group ($z = -3.13, p < .05$). Since the Mann–Whitney U test was used, the effect size was calculated using r , as suggested by Büyüköztürk (2020). The r -effect size was found to be .24, which indicates a small effect. Based on these findings, it can be stated that the mathematical modeling activities implemented in the experimental group had a greater impact on students' attitudes toward mathematics than the learning and teaching activities conducted in the control group.

Conclusions and recommendations

Following the implementation of the mathematical modeling activities in the experimental group, a statistically significant difference was found between the pre-test and post-test scores on the Number Sense Test (NST) in favor of the post-test. Additionally, in comparing groups, a significant difference in post-test scores was observed in favor of the experimental group. These findings indicate that the number of sensory skills of students in the experimental group was significantly higher than that of students in the control group. Therefore, when used as an instructional approach, mathematical modeling activities have a meaningful impact on enhancing students' number sense skills.

Although few studies directly examine number sense and mathematical modeling together, various studies focusing on real-life problem contexts support the results of this research (Alkaş Ulusoy, 2020; Akyar, 2023; Can, 2017; Irwin, 2001; Işık & Kar, 2011; Kart, 2024; Yang & Wu, 2010). For example, Can (2017) investigated whether students' performance using number sense-based strategies differed significantly between contextual and non-contextual problems. The study concluded that students performed significantly better in context-based problem situations, supporting that mathematical modeling activities positively influence number sense. Similarly, Akyar (2023) examined the effects of number sense development activities on the academic achievement and number sense skills of 4th-grade students. The results showed significant differences between the experimental and control groups in all components of number sense and mathematics achievement post-test scores. Işık and Kar (2011) investigated the relationship between number sense and non-routine problem-solving abilities. They administered a test of seven open-ended number sense items and five non-routine problems to sixth-, seventh-, and 8th-grade students. The results indicated that both number sense and problem-solving skills were insufficient overall. However, students with stronger number sense also performed better in solving non-routine problems. Similarly, Irwin (2001) examined whether working with contextual versus non-contextual problems influenced students' understanding of

decimal numbers. The findings revealed that students who engaged with contextual problems developed a better conceptual understanding of decimals than their peers. Since a strong conceptual understanding of decimals and the ability to avoid misconceptions are indicators of number sense, this result can be interpreted as further support for the effectiveness of real-life-based learning contexts. Observations of student interactions in Irwin's study also revealed that students working on contextual problems were more likely to draw on real-life experiences to make sense of decimal representations. Likewise, Yang and Wu (2010) investigated the impact of real-life-based mathematical activities on developing number sense. In their study, the control group worked with textbook activities, while the experimental group engaged in activities grounded in real-life contexts. A comparison of pre-test and post-test scores indicated that students in the experimental group demonstrated significantly higher improvements in number sense levels than those in the control group.

In a study conducted by Kart (2024), the effects of real-life-based mathematics learning activities on the number sense performance of gifted students were investigated. The results indicated that such real-life-based practices positively impacted the number sense performance of gifted students. Therefore, it can be said that the findings of Kart's study are consistent with the present research results. In another study, Alkaş Ulusoy (2020) approached number sense not as a dependent but as an independent variable and examined the impact of a number sense-based instructional process on students' awareness of mathematics in daily life, problem-solving performance, and mathematics achievement. The findings revealed that a learning-teaching process designed around number sense contributed positively to students' ability to recognize mathematics in real-life contexts and to solve problems effectively. In mathematical modeling and number sense, the emphasis is not on the direct transmission or acquisition of mathematical knowledge but rather on students taking control of the learning process through flexible and creative thinking. Moreover, both modeling and number sense are nurtured by the idea of preparing students for real-life situations. Therefore, presenting mathematical topics and concepts in the classroom through real-life examples and applications is critical in helping students progress by developing flexible thinking skills rather than relying solely on procedural rules.

When examining the theoretical foundations of the mathematical modeling approach, it becomes evident that although there are variations in implementation in the literature, the process fundamentally involves a context-based teaching and learning framework (Carlson et al., 2016; Canbazoglu & Tarım, 2021). Therefore, the core expectation from students during modeling processes is to interpret real-life situations and subsequently translate them into mathematical representations (Lesh & Doerr, 2003). This is particularly important at the primary level, where students need more concrete representations. Exposing them to mathematical modeling activities can facilitate meaningful learning of mathematical concepts, enhancing success in mathematics and contributing to positive attitudes while reducing negative experiences such as mathematics anxiety. Indeed, the findings of this study revealed a statistically significant difference between the pre-test and post-test scores on the Mathematics Attitude Scale (MAS) in favor of the experimental group following the implementation of mathematical modeling activities. These results align with previous studies that have investigated the effects of modeling on students' attitudes toward mathematics (Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019; Dışbudak, 2014; Işık, 2018; Koç, 2021; Kurt, 2019; Muşlu, 2016; Uz, 2022; Ünlü, 2023). For example, Aktaş (2019) found that instructional methods incorporating modeling activities led to statistically significant differences in favor of the experimental group compared to traditional methods in terms of both academic achievement and attitudes toward mathematics. Muşlu (2016) also noted that students working on modeling problems did not experience difficulty; instead, they reported enjoying the process. Similarly, in experimental studies by Dışbudak (2014) and Kurt (2019), positive changes were observed in students' attitudes toward mathematics when modeling activities were integrated into instruction. Moreover, the literature includes findings suggesting that mathematical modeling not only

fosters positive attitudes toward mathematics itself but also toward related disciplines. For instance, Güder and Gürbüz (2018) found that interdisciplinary modeling activities with 7th-grade students contributed positively to interdisciplinary connection skills and students' attitudes toward those disciplines while boosting their self-confidence. In conclusion, the current study found statistically significant differences between the experimental and control groups in both number sense and attitudes toward mathematics, which favored the experimental group. These results suggest that mathematical modeling activities conducted with 4th-grade students positively affected the development of number sense and attitudes toward mathematics.

In this study, the modeling activities were developed and implemented directly within the mathematics course based on mathematical topics and concepts. At the primary level, interdisciplinary modeling activities that incorporate connections with other subjects more intensively could be conducted in future research to examine their effects on different variables. The current study did not focus on a single learning domain within mathematics but integrated modeling activities across multiple content areas. Therefore, future studies may benefit from focusing on a single learning domain to examine the effects of profound, domain-specific modeling experiences. Moreover, this study relied exclusively on quantitative data. Future research could adopt qualitative or mixed-method designs to incorporate students' and teachers' perspectives and provide richer insights into the implementation and outcomes of modeling activities. This study was also limited to 4th-grade students. Future studies could include younger age groups to explore developmental differences. Due to the constraints of the school where the study was conducted, the research was conducted with 40 students. Future studies should consider using larger sample sizes to increase generalizability. The intervention consisted of 10 weeks of instruction, with modeling activities conducted twice weekly. In future implementations, the duration of the intervention could be extended, and the weekly lesson hours could be increased. In addition, in-service training programs could be offered to classroom teachers to enhance their understanding of the conceptual foundations and practical implementation of modeling at the primary level. With ongoing curriculum reforms, primary mathematics textbooks could include more examples and tasks aligned with mathematical modeling processes, thus encouraging the integration of modeling into classroom practice.

Author contribution rates

1st author: 70%, 2nd author: 30%, contributed to the study.

Conflict of interest declaration

Our article titled "The effect of mathematical modeling activities on primary school students' number sense and attitudes towards mathematics" has no financial conflict of interest with any institution, organization, or person. There is also no conflict of interest between the authors.

References

- Akay, S. A. (2024). Matematiksel modelleme etkinliklerinin 4. sınıf ölçme öğrenme alanındaki başarıya ve öğrencilerin matematik kaygılarına etkisi [Master's thesis, Kastamonu Üniversitesi].
- Akyar, K. (2023). *İlkokul 4. sınıf öğrencilerinde sayı hissinin geliştirilmesinde yapılan sayı hissi geliştirme etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarısına ve sayı hissi becerilerine etkisi* [Master's thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi].
- Alkaş Ulusoy, Ç. (2020). Sayı duygusu temelli öğretimin altıncı sınıf öğrencilerinin öz yeterliklerine ve performanslarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 45(202), 417–439. <https://doi.org/10.15390/EB.2020.8734>

- Almuna, F. (2020). Investigating the effect of mathematics problem context on the performance of Year 10 students [Doctoral dissertation, The University of Melbourne].
- Aydın Güç, F. (2015). Matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi [Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- Bakırcı, C. (2016). Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin PISA matematik başarı düzeylerine etkisi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].
- Berch, B. (2005). Making sense of number sense. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 333–339. <https://doi.org/10.1177/00222194050380040901>
- Blum, W., & Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics—ICTMA 12* (pp. 222–231). Horwood.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86–95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Büyüköztürk, Ş. (2020). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum (28. baskı). Pegem Akademi.
- Can, D. (2017). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin sayı duyularının bağlam temelli ve bağlam temelli olmayan problem durumlarında incelenmesi [Doctoral dissertation, Hacettepe Üniversitesi].
- Canbazoğlu, H. B., & Tarım, K. (2021). İlkokulda matematiksel modelleme için bir öğretim çerçevesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 210–225. <https://doi.org/10.53444/deubefd.825361>
- Cantürk Günhan, B. (2006). İlköğretim II. kademedeki matematik dersinde probleme dayalı öğrenmenin uygulanabilirliği üzerine bir araştırma [Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Carlson, M. A., Wickstrom, M. H., Burroughs, E. A., & Fulton, E. W. (2016). A case for mathematical modeling in the elementary school classroom. In C. R. Hirsch & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 121–129). NCTM.
- Christensen, L. B., Johnson, R. B., & Turner, L. A. (2014). *Research methods, design, and analysis* (12th ed.). Pearson.
- Cinisliloğlu, B. (2017). Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].
- Çavuş Erdem, Z. (2018). Matematiksel modelleme etkinliklerine dayalı öğrenim sürecinin alan ölçme konusu bağlamında incelenmesi [Doctoral dissertation, Adıyaman Üniversitesi].
- Çekirdekci, S. (2015). İlkokul 4. sınıf öğrencileri için sayı hissi testinin geliştirilerek öğrencilerin sayı hislerinin incelenmesi [Unpublished doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi].
- Çekirdekci, S. (2020). Sayılar. In V. Toptaş, S. Olkun, S. Çekirdekci, & M. H. Sarı (Eds.), *İlkokulda matematik öğretimi* (pp. 127–184). Vizetek.
- Çekirdekci, S., Şengül, S., & Doğan, M. C. (2016). 4. sınıf öğrencilerinin sayı hissi ile matematik başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Qualitative Studies*, 11(4), 48–66.
- Çetin, H., & Öztürk, Ş. (2020). İlkokul matematik öğretim programının sayı duyusu temel bileşenlerine göre incelenmesi. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 4(2), 163–180.
- Çilingir, E., Artut, P. D., & Tarım, K. (2015). Sınıf öğretmeni adayları üzerinde gerçekçi matematik eğitime ilişkin bir uygulama örneği. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 1–12.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Greer, B. (2000, November). Connecting mathematics problem solving to the real world. In *Proceedings of the International Conference on Mathematics Education into the 21st Century: Mathematics for living* (pp. 66–73).
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language*, 16(1), 16–36. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00154>
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Delikanlı, S. D. (2019). Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığa etkisi [Master's thesis, Çukurova Üniversitesi].

- Demir, S. (2022). Comparison of normality tests in terms of sample sizes under different skewness and kurtosis coefficients. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 9(2), 397–409. <https://doi.org/10.21449/ijate.1074997>
- Demirci, G. (2018). Matematiksel modelleme yönteminin matematik okuryazarlığına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].
- Deniz, K. Z. (2020). Herkes için istatistik kolay: Temel istatistik SPSS uygulaması ile APA formatında tablolaştırma ve yorumlama. Nobel Yayıncılık.
- Dışbudak, K. (2014). Model oluşturma etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].
- Doerr, H. M., & English, L. D. (2003). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(2), 110–136. <https://doi.org/10.2307/30034902>
- Doruk, B. K. (2010). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi [Doctoral dissertation, Hacettepe Üniversitesi].
- Duru, A., Akgün, L., & Özdemir, M. E. (2005). İlköğretim öğretmen adaylarının matematiğe yönelik tutumlarının incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 520–536.
- English, L. D., & Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *ZDM Mathematics Education*, 50(1–2), 103–115. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0947-3>
- English, L., & Watters, J. (2004). Mathematical modelling with young children. In M. Hoines & B. Fugelsted (Eds.), *Proceedings of the 28th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 335–342). PME.
- Eraslan, A., & Şahin, N. (2023). İlkokul ve ortaokulda etkinlik örnekleriyle matematiksel modelleme (2. baskı). Pegem Akademi.
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 199–219. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9065-4>
- Ghazali, M., Mohamed, R., & Mustafa, Z. (2021). A systematic review on the definition of children's number sense in the primary school years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), 1–12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10968>
- Gómez-Chacón, I. M., Bacelo, A., Marbán, J. M., & Palacios, A. (2024). Inquiry-based mathematics education and attitudes towards mathematics: Tracking profiles for teaching. *Mathematics Education Research Journal*, 36, 715–743. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00468-8>
- Govender, R. (2020). Mathematical modelling: A 'growing tree' for creative and flexible thinking in pre-service mathematics teachers. In G. A. Stillman, G. Kaiser, & C. E. Lampen (Eds.), *Mathematical modelling education and sense-making: International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 443–453). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_38
- Güder, Y., & Gürbüz, R. (2018). STEM eğitimine geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: Öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 170–198.
- Gündoğdu Alaylı, F. (2023). Matematiksel modelleme. In Z. Taşpınar & Ş. Gökçen (Eds.), *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme perspektifleri ve sınıf içi uygulamalar* (pp. 18–41). Pegem Akademi.
- Hacıömeroğlu, G. (2017). Matematiğe yönelik tutum ölçeği kısa formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Journal of Computer and Education Research*, 5(9), 84–99.
- Hıdıroğlu, Ç. N., Tekin Dede, A., Kula, S., & Bukova Güzel, E. (2014). Öğrencilerin kuyruklu yıldız problemine ilişkin çözüm yaklaşımlarının matematiksel modelleme süreci çerçevesinde incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 1–17.
- Irwin, K. C. (2001). Using everyday knowledge of decimals to enhance understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(4), 399–420. <https://doi.org/10.2307/749700>
- Işık, K. N. (2018). Ortaokul öğrencilerinin kesirlerle işlemler konusunu modelleme becerileri ve matematik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].

- Işık, C., & Kar, T. (2011). İlköğretim 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin sayı algılama ve rutin olmayan problem çözme becerilerinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 57–72.
- İnan, M. (2018). 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi [Master's thesis, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi].
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302–310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kart, B. (2024). Gerçek yaşamla ilişkilendirilmiş matematik öğrenme etkinliklerinin özel yetenekli 4. sınıf öğrencilerinin sayı hissi performanslarına etkisinin incelenmesi [Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Kaya, G. (2018). Bütün-parça-bütün öğrenme modelinin farklı matematiksel inançlara sahip ilköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi [Doctoral dissertation, Gazi Üniversitesi].
- Kaygısız, İ. (2021). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi: Bir öğretim deneyi [Doctoral dissertation, Anadolu Üniversitesi].
- Koç, D. (2021). Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının problem çözme becerisine ve matematiğe yönelik tutumuna etkisi [Master's thesis, Celal Bayar Üniversitesi].
- Kurt, Ö. (2019). Matematiksel modelleme problemlerinin beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarı, geometri öz-yeterlik ve matematiğe yönelik tutumuna etkisinin incelenmesi [Master's thesis, Fırat Üniversitesi].
- Küçük, B., Kahraman, S., & İşleyen, T. (2013). Öğretmen adaylarının matematiğe karşı tutumlarının incelenmesi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 12(1), 1–15.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a model and a modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3–34). Erlbaum.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763–804). Information Age Publishing.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). İlköğretim matematik dersi (1–5. sınıflar) öğretim programı. MEB.
- Muñoz-Rubke, F., Almuna, F., Duemler, J., & Velásquez, E. (2023). Mathematical tools for making sense of a global pandemic. *International Journal of Science Education*, 13(1), 18–27. <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2100941>
- Muşlu, M. (2016). Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.
- Neale, D. (1969). The role of attitudes in learning mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 16(8), 631–641.
- Nicolaidou, M., & Philippou, G. (2003). Attitudes towards mathematics, self-efficacy and achievement in problem solving. In M. A. Mariotti (Ed.), *European research in mathematics education III* (pp. 1–11). University of Pisa.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 3–32). Springer.
- Obay, M., Pesen, C., & Çelik, H. C. (2021). Öğretmenlerin matematiksel modelleme öğretim yeterliklerinin geliştirilmesi: Bir öğretim deneyi. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 15(36), 164–188. <https://doi.org/10.29329/mjer.2020.367.9>
- Oberholzer, C. (1992). Mathematical modelling. In M. Moodley, R. A. Njisane, & N. C. Presmeg (Eds.), *Mathematics education for in-service and pre-service teachers* (pp. 193–209). Shuter & Shooter.
- Olkun, S., & Toluk Uçar, Z. (2020). İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi (9. baskı). Vizetek.
- Perloff, R. M. (2016). *The dynamics of persuasion: Communication and attitudes in the twenty-first century*. Routledge.
- Petty, R. E., & Krosnick, J. A. (2014). *Attitude strength: Antecedents and consequences*. Psychology Press.

- Purnomo, Y. W., Alyani, F., & Assiti, S. S. (2014). Assessing number sense performance of Indonesian elementary school students. *International Education Studies*, 7(8), 74–84. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n8p74>
- Reys, R. E., Reys, B., Emanuelsson, G., Johansson, B., McIntosh, A., & Yang, D. G. (1999). Assessing number sense of students in Australia, Sweden, Taiwan, and the United States. *School Science and Mathematics*, 99(2), 61–70. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17449.x>
- Reys, R. E., & Yang, D. C. (1998). Relationship between computational performance and number sense among sixth- and eighth-grade students in Taiwan. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2), 225–237. <https://doi.org/10.2307/749900>
- Rüzgar, M. E., Boyraz, S., & Sözcü, İ. (2023). Eğitim bilimlerinde araştırma 101. Pegem Akademi.
- Serin, M. K. (2022). Matematik kaygısının geleceği: Hâlâ araştırılacak ne var? In M. H. Sarı & M. Baloğlu (Eds.), *Matematik kaygısı: Tanımı, özellikleri, yaygınlığı, nedenleri ve tanımlanması* (pp. 249–273). Vizetek.
- Şengül, S., & Dede, H. G. (2014). Matematik öğretmenlerinin sayı hissi problemlerini çözerken kullandıkları stratejiler. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 5(1), 73–88. <https://doi.org/10.16949/turcomat.67936>
- Tarım, K., & Canbazoğlu, H. B. (2021). İlkokulda matematiksel modelleme. In E. Bukova Güzel, M. F. Doğan, & A. Özaltun Çelik (Eds.), *Matematiksel modelleme: Teoriden uygulamaya bütünsel bakış* (pp. 201–228). Pegem Akademi.
- Tarım, K., & Dinç Artut, P. (2016). Tutum ve matematik başarısı. In E. Bingölbali, S. Arslan, & İ. Ö. Zembat (Eds.), *Matematik eğitiminde teoriler* (pp. 767–783). Pegem Akademi.
- Tekin, A. (2012). Matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarım süreçleri ve etkinliklere yönelik görüşleri [Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Tekin Dede, A. (2015). Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması [Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Ural, A. (2018). Matematiksel modelleme eğitimi. Anı Yayıncılık.
- Uz, M. (2022). Ortaokul öğrencilerinin problem çözümüne işlemsel ve kavramsal yaklaşımları, matematiksel modelleme yeterlikleri ve matematiğe yönelik tutumları arasındaki ilişkilerin incelenmesi [Master's thesis, Çukurova Üniversitesi].
- Ünlü, V. (2023). Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisi: Bir meta-analiz çalışması [Unpublished doctoral dissertation, Necmettin Erbakan Üniversitesi].
- 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>
- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: A survey. *ZDM*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>
- Wakhata, R., Mutarutinya, V., & Balimuttajjo, S. (2023). Relationship between active learning heuristic problem-solving approach and students' attitude towards mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(2), 1–19. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12842>
- Yang, D. C., Hsu, C. J., & Huang, M. C. (2004). A study of teaching and learning number sense for sixth grade students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 407–430. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-6486-9>
- Yang, D. C., & Wu, W. R. (2010). The study of number sense: Realistic activities integrated into third-grade math classes in Taiwan. *The Journal of Educational Research*, 103(6), 379–392. <https://doi.org/10.1080/00220670903383010>

Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul öğrencilerinin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumlarına etkisi¹

Büşra Savaşlı² , Mehmet Koray Serin³ 

² MEB, Van, Türkiye; ³ Kastamonu Üniversitesi, Temel Eğitim Bölümü, Kastamonu, Türkiye.

ÖZET

Bu çalışmada matematiksel modelleme etkinliklerinin dördüncü sınıf öğrencilerinin sayı hissi ve matematiğe ilişkin tutumları üzerindeki etkisine bakılmıştır. Nicel araştırma yöntemlerinden yarı deneysel ön test-son test kontrol grup deseniyle tasarlanan araştırma, Van il merkezindeki bir devlet ilkokulunda öğrenim görmekte olan dördüncü sınıf öğrencileriyle yürütülmüştür. Araştırmada ön test ve son test olarak Çekirdekci (2015) tarafından geliştirilen Sayı Hissi Testi (SHT) ile Hacıömeroğlu (2017) tarafından uyarlama çalışması yapılan Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği (MYTÖ) kısa formu kullanılmıştır. Uygulamaya geçmeden ön testler her iki gruba uygulanmış ve sonrasında deneysel sürece geçilmiştir. Deney grubunda matematik dersleri, kazanımlara uygun olacak şekilde ilkökul 4. sınıf düzeyine göre tasarlanan matematiksel modelleme etkinlikleri ile işlenirken, kontrol grubunda öğretim programı ile ders kitabında yer alan etkinliklere uygun ders işlenişine devam edilmiştir. Araştırmada 10 hafta süren etkinliklerden sonra son testler uygulanmıştır. Verilerin analizinde Mann-Whitney U ve t testleri işe koşulmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre deney grubunun SHT ön test ve son test puanlarının anlamlı fark olduğu görülmüştür. Kontrol grubunda ise SHT için anlamlı fark bulunmamıştır. Deney grubunun MYTÖ ön test-son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiş ancak kontrol grubunda anlamlı farklılık bulunamamıştır. Gruplar arası SHT puanlarına bakıldığında deney ve kontrol grubu arasında anlamlı farklılık bulunmuş, bu fark deney grubunun lehine olarak görülmüştür. MYTÖ puanlarına göre deney ve kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunmuştur. Bulunan bu fark deney grubunun lehinedir. Elde edilen verilerden, yapılan matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumları üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Matematiksel modelleme, sayı hissi, matematiğe yönelik tutum, ilkökul.

Giriş

Matematik, birçok disiplinde önemli bir rol oynadığı için eğitimde hayati bir öneme sahiptir. Dünyanın dört bir yanındaki matematik müfredatı, öğretmenlerin öğrenme etkinlikleri sırasında gerçek hayat bağlamı sağlamasını tavsiye etse de PISA, TIMSS gibi uluslararası sınav sonuçları, öğrencilerin büyük bir yüzdesinin bu kavramları karmaşık durumlarda uygulamak için gerekli minimum matematik okuryazarlığı standardına ulaşamadığını göstermektedir (Almuna, 2020; Munoz-Rubke vd., 2022). Matematik öğrenme-öğretme süreçlerinde gerçek dünya bağlamının kullanılmasına hizmet eden en önemli faktörlerden birisi de problemlerdir. Öğrencilerin matematik derslerinde çoğunlukla karşılaştıkları problem türlerinin başında sözel problemler gelmektedir (Verschaffel vd., 2020). Sözel problemlerin okul müfredatına dâhil edilmesine yönelik en önemli argümanlardan biri, öğrencilerin pratik durumlardaki problemlere yaklaşırken ve çözerken matematiksel bilgilerini ne zaman ve nasıl kullanacaklarını bilme becerilerinin

¹ Bu çalışma birinci yazarın Ocak 2024'te Kastamonu Üniversitesi Temel Eğitim Ana Bilim Dalı'nda tamamlanan "Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin İlkökul Öğrencilerinin Sayı Hissi ve Matematiğe Yönelik Tutumlarına Etkisi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Uygulama için Kastamonu Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Yayın Etiği Kurulu'nun 02.02.2023 tarih, 50 karar sayısı ile izin alınmıştır.

geliştirilmesindeki potansiyel rolü olmuştur (De Corte vd., 2000). Bununla birlikte sözel problemlerin matematik öğrenme-öğretme süreçlerinde yoğun kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca sözel problemlerin gerçek dünya bağlamı sunarak, öğrencilerin matematiksel konu ya da kavramları gerçek hayatla ilişkilendirebilmelerine yönelik katkısının yeterli düzeyde olmadığı söylenebilir. Aksine, Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) (2000), her seviyedeki okul matematiğinin, matematik dışındaki bağlamda (gerçek hayat) ortaya çıkan problem durumlarını merkeze alan öğrenme fırsatları içermesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Matematiğin problemler aracılığıyla gerçek yaşam ile ilişkilendirilmesi söz konusu olduğunda akla ilk gelen alanlardan birisi de matematiksel modelleme uygulamalarıdır (Gainsburg, 2008). Bu uygulamalarda matematik gerçek yaşam ile ilişkilendirilerek, matematik öğrenimi ve öğretimine yönelik teorik argümanlar ve pratik uygulamalar bir arada yer almaktadır (Lesh ve Doerr, 2003; Kaiser ve Sriraman, 2006). Matematiksel modelleme kavramını daha iyi açıklamak adına bir günlük yaşam durumunu örnek vermek gerekebilir. Örneğin çalışma odasında ihtiyaçlar doğrultusunda bir masa yaptırmak istenildiğinde bunun gerçek bir problem olduğu anlaşılır. Bu problemi çözmek için kişinin ihtiyaçlarını belirlemesi ve bu ihtiyaçları bir mobilyacıya aktarması gerekmektedir. Bu ihtiyaçları belirlerken odanın büyüklüğünü ölçmesi, masanın genişliğinin belirlenmesi eğer eklenmesi istenilen başka durumlar varsa bunların da belirlenmesi gerekmektedir. Tüm bu özellikleri mobilyacıya aktardıktan sonra kişiye ihtiyaçlarını dikkate alarak bir çizim sunulmaktadır. Bu sunulan çizime istenilen ölçüleri de yazarak zihinde oluşturulan masa modeli, gerçek bir modele dönüşmektedir. Mobilyacının ölçümler dâhilinde ne kadar malzeme kullanacağını, bu malzemelerin bedelinin belirlenmesi, harcanacak emek ve zamanın da dikkate alınarak masanın fiyatının belirlenmesi de bir matematiksel modeldir. Masa ihtiyacının olması ile başlayan ve masanın yapılmasını da kapsayan tüm süreç ise matematiksel modelleme sürecidir (Gündoğdu Alaylı, 2023). Örnekten de anlaşılacağı üzere matematiksel modelleme için günlük hayatta karşılaşılan bir problemin matematiksel olarak ifade edilmesi, matematiksel süreçler dâhilinde çözülmesi ve çözümünün günlük hayata uyarlanması şeklinde genel bir tanımlama yapılabilir (Borromeo-Ferri, 2006; Blum ve Leiss, 2007). Blum ve Leiss'e (2007) göre modelleme süreci, gerçek dünyadaki durumu matematiksel dünyada anlayıp analiz ederek varsayımlarda bulunmak ve sonucu gerçek dünyada yorumlamak olarak ifade edilebilir. Matematiksel modelleme yaklaşımında gerçek dünya problemleri genellikle disiplinler arası problemlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte birçok araştırmacı matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin analitik düşünme becerilerinin, problem çözme yeteneklerinin ve teknoloji tabanlı bilgi çağında ihtiyaç duydukları niteliklerin geliştirilmesinde en önemli unsurlardan biri olduğunu belirtmektedir (örn. Niss vd., 2007; Lesh ve Zawojewski, 2007). Aynı zamanda karmaşık sistemleri yorumlama, verileri nicelleştirme, koordine etme ve organize etmenin yanı sıra oluşturma, açıklama, doğrulama, tahminde bulunma gibi önemli süreçleri içerir (English ve Watters, 2004). Söz konusu süreçler ise problem durumunun anlaşılması, problem durumunun yapısının ve bu durumu oluşturan unsurların ilişkisini tanımlayan bir matematiksel modelin oluşturulması, matematiksel modelin yeniden düzenlenmesi, düzenlenen modelin uygulanması, ulaşılan sonucun problem durumu ve matematiksel model paralelinde yorumlanması, değerlendirilmesi ve sunulması gibi aşamalar dâhilinde işe koşulmaktadır (Verschaffel ve De Corte, 1997). Öğrencilerin aktif olarak katıldıkları matematiksel modelleme sürecinde, karmaşık problemleri anlama, durumları özümseme, gerçek yaşam ve matematik arasında bağlamsal bir ilişki kurarak akıl yürütme ve bütün bunları başkalarına aktarma gibi eylemler gerçekleştirilebilir (NGA Center & CCSSO, 2010; akt. Tarım ve Canbazoğlu, 2021). Dolayısıyla ilkökul yıllarından itibaren matematiksel modelleme etkinliklerine matematik derslerinde yer verilmesi, öğrencilerin bu etkinliklerle karşılaşarak kendi matematiksel modellerini oluşturmaya uzanan bir süreç içerisinde bulunmaları önemli görülmektedir (Carlson vd., 2016; English ve Watson, 2018). İlkokul döneminde matematiksel modelleme etkinlikleri ile karşılaşan öğrenciler, problem yapısındaki matematiksel bilgiyi okuma ve anlama, çözüm

varsayımları oluşturma, matematiksel modeller elde etme ve çözme, ulaşılan çözümü arkadaşları ile paylaşma gibi önemli becerilere sahip olabilirler (English, 2004).

Oberholzer'e (1992) göre modelleme, öğrencinin kullanabileceği hazır bir yöntem veya net bir algoritmaya sahip olmadığı herhangi bir problemi ele almasıyla başlayan, sonrasında ise problem durumu ile matematiksel süreçleri birlikte ele alıp kabul edilebilir bir cevaba ulaşabilme adına süreci yapılandırmasıdır. Dolayısıyla matematiksel modellemenin öğrencilerin alışılmadık durumlarda gerçek dünya problemlerini çözme çabalarında, yaratıcı ve esnek düşüncelerini geliştirmede önemli bir rol oynadığı söylenebilir (Doerr ve English 2003; Govender, 2020). Tıpkı matematiksel modellemede olduğu gibi öğrencilerin özellikle matematiksel süreçlerde ortaya koydukları yaratıcı ve esnek düşünebilme süreçlerinin ilişkili olduğu bir diğer matematiksel becerinin sayı hissi olduğu söylenebilir.

Bilişsel psikologlar, nörologlar ve matematik eğitimcileri sayı hissi kavramını farklı şekillerde kavramsallaştırmışlardır (Dehaene, 2011). Örneğin Dehaene (2001), sayıları çabuk bir şekilde anlamlandırma, büyüklüklerinin farkında olma ve işlemsel akıcılığı gerçekleştirme becerisi şeklinde tanımlamıştır. Berch (2005) ise matematiksel kurallar ile bu kurallar arasındaki ilişkileri anlama, işlemler arasında akıcı ve esnek bir kullanım, sayısal ifadelerin kullanılmasında gelişmiş bir beceri olarak ifade etmiştir. Şengül ve Gülbağcı Dede (2014), sayı hissini sayılar ve işlemleri esnek bir şekilde kullanabilme becerisinin yanında yuvarlama yapma, tahmin etme gibi becerileri kullanma olarak tanımlamıştır. Olkun ve Toluk Uçar (2020), sayı hissi kavramını sayıların azlık-çokluk, parça- bütün, miktar ilişkileri ve çevre ölçülerini anlamlandırabilme becerisi olarak belirtmiştir. Bu tanımların her biri sayı hissine ilişkin farklı bakış açıları sunsa da genel olarak sayı hissini temel özellikleri; farklı sayısal gösterimleri kullanmayı, sayıların göreceli ve mutlak büyüklüklerini bilmeyi, referans noktalarını seçmeyi ve kullanmayı, sayıları ayırmayı ve yeniden düzenlemeyi, işlemlerin sayılar üzerindeki ilişkili etkilerini kavramayı, esnek ve doğru zihinsel hesaplamalarla tahminler yapmayı kapsar (Reys ve Yang, 1998). NCTM (2000), sayı hissine sahip bireylerin; sayıları ayırttıklarını, sayılar üzerinde referans noktaları belirlediklerini, işlemler arasındaki bağlantıları ve onluk taban sistemi hakkındaki bilgileri kullanarak problem çözdüklerini, bir problem için kabul edilebilir sonuçlar tahmin ettiklerini ve sayıları, problemleri ve sonuçları kontrol edip anlamlandırma eğiliminde olduklarını ifade etmektedir.

Sayı hissi, matematik öğretiminin ve matematik öğretim programlarının kritik bir parçasıdır. Araştırmalar, sayı hissini daha sonraki yaşamda ihtiyaç duyulacak matematiksel kavramları anlamak için önemli bir temel oluşturduğunu ifade etmektedir (Ghazali vd., 2020). Dolayısıyla öğrencilerin gerçek hayatla bağ kurmalarına olanak sağlayan sayı hissini ilkökul eğitiminde anahtar bir rol üstlendiği söylenebilir (Çetin ve Öztürk, 2020; Purnomo vd., 2014; Yang vd., 2004). Yang ve Wu (2010), sayı hissini esneklik, yaratıcılık, verimlilik ve mantıklı olmayı temsil eden bir düşünme biçimi olarak vurgulamakta ve sayı hissi becerisinin önemine yönelik gerekçeyi şu örnekle açıklamaktadır; öğrencilerden $24 \times 65 \div (6 \times 13)$ için çözüm bulmaları istendiğinde, genellikle $24 \times 65 = 1560$, $6 \times 13 = 78$ ve $1560 \div 78 = 20$ gibi yazılı algoritma kullanılmaktadır. Buna karşılık $24 \div 6 = 4$, $65 \div 13 = 5$ ve ardından $4 \times 5 = 20$ olduğunu bilmek daha verimli ve etkili bir stratejidir. Çünkü öğrenciler sayılar arasında belirli bir kurala bağlı kalmamakta, sayılar arasında esnek geçişler yapabilmektedir. Daha açıklayıcı olmak gerekirse kurala bağlı kalan öğrenci işlemleri sırayla yapmakta, parantezin işlemde öncelikli olduğu bilgisinden yola çıkarak ilerlemektedir. Ancak sayı hissine sahip bir öğrenci sayıları kendi içinde ayırarak daha pratik ve akıcı bir şekilde zihinden işlem yaparak kâğıt kaleme ihtiyaç duymadan yapabilir. Ayrıca zihinden işlem yapma becerisi bir problemle karşılaşıldığında hızlı karar verme, tahminde bulunma gibi becerileri geliştirirken kâğıt kaleme bağlı gerçekleştirilen çözümler bu gelişimin önünde bir engel olarak görülmektedir (Olkun ve Toluk Uçar, 2020). Matematiği anlama ve başarmada önemli role sahip sayı hissi, maalesef ilkökul öğrencilerinin gelişiminde geri planda kalmakta ve problem çözümlerinde kurallı çözümler yapılmasının sıkça üzerinde durulmaktadır. Matematiğin tek amacı sayıları göstermek ya da kuralları öğretmek değil aynı zamanda günlük hayatla matematik ilişkisini aşılmasıdır. Sayı hissi ile matematik başarısı artırılmaya çalışılmakta, matematik daha

anlamli ve işlevsel hale getirilmektedir (Çekirdekci, 2020). Sağlanan matematik başarısı ve matematiğin nerede kullanılacağı bilgisi beraberinde olumlu duyuşsal süreçlerin de devreye girmesini sağlayabilecektir.

Öğrencilerin bilgilerinin oluşumunda, bilişsel faktörler kadar duyuşsal faktörler de oldukça önemlidir. Özellikle matematik dersi, soyut yapısı gereği öğrencilerin bilişsel düzeyde zorluk yaşadığı bir ders olmasının yanında, söz konusu bilişsel zorluğun ilerleyen süreçte beraberinde getireceği duyuşsal olumsuzluklara da oldukça açık bir alan olarak değerlendirilmektedir (Serin, 2022). Söz konusu duyuşsal özelliklerden birisi de "tutum"lardır. Tutumlar, kişilerin, nesnelerin veya fikirlerin değerlendirilmesidir (Petty & Krosnick, 2014). Tutum terimi, çağdaş sosyal psikoloji ve bilimin üzerinde durduğu önemli kavramlarından biridir. Tutum, bir görevi yerine getirebilme adına bireyi yönlendiren zihinsel ve duygusal durumlar ile ilgilidir (Perloff, 2016). Son kırk yıldır, farklı ortamlarda ve bağlamlarda gerçekleştirilen çalışmalarda, öğrencilerin bilime, teknolojiye, mühendisliğe ve matematiğe yönelik tutumlarını etkileyen değişkenlerin araştırıldığı görülmektedir (Wakhata vd., 2023). Dolayısıyla bireylerin farklı alanlara yönelik tutumlarının incelenmesine paralel olarak öğrencilerin matematikte yaşadıkları zorluklarla ilgili bir faktör olarak tutumlar üzerine yapılan araştırmaların da 1960'lara dayandığı söylenebilir. İlerleyen zamanlarda da, motivasyon ve öz düzenleme, öz saygı ve öz yeterlilik kavramları ve inançları gibi birçok bağlantılı kavram da sıkça ele alınarak matematiksel süreçler paralelinde ele alınıp incelenmiştir (Nicolaidou & Philippou, 2003). Gómez-Chacón (2024), tutumların incelenmesinde, farklı kavramsal yaklaşımların ön plana çıktığı değişken bir araştırma yelpazesi olduğunu ifade etmekte ve matematiğe yönelik tutumları tanımlamak için temelde şu üç yaklaşımın yer aldığını belirtmektedir: a) tutumun matematikle ilişkili olumlu ya da olumsuz bir etki derecesi olarak ele alındığı basit bir tanımlama, b) duygu ve inançları içeren, ancak davranışın açıkça belirtilmediği iki boyutlu bir tanımlama, c) tutumun matematiğe karşı duygusal tepki, matematik hakkındaki inançlar ve matematikle ilgili davranışlar şeklinde üç bileşenini öne çıkaran üçlü bir tanım.

Matematiğe karşı tutum, Neale (1969) tarafından "matematiksel faaliyetlerden hoşlanma, bu tür aktivitelere katılma veya uzak durma, matematik yapmadaki durumuna dair inanç ve aynı zamanda matematiğin yararlı veya yararsız olduğuna yönelik inanç" olarak tanımlanmıştır. Tutumların insan davranışları üzerindeki etkisi, onu matematik performansı üzerinde etkisi olan değişkenler arasında önemli bir yere koymuştur. Ülkemizde her düzeydeki matematik dersi öğretim programları incelendiğinde, programlarda matematiksel bilgi ve becerini kazanılmasının yanı sıra matematiğe yönelik olumlu tutumun geliştirilmesine de önem verildiği görülmektedir (Tarım ve Dinç Artut, 2016). Son zamanlarda yapılan araştırmalarda öğrencilerin matematiğe yönelik genel tutumlarını araştırmak yerine, öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarını anlamak adına arka planda yatan nedenleri belirlemeye çalışılmıştır. Farklı akademik seviyelerdeki öğrenciler temelde farklı nedenlerden dolayı matematiğe karşı olumlu veya olumsuz tutumlara sahip olabilirler. Cantürk ve Günhan'a (2006) göre öğrencilerin başarılarının ve tutum gibi duyuşsal durumlarının olumsuzdan arındırılması bekleniyorsa uygun şartların ve öğrenme için gerekli ortamların oluşturulması gerekmektedir (Kurt, 2019). Duru, Akgün ve Özdemir (2005), öğrencilerin kişilik özellikleri, cinsiyeti, sınıf düzeyi, mezun olduğu okullar ve aile ortamı matematiğe yönelik tutumu etkileyen faktörler arasında olduğunu belirtmektedir. Bunun yanında öğretmen faktörünün de diğer faktörler kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Öğretmenlerin kullandığı öğretim yöntemlerinin, kullandıkları materyallerin, öğrencilerin verdiği cevaplara yönelik verdikleri tepkilerin de öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında önemli bir etken olarak görülmektedir (Küçük, Kahraman ve İşleyen, 2013). Bahsi geçen çalışmalardan, öğrencilerin demografik özelliklerinden öğretmenlerin sınıf içi öğretim uygulamalarına kadar çok sayıda faktörün öğrencilerin matematiği öğrenmeye yönelik tutumlarını etkilediği anlaşılmaktadır.

Öğrencilerin matematiğe yönelik olumlu tutum geliştirebilmesi için ezbere dayalı matematik eğitiminden uzak durularak anlamli ve gerçekçi öğrenme ortamlarının oluşturulması önemli görülmektedir. Bu bağlamda matematiğe yönelik oluşturulan olumlu tutumun anlamli öğrenme

yönüyle kavramsal bilgiyle, gerçekçi öğrenme ortamları yönüyle matematiksel modelleme ile karşılıklı etkileşim içerisinde olduğu görülmektedir (Çilingir, vd., 2015). Benzer şekilde sayı hissi yaklaşımının içeriğini oluşturan yaratıcı ve esnek düşünebilme gibi süreçlerin aynı zamanda, gerçek hayat problemlerine çözüm üretme noktasında işe koşulan matematiksel modelleme etkinliklerinde, öğrencilerin ihtiyaç duyduğu temel becerilerden olduğu düşünüldüğünde bu iki kavramın da birbiriyle ilişkili olabileceği varsayılmaktadır. Matematiksel düşünme ve muhakeme becerileri için oldukça elzem olduğu düşünülen sayı hissini eksikliği, matematiğin yapılması güç hatta yapılamayacak bir alan olduğu düşüncesine neden olabilmektedir (Çekirdekci, 2015). Gerek muhakeme yeteneği gerekse problem çözmede strateji geliştirme gerekse de günlük hayat problemlerini ele alma yönüyle matematiksel modelleme etkinliklerinin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumu etkileyeceği düşünülmektedir. Ek olarak son zamanlarda matematiksel modelleme konulu araştırmaların sayısının da arttığı görülmektedir (Doruk, 2010; Tekin, 2012; Hıdıroğlu ve diğerleri, 2014; Aydın- Güç, 2015; Tekin-Dede, 2015; Bakırcı, 2016; Cinislioğlu, 2017; Çavuş Erdem & Gürbüz, 2018; Demirci, 2018; İnan, 2018; Kaya, 2018; Kurt, 2019; Delikanlı, 2019; Kaygısız, 2021; Uz, 2022; Canbazoğlu-Albayrak & Tarım, 2023; Akbar Akay, 2024). Ancak bu araştırmaların çoğunun ortaokul ve üzeri eğitim kademelerindeki öğrencilerle ilgili olduğu ifade edilebilir.

Matematiksel modellemenin istenilen düzeyde gelişmemesinde öğretmenlerden, öğrencilerden, ders kaynakları ve fiziksel yetersizlikler gibi nedenlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Matematiksel modelleme uygulamalarının eğitimde etkili bir şekilde yer almamasının önündeki engellerden biri mesleki gelişim yetersizliğidir (Ural, 2018). Öğretmenlerin matematiksel modelleme kavramına ve uygulama basamaklarına aşina olmaması, nereden başlanacağını kestirememesi, doğru yönlendirmenin nasıl olacağını bilmemesi matematiksel modellemenin istenilen düzeyde gelişmesini olumsuz etkilemektedir. Yine bir diğer neden olan öğrenciden kaynaklanan hazırbulunuşluk seviyesinin yetersiz oluşu, matematiksel bilgi ve becerilerinin yetersizliği, grupla çalışma gibi sosyal becerilerdeki yetersizlikler beraberinde gelen ön yargılar sayılabilir. Ders kaynakları ve fiziksel yetersizlikler ise sınıf mevcutlarının kalabalık oluşu, sınıf yönetiminin zorluğu, zaman yetersizliği, müfredat yoğunluğu, sınıf düzeyi ve ders kitaplarının matematiksel modellemeyi barındıran içerikleri yansıtmaması matematiksel modellemeye olan yaklaşım karşısındaki en büyük engeller olarak görülmektedir (Obay vd., 2021; Gündoğdu Alaylı 2023; Eraslan ve Şahin, 2023). Ayrıca sınıf seviyesine uygun etkinliklerin sayısının azlığı ve uygulama zorluğunun da yapılan araştırma sayısının azlığına neden olduğu düşünülmektedir. Belirtilen sebeplerin bir araya gelmesiyle matematiksel modellemeye yönelik çalışmaların özellikle de uygulamaya dayalı çalışmaların azlığı yapılan çalışmaya yönlendiren sebeplerden bir tanesidir. Bununla beraber benzer sorunların sayı hissi için de geçerli olduğu görülmektedir.

Bakıldığında matematiksel modellemenin de sayı hissini de öğrencileri kural temelli bir matematik öğretiminden uzaklaştırdığı görülmektedir. Her iki yaklaşımın da matematiksel öğrenme-öğretme süreçlerinde öğrencilerin bireysel yaklaşımlarını değerli hale getirdiği söylenebilir. Elde edilecek akademik başarı ile birlikte matematiğe yönelik tutumun olumlu yönde artması ve böylece sürecin duyuşsal boyutu da doğrudan etkileyeceği düşünülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın, öğrenciyi sadece matematiksel modelleme ve sayı hissi süreçleriyle bilişsel olarak değil aynı zamanda matematiğe yönelik tutumu da ele alarak duyuşsal boyutla da ilişkili bir şekilde ele alan zengin bir çalışma olduğu söylenebilir. Tüm bu varsayımlar bir araya getirildiğinde çalışmanın literatüre katkı sunacağı ön görülmektedir.

Bu çalışmada ilkökul 4. sınıf düzeyinde uygulanan matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumlarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu temel amaç doğrultusunda şu sorulara yanıt aranmıştır:

1. Deney grubunun sayı hissi ve matematiğe yönelik tutum ön-test ve son-test puanları anlamlı farklılık sergilemekte midir?
2. Kontrol grubunun sayı hissi ve matematiğe yönelik tutum ön-test ve son-test puanları anlamlı farklılık sergilemekte midir?

3. Deney ve kontrol grubunun sayı hissi ve matematiğe yönelik tutum son-test puanları anlamlı farklılık sergilemekte midir?

Yöntem

Araştırmanın deseni

İlkokul 4. sınıf düzeyinde gerçekleştirilen matematiksel modelleme faaliyetlerinin, öğrencilerin sayı hissi ve matematik tutumlarına etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yarı deneysel araştırma desenlerinden ön test-son test kontrol grubu deseni işe koşulmuştur. Deneysel desenlerde bir yaklaşımın etkisi, evrenden rastgele/rastgele olmayan bir yolla seçilmiş bir örneklem üzerinde kontrollü koşullar altında incelenir (Rüzgar vd., 2023). Kontrol gruplu ön test/son test deseninde çalışma grubunun iki veya daha fazla etki koşuluna yansız bir şekilde atanması hedeflenir. Öncelikle ön test uygulanır, ardından planlanan uygulamalar gerçekleştirilir ve son olarak son test uygulanır (Christensen vd., 2014). Bu çalışmada, aynı sınıf seviyesinde biri deney diğeri kontrol grubu olmak üzere yansız atama ile iki grup belirlenmiş, her iki gruba sayı hissi testi ve matematiğe yönelik tutum ölçeği uygulandıktan sonra deney grubunda matematiksel modelleme etkinlikleri gerçekleştirilirken kontrol grubunda mevcut öğretim programının işlenişine devam edilmiştir. Deneysel süreç tamamlandığında aynı test her iki gruba son test olarak uygulanmıştır. Uygulanan deneysel desen Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1 Deneysel desen

Grup	Ön test	İşlem	Son test
Deney	→ Sayı Hissi Testi	Matematiksel Modelleme Etkinlikleri	→ Sayı Hissi Testi
	→ Matematik Tutum Ölçeği		→ Matematik Tutum Ölçeği
Kontrol	→ Sayı Hissi Testi	Mevcut Öğretim Programına Uygun Etkinlikler	→ Sayı Hissi Testi
	→ Matematik Tutum Ölçeği		→ Matematik Tutum Ölçeği

Çalışma grubu

Araştırmanın çalışma grubu, 2022-2023 eğitim öğretim yılında Van ili merkezinde yer alan bir devlet okulunda öğrenim gören 40 dördüncü sınıf öğrencisinden oluşmaktadır. Uygulamanın gerçekleştirileceği okulun seçilmesinde uygun örnekleme yöntemi tercih edilerek araştırmacının görev yaptığı ilkokul tercih edilmiştir. Uygun örnekleme yöntemi araştırmacıya zamandan, paradan ve işgücünden tasarruf etmeyi sağlamaktadır. Bu amaçla araştırmacı bir örnekleme kolayca ulaşarak örneklem üzerinden verileri toplayabilmektedir (Büyüköztürk, 2020). Söz konusu okulda dört tane dördüncü sınıf şubesi bulunmaktadır. Bu şubeler arasından seçilen deney ve kontrol gruplarının denk olmasına olabildiğince dikkat edilmiştir. Birbirine denk grupların belirlenmesinde sınıf öğretmenlerinin görüşlerine önem verilmiştir. Bununla birlikte birinci dönem matematik dersi karne notları ve okulda gerçekleştirilen deneme sonuçlarına göre ortalamaları en yakın sınıflardan biri kontrol ve biri de deney grubu olarak belirlenmiştir. Bu seçim yansız atama yöntemiyle yapılmıştır. Belirlenen deney ve kontrol gruplarındaki sınıfların mevcudu 20’şer öğrenciden oluşmaktadır.

Veri toplama araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak “Sayı Hissi Testi” ve “Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği” kullanılmıştır.

Sayı hissi testi (SHT)

Araştırmada ilkokul 4. sınıf öğrencilerinin sayı hissi beceri düzeylerini belirlemek amacıyla Çekirdekci (2015) tarafından geliştirilen “Sayı Hissi Testi” kullanılmıştır. Söz konusu test ilkokul 4. sınıf seviyesine göre hazırlanan 11 sorudan oluşmaktadır. Test maddeleri 3 faktörü yansıtacak şekilde meydana gelmektedir. Faktörler; sayıların eşdeğerlerini bilme ve niceliksel muhakeme-

çıkarımda bulunma, referans noktası kullanarak işlemlerin etkilerini hesaplama, sayıların anlamını bilme ve esnek düşünme şeklindedir. Sayıların eşdeğerlerini bilme ve niceliksel muhakeme-çıkarımda bulunma bileşeni sayıların eşdeğerlerini çözümde kullanabilme gerektirir. "428 öğrenci, her bir otobüs 32 kişiyi alacak şekilde taşınacaktır. Tüm öğrencilerin taşınması için ne kadar otobüs olması gerekir?" sorusu örnek olarak verilebilir. Referans noktası kullanarak işlemlerin etkilerini hesaplama bileşeni bir uzunluğu belirlemede standart olmayan birim kullanma, soruların çözümleri için referans noktası belirleme ile ilgilidir. Örneğin bir nesnenin uzunluğunu başka bir nesne üzerinden tahmin etme buna örnek olarak verilebilir. Sayıların anlamını bilme ve esnek düşünme bileşeni sayıların ifade ettikleri büyüklükleri bilme ile ilgilidir. Örneğin $2/5$ ile $1/2$ kesirlerini payda eşitlemeden karşılaştırma bununla ilgilidir (Çekirdekci vd., 2016). Çekirdekci (2015) tarafından testin geliştirme sürecinde yapılan güvenilirlik analizinde Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısının .728 olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma kapsamında testin Cronbach Alpha katsayısına tekrar bakılmış ve .769 değeri elde edilmiştir. Buradan hareketle SHT'nin güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir. Uygulama kapsamında söz konusu test çalışma grubunu oluşturan sınıfların, sınıf öğretmenleri tarafından uygulanmıştır. SHT ön test ve son test olarak uygulanmadan önce araştırmacı sınıf öğretmenleriyle testin nasıl uygulanacağına yönelik toplantılar yapmıştır. Testin uygulanması kapsamında öğrencilere 2 ders saati süre verilmiştir. SHT, deney grubuna 22, kontrol grubuna 21 tane olacak şekilde dağıtılmıştır. Sınıfta bulunan kaynaştırma öğrencilerinin sonuçları araştırma sonuçlarına yansıtılmamıştır. Deney grubunda 20, kontrol grubunda 20 olacak şekilde 40 öğrencinin sonucu dikkate alınmıştır.

Matematiğe yönelik tutum ölçeği (MYTÖ)

Araştırmada ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin matematiğe yönelik tutum düzeylerini belirlemek amacıyla Hacıömeroğlu (2017) tarafından Türkçeye uyarlanan "Matematiğe Yönelik Tutum Ölçeği" kullanılmıştır. 5'li likert tipindeki ölçek 17 maddeden oluşmaktadır. Hacıömeroğlu (2017) tarafından testin uyarlanması sürecinde yapılan güvenilirlik analizinde Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısının .84 olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma kapsamında testin Cronbach Alpha katsayısına tekrar bakılmış ve benzer şekilde .84 değeri elde edilmiştir. Buradan hareketle MYTÖ'nün güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir. Uygulama kapsamında söz konusu test çalışma grubunu oluşturan sınıfların, sınıf öğretmenleri tarafından uygulanmıştır. MYTÖ ön test ve son test olarak uygulanmadan önce araştırmacı sınıf öğretmenleriyle testin nasıl uygulanacağına yönelik toplantılar yapmıştır. Testin uygulanması kapsamında öğrencilere 1 ders saati süre verilmiştir. MYTÖ, deney grubuna 22, kontrol grubuna 21 tane olacak şekilde dağıtılmıştır. Sınıfta bulunan kaynaştırma öğrencilerinin sonuçları araştırma sonuçlarına yansıtılmamıştır. Deney grubunda 20, kontrol grubunda 20 olacak şekilde 40 öğrencinin sonucu dikkate alınmıştır.

DeneySEL süreç ve verilerin toplanması

Araştırmanın belirlenen okulda gerçekleştirilebilmesi için gerekli resmi izinlerin yanı sıra, araştırmada uygulanan veri toplama araçlarının kullanım izinleri de ilgili kişilerden alınmıştır. Gerekli izinler temin edildikten sonra uygulama 2022-2023 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde gerçekleştirilmiştir. Araştırma süresince katılımcılardan herhangi bir kimlik bilgisi alınmamıştır. Araştırmanın uygulama aşamaları; ön testlerin uygulanması, deney sürecinin gerçekleştirilmesi ve son testlerin uygulanması olarak yürütülmüştür. Ön test ve son testler sınıf öğretmenleri tarafından uygulanmıştır. Deney grubunun matematiksel modelleme çalışmalarını yürüttüğü derse araştırmacı devam ederken kontrol grubunun derslerine kendi sınıf öğretmenleri devam etmiştir. Deney grubuna her hafta 2 ders saati matematiksel modelleme etkinliği uygulanmış, bu süre kontrol grubu için mevcut planlamada yer alan kazanımlara yönelik soru çözümü ve ders anlatımı şeklinde devam etmiştir. İlk hafta gerçekleştirilen etkinlikte deney grubu eşit sayıda (4 kişi) heterojen gruplara ayrılmıştır. Grupların öğrenci dağılımı yapılırken cinsiyet dağılımı ve matematik başarı düzeyleri yakın tutulmaya çalışılmıştır. Grupların takımlarını benimsemeleri adına kendi aralarında grup isimleri belirlemesi istenmiştir. Bu grup isimleri

Kayan Yıldızlar, Aslanlar, Çalışkanlar, Yıldızlar ve Kaplanlar şeklindedir. Gruplar belirlendikten sonra ilk derste yapacakları çalışmanın detayları deney grubuna sunulmuştur. Bu çalışmanın 10 hafta süreceği, dersin araştırmacı tarafından yürütüleceği, derslerde dağıtılan etkinliklerin grupla birlikte çözülüp model ve istenilen şartlarla gerçekleştirildikten sonra tüm sınıf karşısında hazırladıkları rapor çalışmalarını sunacakları ifade edilmiştir. Dersler araştırmacı tarafından hazırlanan etkinlik kâğıtlarının dağıtılmasıyla başlamıştır. Etkinliklerin uygulanması aşamasında etkinliğin yapısı dikkate alınarak sohbet havasında 5-10 dakika etkinlik hakkında konuşulmuştur. Etkinlikte verilen problem durumunun çözümü, modellenmesi ve raporların hazırlanması için 30-45 dakika süre verilmiştir. Hazırlanan raporların sunulması için 15-20 dakika süre ayrılmıştır. Ders boyunca öğretmen çalışma yapan gruplar arasında dolaşarak ya da tüm sınıfı modelleme etkinliklerine yöneltecek şekilde “Bu problemde ne anlatılıyor?”, “Böyle bir durumla günlük hayatta karşılaşır mıyız?”, “Günlük hayatta karşılaştığın problemle nasıl başa çıkarsın?”, “Problemın matematikle bağlantısı nedir?”, “Hangi modelleri kullanman gerekiyor?” gibi sorular yönelterek öğrencilerin etkinlikler üzerine daha derinlemesine düşünmeleri sağlanmıştır. Çalışmaların son haftasında deney ve kontrol grubuna SHT ve MYTÖ son testleri uygulanmıştır. Araştırmaya katılan 20 deney grubu ve 20 kontrol grubuyla çalışma 11. haftanın sonunda tamamlanmıştır.

Matematiksel modelleme etkinlikleri

Deneyisel süreçte kullanılan matematiksel modelleme etkinlikleri, literatürdeki farklı öğretim kademesi ve farklı sınıf düzeylerine göre oluşturulmuş modelleme etkinlikleri incelenerek araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu matematiksel modelleme etkinliklerinin tasarlanmasında Matematik Dersi Öğretim Programı ilkök 4. sınıf kazanımları esas alınarak, ilkök 4. sınıf seviyesinde uygulanabilir olmasına dikkat edilmiştir. Haftalara göre uygulanan matematiksel modelleme etkinlikleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2 Deneyisel süreçte kullanılan modelleme etkinliklerine yönelik bilgiler

Hafta	Modelleme Etkinlikleri	Kazanımlar
1.Hafta	Bu Sayılarla Ne Yapmalı?	M.4.1.1.1. 4, 5 ve 6 basamaklı doğal sayıları okur ve yazar.
2.Hafta	Mutfakta Neler Var?	M.4.1.2.1. En çok dört basamaklı doğal sayılarla toplama işlemini yapar. M.4.1.3.1. En çok dört basamaklı doğal sayılarla çıkarma işlemini yapar.
3.Hafta	En İyi Telefon Hangisi?	M.4.1.1.5. En çok altı basamaklı doğal sayıları büyük/küçük sembolü kullanarak sıralar. M.4.1.2.4. Doğal sayılarla toplama işlemini gerektiren problemleri çözer. M.4.1.3.4. Doğal sayılarla toplama ve çıkarma işlemini gerektiren problemleri çözer.
4.Hafta	Konserden Bağışa	M.4.4.1.4. Sütun grafiği, tablo ve diğer grafiklerle gösterilen bilgileri kullanarak günlük hayatla ilgili problemler çözer. M.4.1.5.5. Çarpma ve bölme arasındaki ilişkiyi fark eder.
5.Hafta	Kermesten Kitaplığı	M.4.4.1.3. Elde ettiği veriyi sunmak amacıyla farklı gösterimler kullanır. M.4.1.4.6. Doğal sayılarla çarpma işlemini gerektiren problemleri çözer.
6.Hafta	Van Müzesine Gezi	M.4.1.4.6. Doğal sayılarla çarpma işlemini gerektiren problemleri çözer. M.4.1.5.6. Doğal sayılarla en az bir bölme işlemi gerektiren problemleri çözer.
7.Hafta	1/A Okuyor	M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanıır ve modellerle gösterir. M.4.1.6.3. Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler. M.4.1.6.4. Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.
8.Hafta	Yeni Kütüphane	M.4.3.1.3. Doğrudan ölçebileceği bir uzunluğu en uygun uzunluk ölçme birimiyle tahmin eder ve tahminini ölçme yaparak kontrol eder. M.4.3.1.4. Uzunluk ölçme birimlerinin kullanıldığı en çok üç işlem gerektiren problemleri çözer. M.4.3.2.1. Kare ve dikdörtgenin çevre uzunlukları ile kenar uzunlukları arasındaki ilişkiyi açıklar.
9.Hafta	Elmalar Ne Renk?	M.4.3.3.2. Kare ve dikdörtgenin alanını toplama ve çarpma işlemleri ile ilişkilendirir.
10.Hafta	Zayıf ve Sağlıklı Günler	M.4.3.5.2. Kilogram ve gramı kütle ölçerken birlikte kullanır. M.4.4.1.4. Sütun grafiği, tablo ve diğer grafiklerle gösterilen bilgileri kullanarak günlük hayatla ilgili problemler çözer (MEB, 2018).

Tablo 2 incelendiğinde her hafta bir tane işlenecek şekilde toplamda 10 matematiksel modelleme etkinliği oluşturulduğu görülmektedir. Bu etkinlikler oluşturulurken matematiksel modellemenin doğası gereği öğrencilerin günlük hayatta/çevrelerinde karşılaşılabilecekleri problem durumları göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca hazırlanan etkinlikler öğrencilerin tek bir çözüm yoluna bağlı kalmayacağı yani çoklu çözümler üretebilecekleri şekilde tasarlanmıştır. Oluşturulan etkinlikler iki uzman öğretim üyesine değerlendirmeleri için sunulmuştur. Değerlendirme sonucunda eksik ve hatalı yerler düzeltilmiştir. Daha sonra hazırlanan etkinlikler okulda bulunan sınıf öğretmenlerine sunulmuştur. Öğretmenlerin incelemeleri sonucunda okulda bulunan öğrencilerin düzeylerine uygun olduğu anlaşılmıştır. Öğretmenlerle sayı değerleri, imla ve noktalama işaretleri de gözden geçirilmiş ve son halini almıştır. Tasarlanan modelleme etkinliklerinin çözümleri her hafta gözden geçirilmiştir. Etkinliklerin bitiminde öğrencilerin çözümleri eksik veya hatalı görülen noktalarıyla ilgili sınıfa genel duyurular gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler her hafta etkinliklerle ilgili model oluşturarak çözümler üretmeye yönlendirilmiştir.

Veri analizi

Elde edilen veriler, SPSS programından yararlanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak verilerin parametrik değerleri karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek için normallik testi yapılmıştır. Betimsel istatistikler olarak bilinen çarpıklık ve basıklık değerleri göz önünde bulundurularak normal dağılım sağlayıp sağlamadığına karar verilmiştir. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının her ikisinin de sıfır olması verilerin normal dağılıma sahip olduğunu gösterir; ancak çarpıklık-basıklık değerlerinin yapılan çalışma değerleri gibi çoğunlukla sıfırdan farklı olması durumunda, bu değerler için kabul edilebilir aralıklar belirlenir. Çarpıklık ve basıklık değerleri -1,5 ile +1,5 değerleri arasında olan veriler için normal dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır (Tabachnick & Fidell, 2013, akt. Demir, 2022). Bununla birlikte normallik değeri olan $p>0,05$ değerini sağladığından normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Parametrik değerleri sağlayan verilerin çözümlenmesinde veri türleri dikkate alınarak aynı grup içerisinde yer alan ikili kıyaslamalarda Bağımlı Gruplar t Testi, gruplar arası kıyaslamalarda ise Bağımsız Gruplar t Testi kullanılarak veriler analiz edilmiştir. Normal dağılımın olmadığı görülen verileri analiz etmede Mann-Whitney U analizi uygulanmıştır.

Bulgular

Araştırma kapsamında ilk olarak normallik dağılımlarına bakılmış ve elde edilen bulgular tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3 Normallik dağılımlarına yönelik analiz sonuçları

	Gruplar	Çarpıklık	Basıklık	Shapiro-Wilk
SHT Ön-Test	Deney	-.41	-.29	.58
	Kontrol	.27	.43	.36
SHT Son-Test	Deney	-.22	-1.20	.11
	Kontrol	-.04	.35	.14
MYTÖ Ön-Test	Deney	-.11	-.92	.82
	Kontrol	.02	-.97	.59
MYTÖ Son-Test	Deney	-.96	-.093	.02
	Kontrol	1.40	2.01	.02

Tablo 3 incelendiğinde SHT ön testi, SHT son testi ve MYTÖ ön testi aranan basıklık-çarpıklık değeri (-1,5 ile +1,5) arasında olma koşulunu sağladığından normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmasına rağmen Matematiğe Yönelik Tutum son testinin normal dağılmadığı anlaşılmıştır. Daha net sonuçlara ulaşmak için Shapiro-Wilk normallik testi yapılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında $p>0,05$ değerini sağlayan SHT ön testi ve son testi, MYTÖ ön testinin normal dağıldığı anlaşılmaktadır. Bunun yanında MYTÖ son testi $p>0,05$ değerinin altında kaldığı için normal dağılım göstermediği görülmektedir. Normallik testi sonucunda gruplardan bir tanesi bile bu koşulu sağlayamazsa non-parametrik istatistikler tercih edildiğinden SHT ön testi ve son testi,

MYTÖ ön testi için parametrik istatistiklerden t testine başvurulmuştur (Deniz, 2020). Normal dağılıma uymadığı sonucuna varıldığı MYTÖ son testi için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

Araştırmada ikinci olarak deney ve kontrol gruplarının SHT ve MYTÖ ön test toplam puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına bakılmış ve elde edilen bulgulara Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4 Gruplara göre SHT ve MYTÖ ön-test toplam puanlarının karşılaştırılması

	Grup	n	$\bar{x}$	Sx	Ortalama fark	t	sd	p
SHT	Deney	20	12.95	3.12	1.40	1.33	38	.19
(Ön-test)	Kontrol	20	11.55	3.53				
MYTÖ	Deney	20	60.45	11.97	2.90	.84	38	.41
(Ön-test)	Kontrol	20	55.57	9.82				

Tablo 4'te yer alan bulgulara göre deney ve kontrol gruplarındaki ön test puanlarının hem SHT ($t(38)=1.33$, $p>.05$), hem de MYTÖ ($t(38)=.84$, $p>.05$) için anlamlı olarak farklılaşmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu doğrultusunda deneysel süreç öncesinde deney ve kontrol gruplarında yer alan öğrencilerin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumlarının benzer düzeyde olduğu söylenebilir.

Araştırmanın sonraki aşamasında deney grubunun hem SHT hem de MYTÖ için ön test-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına bakılmış ve elde edilen bulgular Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5 Deney grubu SHT ve MYTÖ ön test-son test toplam puanlarının karşılaştırılması

		Testler	n	$\bar{x}$	Sx	Ortalama fark	t	sd	p
Deney Grubu	SHT	Ön-test	20	12.95	3.12	3.72	-5.53	19	.00
		Son-test	20	17.55	2.33				
	MYTÖ	Ön-test	20	60.45	11.97	14.52	-2.39	19	.03
		Son-test	20	68.20	11.91				

Tablo 5 incelendiğinde deney grubu ön-test ve son-test puan ortalamalarının hem SHT ($t(19)= -5.53$, $p<.05$), hem de MYTÖ ($t(19)= -2.39$, $p<.05$) için anlamlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında ise farklılığın hem SHT ($\bar{x}=17.55$) hem de MYTÖ ($\bar{x}=68.20$) için son-testler lehine olduğu görülmektedir. Söz konusu bulgulardan hareketle deney grubunda uygulanan matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin sayı hissi yeterliklerine ve matematiğe yönelik tutumlarına olumlu etki ettiği söylenebilir. SHT puanları arasındaki farkın etki büyüklüğüne bakıldığında (Cohen $d=1.53$) tespit edilmiştir. Değer aralığı 0,8'den büyük olduğu için matematiksel modelleme etkinliklerinin sayı hissi üzerinde büyük bir etkisi olduğu söylenebilir (Büyüköztürk, 2020). Yine MYTÖ puanları arasındaki farkın etki büyüklüğüne bakıldığında (Cohen $d=0.29$) olarak hesaplanmıştır. Matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiğe yönelik tutuma etkisinin etki büyüklüğü değer alanı 0,2'den büyük olduğundan düşük seviyede bir etkisinin olduğu ifade edilebilir (Büyüköztürk, 2020).

Araştırmada deney grubu öğrencilerinin yanı sıra kontrol grubunda yer alan öğrencilerin de hem SHT hem de MYTÖ ön test-son test puanları arasındaki farklılığın anlamlılık düzeyine bakılmış ve bu kapsamda ulaşılan bulgulara Tablo 6'da yer verilmiştir.

Tablo 6 Kontrol grubu SHT ve MYTÖ ön test-son test toplam puanlarının karşılaştırılması

		Testler	n	$\bar{x}$	Sx	Ortalama fark	t	sd	p
Kontrol Grubu	SHT	Ön-test	20	11.55	3.53	3.56	.63	19	.54
		Son-test	20	11.05	2.16				
	MYTÖ	Ön-test	20	57.55	9.82	7.66	1.75	19	.10
		Son-test	20	54.55	10.67				

Tablo 6'da yer alan bulgulara bakıldığında kontrol grubunda yer alan öğrencilerin ön-test ve son-test puan ortalamalarının hem SHT ($t(19) = .63, p > .05$), hem de MYTÖ için ($t(19) = 1.75, p > .05$) anlamlı düzeyde farklılaşmadığı görülmektedir. Ulaşılan bu bulgudan hareketle kontrol grubunda yürütülmüş olan mevcut programa yönelik öğrenme-öğretme faaliyetlerinin öğrencilerin hissi ile matematiğe yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etki oluşturmadığı söylenebilir.

Araştırmanın son aşamasında ise deney ve kontrol gruplarının SHT ve MYTÖ son-test toplam puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına bakılmıştır. SHT son-test puanlarının deney ve kontrol gruplarında anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığına yönelik gerçekleştirilen t-testi sonuçları tablo 7'de gösterilirken, normal dağılım göstermeyen MYTÖ son-test puanlarına yönelik uygulanan Mann-Whitney U testi sonuçlarına tablo 8'de yer verilmiştir.

Tablo 7 Gruplara göre SHT son-test toplam puanlarının karşılaştırılması

	Grup	n	$\bar{x}$	Sx	Ortalama fark	t	sd	p
SHT (Son-test)	Deney	20	17.55	2.33	6.50	9.15	38	.00
	Kontrol	20	11.05	2.17				

Tablo 7 incelendiğinde deney ve kontrol grubunun sayı hissi testi son-test toplam puan ortalaması sırasıyla $\bar{x}=17.55$ ve $\bar{x}=11.05$ 'tir. Gerçekleştirilen bağımsız örneklem t testi sonucuna göre söz konusu iki grup arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($t(38) = 9.15, p < .05$). SHT puanları arasındaki farkın etki büyüklüğüne bakıldığında (Cohen $d=8.37$) tespit edilmiştir. Değer aralığı 0,8'den büyük olduğu için matematiksel modelleme etkinliklerinin sayı hissi üzerinde büyük bir etkisi olduğu söylenebilir (Büyüköztürk, 2020). Bu bulgudan hareketle deney grubunda uygulanan matematiksel modelleme etkinliklerinin, kontrol grubunda yürütülen öğrenme-öğretmen faaliyetlerine kıyasla daha etkili sonuçlar verdiği söylenebilir.

Tablo 8 Gruplara göre MYTÖ son-test toplam puanlarının karşılaştırılması

	Grup	n	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	Z	p
MYTÖ (Son-test)	Deney	20	26.28	525.50	-3.13	.002
	Kontrol	20	14.73	294.50		

Tablo 8'de yer alan bulgular incelendiğinde deney ve kontrol grubunun MYTÖ son-test sıra ortalamaları sırasıyla 26.28 ve 14.73'tür. Yapılan Mann-Whitney U testi bu iki grup arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($z=-3.13, p < .05$). Cohen d etki büyüklüğü değeri incelendiğinde Mann-Whitney U testi kullanıldığından r etki değerine bakılacaktır (Büyüköztürk, 2020). R etki değerinin ise .24 olduğu tespit edilmiş, bu bağlamda sürecin düşük düzeyde etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu bulgudan hareketle deney grubunda gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin kontrol grubunda yürütülen öğrenme-öğretme faaliyetlerine kıyasla öğrencilerin matematik tutumları üzerinde daha fazla etki gösterdiği ifade edilebilir.

Tartışma, sonuç ve öneriler

Deney grubunda gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin ardından yapılan karşılaştırmada sayı hissi ön ve son test puanları arasında son test lehine anlamlı fark bulunmuştur. Gruplar arası karşılaştırmalarda deney ve kontrol gruplarının sayı hissi son test puanları arasında deney grubu lehine anlamlı fark tespit edilmiştir. Ulaşılan bu bulgular deney grubu öğrencilerinin sayı hissi becerilerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı ölçüde yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bir öğrenme-öğretme süreci faaliyeti olarak gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin, öğrencilerin sayı hissi becerilerini geliştirmede önemli etkiye sahip olduğunu söylenebilir. Doğrudan sayı hissi becerileri ve matematiksel modelleme çalışmalarının birlikte alındığı çalışmalar olmasa da ulaşılan sonucu destekler nitelikte günlük hayat problemlerini konu edinen çalışmalar bulunmaktadır. Bahsi

geçen çalışmaların sonuçları ile yürütülen araştırmanın sonuçlarının paralellik gösterdiği söylenebilir (Alkaş Ulusoy, 2020; Akyar, 2023; Can, 2017; Irwin, 2001; Işık ve Kar 2011; Kart, 2024; Yang & Wu, 2010). Örneğin Can (2017), sayı hissi temelli çözüm yolunu kullanma performansının, bağlam içeren ve bağlam içermeyen problem durumlarında anlamlı olarak farklılık gösterip göstermediğine yönelik gerçekleştirdiği araştırmasında öğrencilerin sayı hissi temelli çözüm performanslarının bağlam temelli problem durumlarında anlamlı derecede daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Dolayısıyla söz konusu çalışmadan elde edilen bu sonucun matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin sayı hissine olumlu etki ettiği sonucunu desteklediği söylenebilir. Akyar (2023) ise sayı hissi geliştirme etkinliklerinin ilköğretim 4. sınıf öğrencilerinin akademik başarısına ve sayı hissi becerilerine etkisini incelediği çalışmada, sayı hissi formu sonuçlarına göre çalışma grubu ve kontrol grubu arasında sayı hissi bileşenlerinin hepsi için anlamlı fark oluşturduğu, matematik akademik başarı son testinde de gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu tespit edilmiştir. Işık ve Kar (2011) sayı hissi ile rutin olmayan problemleri çözme becerileri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerine uyguladıkları 7 adet açık uçlu sorudan oluşan sayı hissi testine ek olarak 5 adet rutin olmayan problem testiyle çalışma sürdürmüştür. Araştırma sonucunda sayı hissi ve aynı zamanda problem çözme becerilerinin yetersiz olduğuna ulaşmıştır. Ayrıca sayı hissi güçlü olan öğrencinin rutin olmayan problem çözme becerisinin de güçlü olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde Irwin de (2001) öğrencilerin ondalık sayılar konusunda gelişim göstermesinde bağlam içeren ve içermeyen problemlerle çalışmalarının etkisinin olup olmadığına bakmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bağlamsal problemler üzerinde çalışan öğrencilerin diğer öğrencilere kıyasla ondalık sayılara yönelik kavramsal anlamalarının daha iyi duruma geldiği ortaya çıkmıştır. Ondalık sayıların kavramsal düzeyde iyi anlaşılıp, kavram yanlışlarına düşmeden performans gösterilmesi etkili sayı hissi becerisinin bir göstergesi olarak düşünülebilir. Söz konusu araştırmada benzer şekilde grup üyeleri arasında geçen diyaloglar gözlemlenip incelendiğinde de bağlamsal problemler üzerinde çalışan öğrencilerin gerçek hayatta edindikleri bilgileri kullanarak ondalık ifadeler konusunu daha iyi anlamlandırabildikleri ve kavrayabildikleri sonucuna ulaşılmıştır. Yine Yang ve Wu (2010) çalışmalarında matematik dersinde yer alan gerçek yaşam durumlarına dayanan etkinliklerin sayı hissi üzerindeki gelişimini araştırmıştır. Çalışmasında deney ve kontrol gruplarında farklı uygulamalar gerçekleştirmiştir. Kontrol grubundaki öğrenciler matematik dersinde ders kitabındaki etkinliklerden yararlanırken deney grubundaki öğrenciler ise gerçek yaşam durumlarına dayanan sayı hissi etkinliklerini kullanmışlardır. Ön test ve son test sonuçlarıyla deney grubundaki öğrencilerin sayı hissi düzeyleri, kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Deney grubunda sayı hissi düzeylerinin anlamlı ve daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Kart (2024) çalışmasında gerçek yaşamla ilişkilendirilmiş matematik öğrenme etkinlikleri uygulamanın özel yetenekli öğrencilerin sayı hissi performanslarına etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda gerçek yaşamla ilişkilendirilmiş uygulamaların özel yetenekli öğrencilerin sayı hissi performanslarına olumlu etkisinin olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği söylenebilir. Bir diğer çalışmada ise Alkaş Ulusoy (2020) bu çalışmadan farklı olarak öğrencilerin sayı hissini bağımlı değil bağımsız değişken olarak ele almış ve sayı hissi temelli öğretim sürecinin öğrencilerin günlük hayattaki matematiği fark etme ve problem çözmenin yanı sıra, matematik başarılarına etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda sayı hissi temelli tasarlanan öğrenme-öğretme sürecinin öğrencilerin günlük hayattaki matematiği fark etme düzeylerine ve problem çözme başarılarına olumlu etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Hem matematiksel modellemede hem de sayı hissinde matematiksel bilginin doğrudan aktarılması/edinilmesi yerine esnek ve yaratıcı düşünme süreçleri ile öğrenme sürecine hâkim olma durumu söz konusudur. Ayrıca gerek matematiksel modelleme gerekse de sayı hissi, öğrencileri günlük hayata hazırlama fikrinden beslenmektedir. Dolayısıyla matematik derslerinde işlenen konu ya da kavramların gerçek yaşam temelli örnekler/uygulamalar temelinde sunulmasının, öğrencilerin kurallara bağlı kalmadan esnek düşünme becerileri edinerek ilerlemesi açısından oldukça önemli olduğu söylenebilir.

Matematiksel modelleme yaklaşımının teorik altyapısı incelendiğinde, literatürde uygulamaya özgü farklılıklar yer almakla birlikte temelde bağlam temelli bir öğrenme-öğretme sürecinin işe koşulduğu görülmektedir (Carlson vd., 2016; Canbazoğlu ve Tarım, 2021). Dolayısıyla model oluşturma süreçlerinde öğrencilerden gerçekleştirilmesi beklenen temel faaliyet, gerçek yaşam durumlarının yorumlanması ve bu yorumlamanın devamında sürecin kendilerince matematikselleştirilmesidir (Lesh ve Doerr, 2003). Özellikle öğrencilerin somutlaştırmaya en fazla ihtiyaç duydukları ilkökul düzeyinde öğrencilerin matematiksel modelleme etkinlikleriyle karşılaştırılması matematiksel konu ya da kavramların anlamlı bir şekilde öğrenilmesini sağlayacaktır. Bunun da devamında matematik derslerindeki başarının öğrencilerde matematiğe yönelik olumlu tutum geliştirmelerinin yanı sıra kaygı gibi olumsuz durumlarında azalmasına katkı sağlayacağı söylenebilir. Nitekim bu araştırmanın sonunda da deney grubunda gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinlikleri sonrasında deney ve kontrol grubunun matematiğe yönelik tutum ölçeği ön test ve son test puanları arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farka ulaşılmıştır. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin matematiğe ilişkin tutumlarına etkisinin incelendiği araştırma bulgularının (Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019; Dışbudak, 2014; Işık, 2018; Koç, 2021; Kurt, 2019; Muşlu, 2016; Uz, 2022; Ünlü, 2023) bu araştırmanın bulguları ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Aktaş (2019) tarafından yapılan araştırmada ulaşılan sonuçlara göre, akademik başarı ve matematik tutumu yönünden model oluşturma etkinliklerinin uygulandığı öğretimde geleneksel öğretim yöntemlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu görülmüştür. Bunun yanında Muşlu (2016) matematiksel modelleme problemleri ile çalışan öğrencilerin problemleri çözerken zorlanmadıklarını tam tersine zevkle çalıştıklarını belirtmiştir. Dışbudak (2014) ve Kurt (2019) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda da matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı gruplarda öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarında olumlu değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Literatürde matematiksel modelleme etkinliklerinin sadece matematiğe değil aynı zamanda matematiğin ilişkili olduğu diğer disiplinlere yönelik de olumlu tutumun geliştiği çalışmaların olduğu görülmektedir. Örneğin Güder ve Gürbüz (2018), 7. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin, öğrencilerde disiplinler arası ilişkilendirme becerisi ve disiplinlere olan tutumu olumlu yönde geliştirdiği, aynı zamanda öğrencilerin özgüvenini arttırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır. Sonuç olarak yapılan araştırmada dördüncü sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutum puanlarında deney-kontrol grubu arasında anlamlı fark tespit edilmiştir. Oluşan anlamlı fark deney grubu lehinedir. Bu durum dikkate alındığında yapılan matematiksel modelleme etkinliklerinin sayı hissi gelişimi ve matematiğe yönelik tutumu olumlu yönde etkilediği yorumu yapılabilmektedir.

Bu çalışmada modelleme etkinlikleri doğrudan matematik dersinde matematik konu ve kavramları temelinde ele alınarak oluşturulmuş ve uygulanmıştır. İlkokul seviyesinde diğer disiplinlerle ilişkilendirmelerin daha yoğun olduğu model oluşturma etkinlikleri gerçekleştirilerek farklı değişkenler üzerindeki etkisi incelenebilir. Yürütülen çalışma matematiksel modelleme etkinlikleri, matematikte bulunan öğrenme alanlarından sadece birine odaklanarak oluşturulmamıştır. Bu sebeple yapılacak yeni araştırmalarda bir öğrenme alanında derinlemesine yapılan etkinliklerle çalışılabilir. Ayrıca bu çalışma sadece nicel verileri ortaya koymaya çalışan bir araştırmadır. Araştırmalarda nitel ve karma araştırma yöntemlerinden de yararlanılarak öğrenci ve öğretmen görüşlerinin de ekleneceği yeni araştırmalar ortaya konabilir. Ek olarak bu araştırmada ilkökul 4. sınıf öğrencileriyle sınırlı kalınarak yürütülmüştür. Daha küçük yaş gruplarıyla çalışılabilir. Bulunulan okulun imkanları çerçevesinde 40 öğrenci ile çalışılmıştır. Yeni çalışmalarda çalışma grubunun sayısı artırılabilir. Etkinlikler 10 hafta süreyle her hafta iki ders saati olarak planlanmış ve uygulanmıştır. Bu süre uzatılabilir, haftalık ders saati sayısı arttırılabilir. Model oluşturma etkinliklerinin kavramsal altyapısı ve ilkökul seviyesinde uygulanışına yönelik sınıf öğretmenlerine hizmet içi eğitimler gerçekleştirilebilir. Halihazırda öğretim programlarının yenilenmesi ile birlikte ilkökul ders kitaplarında matematiksel modelleme süreçlerine yönelik örnekler daha fazla yer verilebilir.

Yazar katkı oranları

Çalışmaya 1. yazar: %70, 2. yazar: %30, oranında katkı sağlamıştır.

Çıkar çatışması beyanı

“Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul öğrencilerinin sayı hissi ve matematiğe yönelik tutumlarına etkisi” başlıklı makalemizin herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur. Yazarlar arasında da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Akay, S. A. (2024). Matematiksel modelleme etkinliklerinin 4. sınıf ölçme öğrenme alanındaki başarıya ve öğrencilerin matematik kaygılarına etkisi [Master's thesis, Kastamonu Üniversitesi].
- Akyar, K. (2023). *İlkokul 4. sınıf öğrencilerinde sayı hissinin geliştirilmesinde yapılan sayı hissi geliştirme etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarısına ve sayı hissi becerilerine etkisi* [Master's thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi].
- Alkaş Ulusoy, Ç. (2020). Sayı duyusu temelli öğretimin altıncı sınıf öğrencilerinin öz yeterliklerine ve performanslarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 45(202), 417–439. <https://doi.org/10.15390/EB.2020.8734>
- Almuna, F. (2020). Investigating the effect of mathematics problem context on the performance of Year 10 students [Doctoral dissertation, The University of Melbourne].
- Aydın Güç, F. (2015). Matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi [Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- Bakırcı, C. (2016). Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin PISA matematik başarı düzeylerine etkisi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].
- Berch, B. (2005). Making sense of number sense. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 333–339. <https://doi.org/10.1177/00222194050380040901>
- Blum, W., & Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics—ICTMA 12* (pp. 222–231). Horwood.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86–95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Büyüköztürk, Ş. (2020). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum (28. baskı). Pegem Akademi.
- Can, D. (2017). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin sayı duyularının bağlam temelli ve bağlam temelli olmayan problem durumlarında incelenmesi [Doctoral dissertation, Hacettepe Üniversitesi].
- Canbazoğlu, H. B., & Tarım, K. (2021). İlkokulda matematiksel modelleme için bir öğretim çerçevesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 210–225. <https://doi.org/10.53444/deubefd.825361>
- Cantürk Günhan, B. (2006). İlköğretim II. kademedeki matematik dersinde probleme dayalı öğrenmenin uygulanabilirliği üzerine bir araştırma [Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Carlson, M. A., Wickstrom, M. H., Burroughs, E. A., & Fulton, E. W. (2016). A case for mathematical modeling in the elementary school classroom. In C. R. Hirsch & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 121–129). NCTM.
- Christensen, L. B., Johnson, R. B., & Turner, L. A. (2014). *Research methods, design, and analysis* (12th ed.). Pearson.
- Cinislıoğlu, B. (2017). Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].
- Çavuş Erdem, Z. (2018). Matematiksel modelleme etkinliklerine dayalı öğrenim sürecinin alan ölçme konusu bağlamında incelenmesi [Doctoral dissertation, Adıyaman Üniversitesi].

- Çekirdekci, S. (2015). İlkokul 4. sınıf öğrencileri için sayı hissi testinin geliştirilerek öğrencilerin sayı hislerinin incelenmesi [Unpublished doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi].
- Çekirdekci, S. (2020). Sayılar. In V. Toptaş, S. Olkun, S. Çekirdekci, & M. H. Sarı (Eds.), İlkokulda matematik öğretimi (pp. 127–184). Vizetek.
- Çekirdekci, S., Şengül, S., & Doğan, M. C. (2016). 4. sınıf öğrencilerinin sayı hissi ile matematik başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Qualitative Studies*, 11(4), 48–66.
- Çetin, H., & Öztürk, Ş. (2020). İlkokul matematik öğretim programının sayı duygusu temel bileşenlerine göre incelenmesi. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 4(2), 163–180.
- Çilingir, E., Artut, P. D., & Tarım, K. (2015). Sınıf öğretmeni adayları üzerinde gerçekçi matematik eğitiminin ilişkin bir uygulama örneği. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 1–12.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Greer, B. (2000, November). Connecting mathematics problem solving to the real world. In *Proceedings of the International Conference on Mathematics Education into the 21st Century: Mathematics for living* (pp. 66–73).
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language*, 16(1), 16–36. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00154>
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Delikanlı, S. D. (2019). Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığa etkisi [Master's thesis, Çukurova Üniversitesi].
- Demir, S. (2022). Comparison of normality tests in terms of sample sizes under different skewness and kurtosis coefficients. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 9(2), 397–409. <https://doi.org/10.21449/ijate.1074997>
- Demirci, G. (2018). Matematiksel modelleme yönteminin matematik okuryazarlığına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].
- Deniz, K. Z. (2020). Herkes için istatistik kolay: Temel istatistik SPSS uygulaması ile APA formatında tablolaştırma ve yorumlama. Nobel Yayıncılık.
- Dışbudak, K. (2014). Model oluşturma etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].
- Doerr, H. M., & English, L. D. (2003). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(2), 110–136. <https://doi.org/10.2307/30034902>
- Doruk, B. K. (2010). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi [Doctoral dissertation, Hacettepe Üniversitesi].
- Duru, A., Akgün, L., & Özdemir, M. E. (2005). İlköğretim öğretmen adaylarının matematiğe yönelik tutumlarının incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 520–536.
- English, L. D., & Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *ZDM Mathematics Education*, 50(1–2), 103–115. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0947-3>
- English, L., & Watters, J. (2004). Mathematical modelling with young children. In M. Hoines & B. Fugelsted (Eds.), *Proceedings of the 28th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 335–342). PME.
- Eraslan, A., & Şahin, N. (2023). İlkokul ve ortaokulda etkinlik örnekleriyle matematiksel modelleme (2. baskı). Pegem Akademi.
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 199–219. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9065-4>
- Ghazali, M., Mohamed, R., & Mustafa, Z. (2021). A systematic review on the definition of children's number sense in the primary school years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), 1–12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10968>
- Gómez-Chacón, I. M., Bacelo, A., Marbán, J. M., & Palacios, A. (2024). Inquiry-based mathematics education and attitudes towards mathematics: Tracking profiles for teaching. *Mathematics Education Research Journal*, 36, 715–743. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00468-8>

- Govender, R. (2020). Mathematical modelling: A 'growing tree' for creative and flexible thinking in pre-service mathematics teachers. In G. A. Stillman, G. Kaiser, & C. E. Lampen (Eds.), *Mathematical modelling education and sense-making: International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 443–453). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_38
- Güder, Y., & Gürbüz, R. (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: Öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 170–198.
- Gündoğdu Alaylı, F. (2023). Matematiksel modelleme. In Z. Taşpınar & Ş. Gökçen (Eds.), *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme perspektifleri ve sınıf içi uygulamalar* (pp. 18–41). Pegem Akademi.
- Hacıömeroğlu, G. (2017). Matematiğe yönelik tutum ölçeği kısa formunun geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Journal of Computer and Education Research*, 5(9), 84–99.
- Hidroğlu, Ç. N., Tekin Dede, A., Kula, S., & Bukova Güzel, E. (2014). Öğrencilerin kuyruklu yıldız problemine ilişkin çözüm yaklaşımlarının matematiksel modelleme süreci çerçevesinde incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 1–17.
- Irwin, K. C. (2001). Using everyday knowledge of decimals to enhance understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(4), 399–420. <https://doi.org/10.2307/749700>
- Işık, K. N. (2018). Ortaokul öğrencilerinin kesirlerle işlemler konusunu modelleme becerileri ve matematik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Master's thesis, Gazi Üniversitesi].
- Işık, C., & Kar, T. (2011). İlköğretim 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin sayı algılama ve rutin olmayan problem çözme becerilerinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 57–72.
- İnan, M. (2018). 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi [Master's thesis, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi].
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302–310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kart, B. (2024). Gerçek yaşamla ilişkilendirilmiş matematik öğrenme etkinliklerinin özel yetenekli 4. sınıf öğrencilerinin sayı hissi performanslarına etkisinin incelenmesi [Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Kaya, G. (2018). Bütün-parça-bütün öğrenme modelinin farklı matematiksel inançlara sahip ilköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi [Doctoral dissertation, Gazi Üniversitesi].
- Kaygısız, İ. (2021). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi: Bir öğretim deneyi [Doctoral dissertation, Anadolu Üniversitesi].
- Koç, D. (2021). Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının problem çözme becerisine ve matematiğe yönelik tutumuna etkisi [Master's thesis, Celal Bayar Üniversitesi].
- Kurt, Ö. (2019). Matematiksel modelleme problemlerinin beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarı, geometri öz-yeterlik ve matematiğe yönelik tutumuna etkisinin incelenmesi [Master's thesis, Fırat Üniversitesi].
- Küçük, B., Kahraman, S., & İşleyen, T. (2013). Öğretmen adaylarının matematiğe karşı tutumlarının incelenmesi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 12(1), 1–15.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a model and a modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3–34). Erlbaum.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763–804). Information Age Publishing.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). İlköğretim matematik dersi (1–5. sınıflar) öğretim programı. MEB.
- Muñoz-Rubke, F., Almuna, F., Duemler, J., & Velásquez, E. (2023). Mathematical tools for making sense of a global pandemic. *International Journal of Science Education*, 13(1), 18–27. <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2100941>
- Muşlu, M. (2016). Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi [Master's thesis, Atatürk Üniversitesi].

- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. NCTM.
- Neale, D. (1969). The role of attitudes in learning mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 16(8), 631–641.
- Nicolaidou, M., & Philippou, G. (2003). Attitudes towards mathematics, self-efficacy and achievement in problem solving. In M. A. Mariotti (Ed.), *European research in mathematics education III* (pp. 1–11). University of Pisa.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 3–32). Springer.
- Obay, M., Pesen, C., & Çelik, H. C. (2021). Öğretmenlerin matematiksel modelleme öğretim yeterliklerinin geliştirilmesi: Bir öğretim deneyi. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 15(36), 164–188. <https://doi.org/10.29329/mjer.2020.367.9>
- Oberholzer, C. (1992). Mathematical modelling. In M. Moodley, R. A. Njisane, & N. C. Presmeg (Eds.), *Mathematics education for in-service and pre-service teachers* (pp. 193–209). Shuter & Shooter.
- Olkun, S., & Toluk Uçar, Z. (2020). İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi (9. baskı). Vizetek.
- Perloff, R. M. (2016). *The dynamics of persuasion: Communication and attitudes in the twenty-first century*. Routledge.
- Petty, R. E., & Krosnick, J. A. (2014). *Attitude strength: Antecedents and consequences*. Psychology Press.
- Purnomo, Y. W., Alyani, F., & Assiti, S. S. (2014). Assessing number sense performance of Indonesian elementary school students. *International Education Studies*, 7(8), 74–84. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n8p74>
- Reys, R. E., Reys, B., Emanuelsson, G., Johansson, B., McIntosh, A., & Yang, D. G. (1999). Assessing number sense of students in Australia, Sweden, Taiwan, and the United States. *School Science and Mathematics*, 99(2), 61–70. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17449.x>
- Reys, R. E., & Yang, D. C. (1998). Relationship between computational performance and number sense among sixth- and eighth-grade students in Taiwan. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2), 225–237. <https://doi.org/10.2307/749900>
- Rüzgar, M. E., Boyraz, S., & Sözcü, İ. (2023). Eğitim bilimlerinde araştırma 101. Pegem Akademi.
- Serin, M. K. (2022). Matematik kaygısının geleceği: Hâlâ araştırılacak ne var? In M. H. Sarı & M. Baloğlu (Eds.), *Matematik kaygısı: Tanımı, özellikleri, yaygınlığı, nedenleri ve tanımlanması* (pp. 249–273). Vizetek.
- Şengül, S., & Dede, H. G. (2014). Matematik öğretmenlerinin sayı hissi problemlerini çözerken kullandıkları stratejiler. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 5(1), 73–88. <https://doi.org/10.16949/turcomat.67936>
- Tarım, K., & Canbazoğlu, H. B. (2021). İlkokulda matematiksel modelleme. In E. Bukova Güzel, M. F. Doğan, & A. Özaltun Çelik (Eds.), *Matematiksel modelleme: Teoriden uygulamaya bütünsel bakış* (pp. 201–228). Pegem Akademi.
- Tarım, K., & Dinç Artut, P. (2016). Tutum ve matematik başarısı. In E. Bingölbali, S. Arslan, & İ. Ö. Zembat (Eds.), *Matematik eğitiminde teoriler* (pp. 767–783). Pegem Akademi.
- Tekin, A. (2012). Matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarım süreçleri ve etkinliklere yönelik görüşleri [Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Tekin Dede, A. (2015). Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması [Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Ural, A. (2018). Matematiksel modelleme eğitimi. Anı Yayıncılık.
- Uz, M. (2022). Ortaokul öğrencilerinin problem çözümüne işlemsel ve kavramsal yaklaşımları, matematiksel modelleme yeterlikleri ve matematiğe yönelik tutumları arasındaki ilişkilerin incelenmesi [Master's thesis, Çukurova Üniversitesi].
- Ünlü, V. (2023). Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisi: Bir meta-analiz çalışması [Unpublished doctoral dissertation, Necmettin Erbakan Üniversitesi].
- 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>

- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: A survey. *ZDM*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>
- Wakhata, R., Mutarutinya, V., & Balimuttajjo, S. (2023). Relationship between active learning heuristic problem-solving approach and students' attitude towards mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(2), 1–19. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12842>
- Yang, D. C., Hsu, C. J., & Huang, M. C. (2004). A study of teaching and learning number sense for sixth grade students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 407–430. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-6486-9>
- Yang, D. C., & Wu, W. R. (2010). The study of number sense: Realistic activities integrated into third-grade math classes in Taiwan. *The Journal of Educational Research*, 103(6), 379–392. <https://doi.org/10.1080/00220670903383010>