



Primary School Teachers' Views on the Use of Multiple Representations in Mathematics Lessons During the Distance Education Process

Yasemin KAPLAN KİRTENOĞLU¹, Mehmet Koray SERİN², Adem YILMAZ³

Abstract

The primary aim of this study is to examine primary school teachers' views on the use of multiple representations in mathematics lessons during the distance education process by evaluating these views in relation to their practices in face-to-face instruction. Designed within the interpretative phenomenological research approach, the study involved 15 primary school teachers working in the province of Kastamonu, who were selected through convenience sampling. Data were collected through semi-structured interviews and analyzed using content analysis. The findings revealed that teachers had limited awareness of multiple representations, found it challenging to diversify representations on digital platforms, and expressed a need for supportive professional development in this area. It was also determined that teachers predominantly used representations for the purpose of concretization, while experiencing difficulties in processes involving the coordination and transformation between representations. Additionally, teachers perceived their use of multiple representations as more effective in face-to-face instruction. The study offers recommendations for the effective use of multiple representations in distance education and contributes to teacher education. In this context, it is recommended that teachers be supported through in-service training focused on both technology use and multiple representations, particularly to enable the pedagogically effective integration of digital representations.

Keywords

Multiple representations
Mathematics education
Primary school teacher
Face-to-face education
Distance education

About the Article

Sending date: 17.05.2025
Acceptance date: 12.12.2025
E-Publication date: 31.12.2025

¹ Teacher, Ministry of National Education, Türkiye, yasemin3757@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2158-1726>

² Assoc. Prof. Dr., Kastamonu University, Türkiye, mkserin@kastamonu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4104-5902>

³ Assoc. Prof. Dr., Kastamonu University, Türkiye, yilmazadem@kastamonu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1424-8934>

Introduction

One of the fundamental challenges in mathematics education is identifying how mathematics can be taught more effectively. National and international framework documents (CCSSI, 2010; MoNE, 2018; 2024; NCTM, 2000) emphasize that meaningful learning should be placed at the center of mathematics instruction. Meaningful learning occurs when individuals relate newly encountered information to their existing cognitive structures. This process relies on a series of cognitive operations, including the mental organization of information, comparison, and relational reasoning (Yanık, 2016; Yavuz Mumcu, 2023). However, the abstract nature of mathematics often complicates this process for students, which may limit the depth of their learning.

Skemp's (1978) distinction between *instrumental understanding* and *relational understanding* provides a foundational framework for explaining this issue. Instrumental understanding involves the application of rules and algorithms, whereas relational understanding focuses on comprehending both what is done and why it is done. Thus, to deepen students' conceptual understanding, mathematical knowledge needs to be presented through multiple forms of representation (Van de Walle et al., 2020). In particular, incorporating multiple representations such as verbal, visual, symbolic, concrete, and digital representations into the learning process supports students in constructing abstract mathematical ideas in more meaningful ways (Cullen et al., 2020; Greno & Hall, 1997; Türer & Cantürk Günhan, 2022). In this regard, multiple representations are not merely alternative displays of information; rather, they serve important functions such as regulating cognitive processes, reducing misconceptions, and supporting concept construction (Ainsworth, 2006). Consequently, multiple representations can be considered a key instructional tool for fostering both meaningful learning and relational understanding.

With the COVID-19 pandemic, the rapid transition of instruction to online environments necessitated pedagogical adjustments related to the use of representations. During the distance education process, teachers were required to utilize various types of representations to capture students' attention, maintain conceptual understanding, and reduce learning loss (Bozkurt & Sharma, 2020; Yılmaz & Kostur, 2021). However, the effectiveness of representations used in this process is closely related to teachers' digital pedagogical competencies and their ability to manage transitions between different representation types. In particular, high-level pedagogical decisions such as selecting, transforming, and coordinating representations are strongly associated with teachers' pedagogical content knowledge (PCK) and technological pedagogical content knowledge (TPACK). In this context, examining how representations are used in distance education environments through the experiences of primary school teachers offers an original perspective for both representation pedagogy and digital instruction.

This study contributes to the understanding of how teachers utilized multiple representations during pandemic conditions and how they experienced this process. In this respect, the study has the potential to inform both the identification of teachers' professional development needs and instructional practices related to mathematics teaching in distance and blended learning environments. In the literature, qualitative studies that specifically address primary school teachers' experiences with multiple representations in such contexts are limited. This situation indicates a significant research gap concerning how representation pedagogy is experienced and enacted in online learning environments. Therefore, the findings of the present study address an important gap in terms of both restructuring teacher education programs and developing digital pedagogical strategies. Moreover, the study employs the interpretative phenomenological approach and aims to examine teachers' meaning-making processes and pedagogical decisions regarding the use of multiple representations in depth. In this regard, the study not only focuses on instructional practices but also reveals the nature of teachers' cognitive and pedagogical awareness related to representations.

Mathematical Representation

Representation can be defined as the expression of a concept or phenomenon in an alternative form (Goldin & Kaput, 1996). In mathematics, representations enable abstract ideas to be expressed through visual, symbolic, verbal, or physical forms (Delice & Sevimli, 2016). Through these representations, students can make sense of mathematical relationships, solve problems, and establish connections between concepts (Huinker, 2015; Karabey & Erdoğan, 2023). Ainsworth (1996) emphasizes that representations do not merely present information but also function to regulate cognitive load during learning. Indeed, research indicates that well-structured representations reduce students'

cognitive load, contribute to conceptual learning, and decrease errors (Alabdulaziz, 2021; Pape & Tchoshanov, 2001; Satsangi & Sigmon, 2023). Ainsworth's (2006) three-function taxonomy of multiple representations in instruction, which provides complementary information, constrains misinterpretations, and supports concept construction, explains why the use of representations requires pedagogical design rather than mere variety. This framework demonstrates that how teachers select representations and establish relationships between them plays a decisive role in learning outcomes.

The concept of multiple representations refers to presenting a mathematical concept in different forms and the ability to transition between these forms (Goldin & Shteingold, 2001; Heinze et al., 2009). While Lesh et al. (1987) categorized representations into five types: real-life situations, manipulative materials, pictures, symbols, and natural language, Lesh and Doerr (2003) expanded this classification to include diagrams, graphs, and tables. The ability to transition between representation types deepens students' conceptual understanding, whereas students who are limited to a narrow range of representations often experience difficulties in problem-solving processes (Baroroh & Mardiyana, 2021; Prayitno et al., 2021). This clearly highlights the relationship between representational diversity and relational understanding.

Some studies indicate that students tend to be more successful with visual and verbal representations but experience difficulties when transitioning to symbolic representations (Prayitno et al., 2021). Similarly, examining the contribution of virtual representation tools to conceptual learning, Satsangi and Sigmon (2023) reported that representations used in virtual environments enhance understanding and reduce cognitive load, particularly for students who struggle with mathematics. This finding suggests that digital representation tools should be used more effectively, especially in distance education contexts. On the other hand, the impact of representation use in instruction is not solely determined by the characteristics of the representations themselves but is also directly related to teachers' representational awareness, their ability to manage representational transformations, and their pedagogical content knowledge (Dreher & Kuntze, 2015; Friesen & Kuntze, 2020). Therefore, multiple representations should be considered not only as an instructional tool but also as a pedagogical component that reflects the quality of teachers' knowledge bases.

Use of Multiple Representations During Distance Education

The COVID-19 pandemic forced education systems to transition abruptly to distance education, requiring teachers to rapidly transform their instructional strategies and tools (Borba, 2021; Huang et al., 2022; Sezgin & Firat, 2020). During this period, teachers were compelled to rely more heavily on visual, auditory, and digital representations when explaining mathematical concepts to students (Božić et al., 2023). However, existing studies indicate that this transition did not always occur in a planned manner grounded in sound pedagogical principles (Alabdulaziz, 2021; Yılmaz & Köstür, 2021).

The effective use of multiple representations in distance education is related not only to the mode of presentation but also to students' ability to interpret, transform, and transition between representations (Božić et al., 2023; Yuhasriati et al., 2022). Moreover, for teachers to use representations effectively, they need to possess both pedagogical and technological competencies (Huang et al., 2022). In this regard, the TPACK framework offers an important theoretical lens for understanding why the use of multiple representations has remained limited in distance education environments. The interaction among teachers' technological knowledge, pedagogical knowledge, and content knowledge directly determines how representations are adapted to digital environments (Mishra & Koehler, 2006). From this perspective, it is crucial to examine the extent to which teachers utilize multiple representations effectively in distance education, the types of challenges they encounter, and their perceptions of this process. In particular, since integrating representations with digital tools requires pedagogical design knowledge that supports representational transformation, investigating the experiences of primary school teachers in this process becomes a critical necessity. Grounded in this need, the present study aims to examine in depth the experiences of primary school teachers with the use of multiple representations in the context of distance education.

Accordingly, the purpose of this study is to examine how primary school teachers utilized multiple representations in mathematics lessons during the distance education implemented during the COVID-19 period and to explore their views on this approach. Within this scope, teachers' experiences, the challenges they encountered, the types of representations they employed, and their views on the

impact of these representations on students' understanding are examined. In this way, the study aims to reveal both the quality of representation use and insights into teachers' professional development needs.

Method

Research Design

This study employed a qualitative research approach to examine primary school teachers' in-depth views on the use of multiple representations in mathematics lessons during the distance education process. Qualitative research aims to reveal individuals' meanings and interpretations of their lived experiences (Merriam, 2009). In line with this purpose, the study employed a phenomenological approach as its qualitative research design. Phenomenology is an approach that seeks to understand individuals' subjective perceptions and experiences related to a particular phenomenon (Smith et al., 2009; van Manen, 2023). In the present study, an interpretative phenomenological approach was specifically employed. This approach goes beyond merely describing participants' experiences and requires the researcher to engage in an in-depth interpretative process through continuous interaction with the data. Accordingly, the researcher did not limit the analysis to descriptive accounts but remained critically aware of personal assumptions and continuously reflected on the potential influence of these preconceptions throughout the analytical process (Creswell, 2013; Smith et al., 2009; van Manen, 2023). In this sense, the researcher assumed not only the role of a data collector but also that of an interpreter. The primary rationale for adopting a phenomenological approach was its capacity to provide a rich and contextualized understanding of teachers' experiences with the use of multiple representations in distance education. This approach allowed the researchers to explore how teachers made sense of their experiences within their specific instructional and contextual conditions.

Study Group

The study group consisted of 15 primary school teachers, 8 female and 7 male, who were working in public schools in the city center of Kastamonu during the 2020–2021 academic year. Convenience sampling was employed in the selection of participants in order to ensure efficiency and practicality in the research process. This sampling method allows researchers to select individuals who are easily accessible; however, it may introduce limitations in terms of the generalizability and trustworthiness of the findings (Yıldırım & Şimşek, 2013). To mitigate this limitation, efforts were made to ensure maximum variation by including teachers from different schools, teaching at various grade levels, and varying in age and years of professional experience. In addition, all participants were included in the study on a voluntary basis. This approach was considered appropriate for phenomenological research, as participant diversity supports the visibility of different dimensions of lived experiences. Table 1 presents the distribution of participating teachers according to gender, age, years of teaching experience, and the grade levels they taught.

Table 1. Demographic information of the primary school teachers in the study group

| Variable | Sub-variable | f |
|---------------------|-----------------------|---|
| Gender | Female | 8 |
| | Male | 7 |
| Age | 20-30 years | 1 |
| | 31-40 years | 8 |
| | 41-50 years | 6 |
| Teaching Experience | 0-5 years | 1 |
| | 6-10 years | 1 |
| | 11-15 years | 4 |
| | 16-20 years | 5 |
| | 21 years and above | 4 |
| Grade Level | 1 st grade | 6 |
| | 2 nd grade | 3 |
| | 3 rd grade | 2 |
| | 4 th grade | 4 |

Table 1 presents the distribution of participating teachers by gender, age, teaching experience, and the grade levels they teach. According to the data, the majority of the teachers have more than 11 years of professional experience and are predominantly in the 31–40 age range.

Data Collection Tool

In this study, data were collected using a semi-structured interview form developed by the researchers. The interview form consisted of open-ended questions designed to elicit primary school teachers' views on their use of multiple representations in mathematics lessons during the distance education process. Examples of the questions included in the interview form are as follows:

- What do you think are the purpose(s) of using multiple representations in the mathematics teaching process?
- What types of activities do you implement in mathematics lessons related to the use of multiple representations during face-to-face instruction?
- What types of activities did you implement related to the use of multiple representations in the mathematics lessons you conducted through distance education?

During the development of the interview form, a draft version was initially prepared based on a review of the literature on the use of multiple representations and distance education. This draft was then presented to two academics, one specializing in mathematics education and the other in educational sciences, as well as two primary school teachers. The experts were asked to provide feedback regarding the form's content validity, clarity of question wording, and potential content overlap. Based on the feedback received, some questions were restructured, and similar items were merged. The final version of the interview form consisted of nine open-ended questions. Subsequently, pilot interviews were conducted with two teachers who were not included in the main study to test the clarity and comprehensibility of the questions. The pilot results indicated that no further revisions were necessary. This process was structured in line with the fundamental steps recommended to enhance the validity of qualitative data collection instruments (Patton, 2014).

Semi-structured in-depth interviews are among the most commonly used data collection methods in education and the social sciences (Uslu & Demir, 2023). They are considered a primary data source in phenomenological research, as they allow participants to articulate their experiences in their own words (Creswell, 2009). In the present study, data were collected through individual interviews conducted with primary school teachers. Prior to the interviews, the purpose of the study was explained again, and participants' verbal consent was obtained after they were informed that the interviews would be audio-recorded. All interviews were conducted online between June 1 and September 1, 2021, and each interview lasted approximately 35 minutes. During the interviews, a trust-based and flexible interview atmosphere was established to enable participants to share their experiences comfortably.

Data Analysis

The data obtained in the study were analyzed using content analysis method. First, the interviews conducted with the teachers were audio-recorded and subsequently transcribed verbatim. The transcribed data were then examined systematically in accordance with the principles of qualitative data analysis. Content analysis is an analytical method that enables the production of context-sensitive, replicable, and valid inferences from textual data (Krippendorff, 2018).

In this study, the content analysis process was carried out based on the four-stage framework proposed by Yıldırım and Şimşek (2013): (1) coding the data, (2) identifying themes from the codes, (3) organizing the data according to themes, and (4) describing and interpreting the findings. During this process, the interview transcripts were read line by line, and meaningful units were identified from teachers' statements to generate initial codes. Codes with similar content were then grouped, and themes were derived accordingly. Each theme was presented separately in the findings section using tables.

The interview data were organized under the identified themes and interpreted by including direct quotations from participants. This analytical approach was based on a structured process that

prioritizes reliability and transparency in content analysis (Bengtsson, 2016). The coding process was conducted by the researchers, who developed a shared analytical approach based on meaning units, and intercoder consistency was taken into consideration throughout the analysis process.

Validity and Reliability Procedures

In qualitative research, the concept of *credibility* is generally preferred over traditional notions of validity (Rüzgar et al., 2023). In the present study, several strategies were employed to ensure the credibility of the results. First, the semi-structured interview form developed for the study was reviewed and revised prior to data collection based on feedback from two academics, one specializing in primary mathematics education and the other in educational sciences, as well as two experienced primary school teachers. In addition, the interview form was pilot-tested with two teachers who were not included in the main study.

During the data collection process, beyond selecting participants on a voluntary basis, attention was paid to ensuring diversity in terms of the schools where teachers worked, their years of professional experience, and the grade levels they taught. In this way, it was aimed to enrich the data by collecting it from different contextual backgrounds. To further enhance credibility, the findings were presented in tabular form, and each table was supported with direct quotations from participants that substantiated the reported themes.

All researchers were actively involved in the data analysis process. Coding and theme development were carried out in a comparative manner, and consensus was reached through discussion. To ensure reliability, intercoder agreement analysis was conducted. The level of agreement between coders was calculated using Cohen's Kappa coefficient, yielding an agreement rate of approximately 90%. This approach is among the recommended methods for enhancing reliability in qualitative research (Miles & Huberman, 1994).

Ethical Principles and Participant Consent

Ethical principles were strictly adhered to throughout the research process. Prior to data collection, the purpose and scope of the study were clearly explained to the participating teachers, and they were informed that the interviews would be audio-recorded and that all collected data would be used solely for scientific purposes in accordance with confidentiality principles. Verbal informed consent was obtained from all participants on a voluntary basis. All interview recordings and written documents were anonymized by removing personally identifiable information, and participant identities were protected throughout the study.

Findings

In the first stage of the study, the teachers in the study group were asked which subject(s) they felt required the greatest use of multiple representations and the reasons for this need. The findings obtained are presented in Table 2.

Table 2. Subjects with the greatest need for multiple representations and the reasons for this need

| Subjects | f | Reasons for the need | f |
|----------------|----|---|----|
| Mathematics | 15 | Concretizing abstract topics/concepts | 12 |
| Turkish | 4 | Facilitating comprehension of the subject | 3 |
| Science | 3 | | |
| Social Studies | 2 | Enhancing student readiness | 2 |
| All subjects | 2 | | |

*The reason why the frequency values exceed the number of participants in the study group is that participants were allowed to provide more than one response.

An examination of Table 2 reveals that the majority of primary school teachers identified mathematics ($f = 15$) as the subject in which the use of multiple representations is most needed. Mathematics was followed by Turkish ($f = 4$), Science ($f = 3$), and Social Studies ($f = 2$). Additionally, in response to the question “*Why do you feel the need to use multiple representations?*”, the most

commonly cited reason was to concretize abstract topics or concepts ($f = 12$). Other reasons mentioned by the teachers included facilitating the comprehension of the subject by using various examples and materials ($f = 3$) and supporting students' readiness for learning new topics ($f = 2$). The teachers' statements further support these findings. For instance, Teacher 15 (T15) emphasized the importance of mathematics and justification for concretization by stating, *"In mathematics, the concept of number is abstract in itself, so we need to concretize mathematics lessons."* Similarly, Teacher 1 (T1) remarked, *"We use [multiple representations] in Social Studies and Turkish lessons—we use them in all subjects—but mostly in Mathematics and Science because these subjects need to be concretized."* This statement highlights both the broad application of multiple representations and their particular importance in mathematics and science. Emphasizing the issue of student readiness, Teacher 4 (T4) explained, *"In my school, the children lack any prior preparation. Except for Life Science, I try to include more of these kinds of activities in Turkish and Mathematics, especially in mathematics, because the students don't have the foundational background."* These findings indicate that teachers predominantly associate the use of multiple representations with the function of concretization, suggesting that their awareness of the diverse pedagogical purposes that representations can serve may be limited.

In the next stage of the study, the teachers were asked, *"In your opinion, what are the purposes of using multiple representations in mathematics lessons?"* The findings related to this question are presented in Table 3.

Table 3. Purposes of using multiple representations in mathematics teaching and learning processes

| Purposes | f |
|--|----|
| Relating to real life, concretization | 11 |
| Enhancing the comprehensibility of the subject | 7 |
| Providing opportunities to use different methods | 3 |
| Addressing different types of intelligence | 2 |

According to the findings presented in Table 3, primary school teachers mostly justified the use of multiple representations in teaching mathematics topics by emphasizing concretization or relating concepts to real-life contexts ($f = 11$). Additional purposes highlighted by the teachers included enhancing the comprehensibility of the subject ($f = 7$), *providing opportunities to employ different instructional methods* ($f = 3$), and *addressing various types of intelligences* ($f = 2$). Teacher 4 (T4) stated, *"Mathematics seems abstract to children. The more we concretize it, the more examples we give from their daily lives, and the more we relate it to real-life situations, the easier it becomes for them to understand."* emphasizing the roles of concretization and real-life connections. Similarly, Teacher 2 (T2) explained, *"We do this to help children grasp the topic and understand the concept. A teacher can normally teach the topic, but we use multiple representations in mathematics lessons to move from abstract to concrete."* thereby underlining both the concretization of mathematical concepts and the increased comprehensibility of mathematical content. These explanations suggest that teachers tend to view representations primarily as tools for facilitating understanding; however, their awareness of higher-level pedagogical functions of representations, such as supporting conceptual construction, enabling generalization, or facilitating transitions between different representations, may be limited.

Another question posed to the primary school teachers within the scope of the study focused on the types of activities they implemented in mathematics lessons using multiple representations during face-to-face instruction prior to the pandemic and during the distance education period that followed. The findings obtained in this context are presented in Table 4.

Table 4. Activities conducted by primary school teachers for the use of multiple representations in mathematics lessons during both face-to-face and distance learning

| During face-to-face education | f | During distance education | f |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Use of visuals/models | 9 | Watching videos | 9 |
| Use of supplementary materials | 7 | Use of visuals/models | 6 |
| Conducting activities/playing games | 5 | Use of graphs/shapes | 3 |
| Use of students' manual skills | 4 | Use of students' manual skills | 3 |
| | | Conducting activities/playing games | 1 |

An examination of the findings in Table 4 shows that, prior to the pandemic, when face-to-face instruction was still in place, the most frequently reported activity implemented by participating primary school teachers in the context of using multiple representations in mathematics lessons was the use of visuals/models appropriate to the subject matter ($f = 9$). In addition, teachers stated that they integrated multiple representations into mathematics teaching by using supplementary materials ($f = 7$), *engaging students through hands-on activities and games* ($f = 5$), and *implementing practices that utilized students' manual skills* ($f = 4$). For example, Teacher 6 (T6) stated, *"I used visual representations through the smart board. We played games involving student participation in class. In age-related problems, I draw pictures,"* referring to activity-based and game-like practices. Teacher 12 (T12), who aimed to actively involve students in the lesson by having them design and create, explained: *"In all mathematics topics and concepts, we always carried out an activity. We brought tens and ones and laid them in front of the children. We had them build geometric solids and examine their corners and edges from all sides. For fractions, I made sure each student brought fruit. In measurement topics like meters, I had them use strings to measure their steps and hand spans, and then compare their results with one another. They realized how different they were. In every topic, I tried to ensure they could hold something, touch it, and see it. We asked them to design clocks and set them to 'quarter past three', and they did. I believe they need to enjoy the process in order to learn."* This statement highlights not only the use of ready-made concrete materials but also the emphasis on student-created representations and real-life applications.

The other set of findings presented in Table 4 pertains to the activities carried out during the distance education period following the pandemic. Within this context, the participating primary school teachers reported that they employed multiple representations in mathematics lessons primarily through video watching ($f = 9$), using visuals/models appropriate to the topic ($f = 6$), incorporating graphs/shapes ($f = 3$), designing activities that engaged students' manual skills ($f = 3$), and conducting activities or games ($f = 1$). For instance, Teacher 8 (T8) stated, *"During distance education, the children could not physically interact, but I used signs and blocks available at home. I glued pasta together to visually represent tens and ones. In the unit on wholes, halves, and quarters, the children cut up fruits themselves to learn the topic. They also made clocks."* This statement indicates that while some materials could only be presented visually due to the limitations of distance education, others could still be used physically by students at home. Teacher 4 (T4) explained, *"Since they couldn't make them themselves, I had them watch videos. I used videos more often."* highlighting the increased reliance on videos due to students' limited access to materials at home. Teacher 14 (T14) remarked, *"We applied representations using videos, visuals, or visual stimuli shared on the virtual whiteboard. When explaining geometric shapes, we used visuals of shapes drawn in different colors and sizes."* demonstrating the use of technological tools for visual representation in instruction. Likewise, Teacher 10 (T10) shared, *"Since we didn't have many materials, we mostly used concept maps. Last year, we carried out an eTwinning project. As part of the project, we prepared weekly activities for each main subject and created concrete materials. They made more materials. We used materials that children could make themselves. We had the children create things."* illustrating the use of visual tools such as shapes and graphs as multiple representations during distance education. These findings suggest that a greater diversity of representation types is employed in face-to-face instruction, whereas representation use in distance education remains more limited and is primarily confined to visual and passive forms of reception. This situation suggests that teachers may experience difficulties in planning representational transformations and implementing interactive uses of representations in digital environments.

In the study, primary school teachers were asked about the impact of the distance education process on their use of multiple representations in mathematics lessons, and the findings obtained from their responses are presented in Table 5.

Table 5. The effects of distance education on the use of multiple representations in mathematics lessons

| | Effects | f |
|------------------|---|---|
| Positive effect | Increased use of technology | 2 |
| | Limitation in the types of representations used | 8 |
| Negative effects | Decrease in students' active participation | 8 |
| | Inability to use concrete materials | 5 |
| | Inability to conduct in-class activities | 2 |
| | Insufficient lesson time | 2 |

According to the findings presented in Table 5, the primary school teachers participating in the study stated that the distance education process had mostly negative effects on the use of multiple representations in mathematics lessons. However, two teachers noted that despite the adverse impact of this mandatory and abrupt transition, they approached the process positively as it enabled them to incorporate more technology-supported practices in their teaching. Teachers who emphasized the negative effects particularly expressed that distance education limited their ability to use diverse types of representations ($f = 8$) and that they could not implement multiple representations as effectively as they did in face-to-face settings due to a decrease in students' active participation ($f = 8$). Additionally, some teachers underlined that they were unable to benefit sufficiently from the use of concrete models or objects ($f=5$) during the distance education period. For example, Teacher 7 (T7) stated, "It caused restrictions. For example, we didn't have the opportunity to go out and do shopping activities. We could only support it with visuals." This statement indicates that they mostly relied on visuals and could not adequately use real-life representations. Similarly, Teacher 10 (T10) remarked, "In mathematics, we couldn't use concrete classroom materials at all. I couldn't get direct feedback from students. Mathematics is a subject that we teach through hands-on learning, and we were negatively affected in terms of multiple representations during distance education." emphasizing their limited use of both real-life and concrete representations. On the other hand, Teacher 13 (T13) pointed out a positive aspect of the process by stating, "Using technology in multiple representations is more advantageous. The only drawback is the inability to concretize. Most modeling was done more easily and quickly in technological environments."

Another question posed to the participants was: "During distance education, which applications, websites, or technology-based tools do you think supported the use of multiple representations in your mathematics lessons?" The responses provided by the teachers are presented in Table 6. These findings indicate that, during the distance education process, representations largely remained at the level of presentation, while pedagogical dimensions of representation use, such as transformation, interaction, and student-centeredness, were not sufficiently supported. This suggests that teachers experienced difficulties in adapting their use of representations to digital learning environments.

Table 6. Web-based platforms and tools used by primary school teachers for multiple representations in mathematics lessons during distance education

| Educational e-content platforms | f | Web 2.0 tools/applications | f |
|---------------------------------|----------|----------------------------|---|
| EBA | 11 | Wordwall | 5 |
| Okulistik | 8 | Kahoot | 3 |
| Morpa kampüs | 6 | Educandi | 1 |
| Sharing/websites | f | Mentimeter | 1 |
| Eğitimhane | 4 | Quizizz | 1 |
| YouTube | 3 | Canva | 1 |
| İlkokul1 | 2 | Çarpanga | 1 |
| Mebders | 2 | | |
| Ödevmatik | 1 | | |
| Pinterest | 1 | | |
| Web'de öğren | 1 | | |

An examination of Table 6 reveals that primary school teachers prefer to use educational e-content platforms, such as EBA, Okulistik, and Morpa Kampüs, more frequently to enrich mathematics lessons with different types of representations during the distance education process. In addition to educational content platforms, teachers also reported benefiting from various educational sharing websites, general-purpose web platforms, and Web 2.0 tools and applications. Among the educational e-content platforms, EBA stood out as the most preferred ($f = 11$), while *Eğitimhane* ($f = 4$) was the most frequently mentioned educational sharing site. YouTube ($f = 3$) was the leading general content site, and Wordwall ($f = 5$) and Kahoot ($f = 3$) were the most commonly used Web 2.0 tools. Regarding this topic, Teacher 14 (T14) stated, *“I mostly worked with graphs and a tablet. Additionally, I utilized the Fatih Pen application on EBA. I also used educational videos on YouTube.”* Similarly, Teacher 10 (T10) noted, *“There is an application called Çarpanga. I used it even during face-to-face instruction. I used EBA. We used Educandy. Okulistik was definitely very useful.”* Teacher 1 (T1) added, *“As for websites, I used EBA, Morpa Kampüs, Kahoot, and Quizizz. Besides these, I prepared activities using Canva and also used Wordwall for content creation.”* These findings indicate that teachers predominantly use digital tools to present visual representations; however, they remain more limited in pedagogically integrating interactive, relational, or constructive types of representations.

Lastly, within the scope of the research, teachers were asked the following question: *“How do you evaluate the effect of using multiple representations in mathematics instruction on students, both in face-to-face and distance education settings?”* The findings derived from their responses are presented in Table 7.

Table 7. Evaluation of the use of multiple representations in mathematics instruction within the scope of both face-to-face and distance education

| Use of multiple representations | f |
|--|----|
| More effective in face-to-face education | 10 |
| Useful in both instructional settings | 4 |
| More effective in distance education | 1 |

An analysis of the findings in Table 7 indicates that the majority of primary school teachers preferred face-to-face education ($f = 10$) for benefiting from different types of representations and achieving efficiency in the use of multiple representations in mathematics lessons. Some teachers ($n = 4$) stated that whether the teaching process takes place face-to-face or remotely does not significantly affect the use of multiple representations, asserting that they can effectively use various representation types in both modes of instruction. One teacher, however, emphasized that mathematics teaching and learning processes supported by technological tools were more conducive to the use of multiple representations in distance education settings. Teacher 15 (T15) stated, *“There’s this saying that people remember 20% of what they see, 50% of what they hear, and 80% of what they both see and hear. Every piece of technology or material used, whether visual, auditory, or tactile, makes learning more permanent. Before distance education, we were using these, but the materials were only visual or auditory. However, during distance education, lessons were delivered in a way that appealed to the visual, auditory, and tactile senses, making it easier for students to learn. I believe they were more positively affected in terms of learning.”* This statement highlights that distance education can be more beneficial because it engages multiple senses. These findings suggest that teachers tend to perceive the use of multiple representations as a teaching strategy more suited to face-to-face instruction, while experiencing difficulties in sustaining representational diversity and fostering student interaction in digital environments.

Discussion, Conclusion and Recommendations

In this study, which examined primary school teachers’ views and experiences regarding the use of multiple representations in mathematics lessons during the distance education process, the first focus was on identifying the courses in which multiple representations were perceived as most necessary and the reasons underlying this need. The findings revealed that the use of multiple representations was considered most necessary in mathematics lessons. Similarly, Eroğlu and Tanışlı (2021) reported that

mathematics is the subject in which multiple representation practices are most frequently used. Participants stated that not only mathematics but also all primary school subjects involving abstract concepts require concretization through multiple representations to support meaningful learning. Indeed, the literature emphasizes that the use of multiple representations plays a particularly important role in understanding abstract mathematical concepts (Ayyıldız & Cansız Aktaş, 2022; Prain & Waldrip, 2006; Sezgin, 2019). The findings of the present study indicate that teachers predominantly evaluated multiple representations within the framework of their *concretization function*, suggesting that their awareness of higher-level pedagogical functions of representations, such as conceptual structuring, generalization, or transformation between representations, may be limited. This finding suggests that the constructive and constraining roles of representations, as defined in Ainsworth's (2006) framework, are not sufficiently enacted by teachers.

Teachers frequently explained the need for multiple representations in mathematics using concepts such as *concretization*, *connection to real life*, and *comprehensibility*. In this context, relating mathematical concepts to daily life through word problems can be considered to contribute to conceptual learning and to integrate with the modeling process (Gainsburg, 2008). These explanations indicate that representation use is not limited to visual or physical tools but also provides a cognitive framework that supports the structuring of learning. However, the strong emphasis on the *complementary* function of representations in teachers' statements suggests that the *constraining* and *constructive* roles identified in Ainsworth's (2006) framework are not sufficiently recognized. Consistent with this finding, Ainsworth et al. (2002) demonstrated that representational diversity alone is insufficient and that the design and coordination of representation systems are decisive factors in learning.

The abrupt transition to distance education during the pandemic necessitated the reorganization of teachers' instructional routines. The findings show that teachers used concrete materials more intensively in face-to-face instruction but were unable to sustain such representational practices in distance education. Learning processes supported by concrete tools in classroom settings were largely replaced by videos, presentations, or digital platforms in online environments. This shift limited teachers' use of multiple representations in distance education. As suggested by Heddens and Speer (1997), structuring representations from concrete to abstract is critical for students' conceptual development; however, teachers' views indicate that this progression was often not achieved in distance education. This finding suggests that teachers may lack sufficient pedagogical support and design knowledge to establish representational connections and present representations in a cognitively integrated manner in digital environments. Similarly, Ryken (2009) emphasizes that teachers' limited ability to recognize students' thinking through representations can reduce learning opportunities.

Another notable finding concerns teachers' pedagogical content knowledge related to multiple representations. Interviews revealed that representation types were often perceived as being limited to concrete objects, visuals, or game-based activities, while verbal, symbolic, graphical, or algebraic representations were largely neglected. This suggests that teachers' conceptual knowledge of multiple representations is limited, and the depth of this knowledge is not sufficiently reflected in their practice (Bicer, 2021; Hidayat et al., 2024). Prayitno et al. (2021) similarly reported that preservice teachers' ability to transform representations is directly related to conceptual understanding. In this regard, primary school teachers' shortcomings in using multiple representations can be attributed to limitations in pedagogical content knowledge (Shulman, 1986). Teachers' limited ability to recognize relationships among representation types and reflect these relationships in instructional design indicates weaknesses in PCK components. These results are consistent with Dreher and Kuntze's (2015) findings, which show that teachers struggle to notice and pedagogically interpret representational connections. Friesen and Kuntze (2020) also emphasize that limited professional knowledge related to representation use directly affects teachers' classroom decisions. Similarly, Şengül and Mancoğlu Kaplan's (2024) video-based study demonstrated that teachers experience difficulties in establishing representational transitions and analyzing problem situations from a representational perspective, aligning with the findings of the present study.

According to the findings, video watching emerged as the most prominent form of representation in distance education. However, teachers did not clearly articulate which types of representations were embedded in these videos or how they contributed to the learning process.

Although representations such as graphs, tables, and figures were used to a limited extent, their use was largely shaped by teachers' technological competence and access. Huang et al. (2022) similarly reported that teachers in the Chinese context were unable to effectively integrate representations with digital tools during the sudden shift to online teaching, a finding that aligns with the present study. Teachers' tendency to view videos primarily as tools for *consuming ready-made content* indicates limited cognitive awareness regarding the planning of representation pedagogy. Atasoy and Yiğitcan Nayir (2019) also found that students tended to watch EBA videos passively, which constrained mathematical understanding. These results suggest that video-based representations do not sufficiently support conceptual understanding without pedagogical guidance in distance education.

Teachers were found to use several technology-supported platforms during distance education, including EBA, Okulistik, Morpa Kampüs, Wordwall, and Kahoot. However, these tools were generally used to support the learning process in a general sense rather than to explicitly present multiple representations. That is, teachers appeared to use these tools primarily for content access or interaction rather than in alignment with the pedagogical functions of multiple representations (Baroroh et al., 2021). This finding suggests a limited understanding of how technology can be effectively integrated with representation-based instruction (Božić et al., 2023). Yet, technology has the potential not only to present content but also to visualize and make interactive the representational connections that support conceptual transitions (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Rau et al., 2009). Mishra and Koehler's (2006) TPACK framework clearly demonstrates that representations remain superficial when technology is not integrated with pedagogical and content knowledge. The present study similarly indicates that teachers have limited experience in planning and implementing the integration of technology and representation.

The fact that teachers rarely mentioned mathematics-specific digital tools such as Matific, Mathigon, Polypad, or GeoGebra is also noteworthy. These tools enable abstract concepts to be presented holistically through visual, symbolic, and algebraic representations (Debrenti, 2015; Hwang et al., 2009; Pierce et al., 2011). Teachers' lack of knowledge regarding the integration of technology with representation types limits the depth of instructional activities. Therefore, not only access to digital tools but also knowledge and skills related to their pedagogical use are critical. This finding highlights the importance of simultaneously developing PCK and TPACK components at the intersection of representation pedagogy and technology.

Although some teachers believed that distance education offered greater opportunities for using multiple representations, the dominant view was that face-to-face instruction is more advantageous in terms of representational diversity and instructional depth. This perception can be explained by teachers' limited capacity to integrate technology with representation-based instruction. Hidayat et al. (2024) emphasized a significant relationship between teachers' technological pedagogical content knowledge and their competencies in using multiple representations. Similarly, Gücün and Genç (2022) found that technology use influences representational preferences. Thus, teachers' difficulties in effectively using representations in distance education stem not only from technical constraints but also from limitations in representation knowledge, pedagogical content knowledge, and the integration of technology pedagogy.

This study revealed the views and experiences of primary school teachers regarding the use of multiple representations in mathematics lessons during the distance education process, yielding important insights into the role of representations in instruction. Teachers perceived the use of multiple representations as particularly necessary for concretizing mathematical topics and relating them to daily life. However, their awareness of representational diversity, inter-representational relationships, and cognitively constructive representations was found to be limited. This result is consistent with studies indicating the need for development in teachers' representational awareness and PCK components (Dreher & Kuntze, 2015; Friesen & Kuntze, 2020; Ryken, 2009). In distance education, representation use was largely confined to videos, presentations, and ready-made digital content, while interactive and transformable representation types were insufficiently utilized. Findings reported by Atasoy and Yiğitcan Nayir (2019) and Şengül and Mançoğlu Kaplan (2024) similarly indicate that video-based and digital content have a limited impact on conceptual learning without pedagogical guidance. In this context, developing teachers' competencies in integrating technology with representations in a holistic manner within the TPACK framework is crucial.

Based on the findings of this study, the following Teacher Competency Framework for the Use of Multiple Representations in Distance Education is proposed:

1. Representation Knowledge: Knowledge of representation types, the ability to distinguish representational functions, and an understanding of relationships among representations.
2. Pedagogical Representation Knowledge: The ability to select, sequence, and transform representations to support conceptual learning.
3. Digital Representation Integration: The ability to pedagogically integrate technological tools to support transitions between representations.
4. Contextual Application Skills: The ability to sustain representational diversity and design strategies that enhance student interaction in distance education contexts.

In terms of practical implications, in-service training programs should be provided to teachers focusing on multiple representation types, representational functions, and inter-representational transformations. In particular, applied training should be offered on integrating tools such as GeoGebra, Polypad, Desmos, and Matific with representation pedagogy. Increasing the availability of interactive, representation-based content on platforms such as EBA is also recommended. Regarding teacher education, preservice teachers should be supported through practice-oriented courses that emphasize the pedagogical use of representations. Representation-based digital design activities aligned with the TPACK framework should be integrated into teacher education programs. For future research, studies with larger samples may yield more generalizable findings regarding teachers' use of representations across different contexts and levels. Research involving classroom observations could reveal discrepancies between reported views and actual practices. Finally, experimental and mixed-method studies examining the impact of representation-based instruction on student learning would make valuable contributions to the literature.

References

- Ainsworth, S. (1996). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(94\)00029-X](https://doi.org/10.1016/0360-1315(94)00029-X)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. (2002). Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 25-61. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_2
- Ainsworth, S., & Van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14(3), 241-255. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.002>
- Alabdulaziz, M.S. (2021). COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. *Educ Inf Technol*, 26, 7609-7633. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10602-3>
- Atasoy, M. & Yigitcan Nayır, Ö. (2019). Students' opinions regarding the use of educational and information network video modules in math courses. *International Journal of Science and Education*, 2(1), 24-37.
- Ayyildiz, H. & Cansiz Aktas, M. (2022) Tendencies of representation studies in mathematics education in Turkey: A thematic content analysis, *Cumhuriyet International Journal of Education*, 11(1), 127-144.
- Baroroh, U., & Mardiyana, L. F. (2021). *Student mathematical representation ability in their learning habits during the Covid-19 pandemic*. Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Surakarta, Indonesia.
- Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus Open*, 2, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>
- Bicer, A. (2021). Multiple representations and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 42, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100960>.
- Božić, R., Peics, H., & Milenković, A. (2023). Multiple representations of functions in the frame of distance learning. *Mathematics and Informatics*, LXVI(4). <https://doi.org/10.53656/math2023-4-3-mul>
- Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2020). Emergency remote teaching in a time of global crisis due to CoronaVirus pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 1-6.

- Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: Humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1), 385–400. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2>
- CCSSI. (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers.
- Uslu, F., & Demir, E. (2023). Nitel bir veri toplama tekniği: Derinlemesine görüşme. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 289-299. <https://doi.org/10.32600/huefd.1184085>
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). Sage.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage.
- Cullen, C. J., Hertel, J. T., & Nickels, M. (2020). The roles of technology in mathematics education. *The Educational Forum*, 84(2), 166–178. <https://doi.org/10.1080/00131725.2020.1698683>
- Debrenti, E. (2015). Visual representations in mathematics teaching: An experiment with students. *Acta Didactica Napocensia*, 8(1), 19–25.
- Delice, A., & Sevimli, E. (2016). Matematik eğitiminde çoklu temsiller. E. Bingölbali, S. Arslan, & İ.Ö. Zembat (Ed.), *Matematik eğitiminde teoriler* (ss. 519-537). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Dreher, A., & Kuntze, S. (2015). Teachers' professional knowledge and noticing: The case of multiple representations in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 88(1), 89–114. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9577-8>
- Eroğlu, D., & Tanışlı, D. (2021). Tahmini öğrenme yollarının uygulanması sürecinde matematik öğretmenlerinin çoklu temsil kullanımlarının gelişimi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 10(1), 299-329. <https://doi.org/10.30703/cije.718210>
- Friesen, M. E., & Kuntze, S. (2020). The role of professional knowledge for teachers' analysing of classroom situations regarding the use of multiple representations. *Research in Mathematics Education*, 22(2), 117–134. <https://doi.org/10.1080/14794802.2019.1710555>
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 199–219. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9070-8>
- Goldin, G., & Kaput, J. (1996). A joint perspective on the idea of representation in learning and doing mathematics. In L. Steffe & P. Nesher (Eds.), *Theories of Mathematical Learning* (pp. 397–430). Lawrence Erlbaum.
- Goldin, G., & Shteingold, N. (2001). Systems of representations and the development of mathematical concepts. In A. C. Cuoco (Ed.), *The roles of representation in school mathematics: 2001 yearbook* (Vol. 63rd Yearbook, pp. 1–23). NCTM.
- Greno, P., & Hall, M. (1997). Mathematical representations: Problems and perspectives. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(2), 114–120.
- Heddens, J. W., & Speer, W. R. (1997). *Today's mathematics: Concepts and classroom methods for elementary school teachers* (8th ed.). Merrill.
- Heinze, A., Star, J. R., & Verschaffel, L. (2009). Flexible and adaptive use of representations in mathematics. *ZDM*, 41, 535–540. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0190-1>
- Hidayat R, Zainuddin Z, & Mazlan NH. (2024). The relationship between technological pedagogical content knowledge and belief among preservice mathematics teachers. *Acta Physiol (Oxf)*, 249, 104432. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104432>.
- Huang, X., Lai, M.Y. & Huang, R. (2022). Teachers' changes when addressing the challenges in unexpected migration to online mathematics teaching during the COVID-19 pandemic: a case study in Shanghai. *ZDM Mathematics Education*, 54, 359–372. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01378-y>
- Huinker, D. (2015). Representation. In B. M. Steele (Ed.), *Mathematics teaching practices in action* (pp. 63–78). National Council of Teachers of Mathematics.
- Hwang, W. Y., Su, J. H., Huang, Y. M., & Dong, J. J. (2009). A study of multi-representation of geometry problem solving with Virtual Manipulatives and Whiteboard system. *Educational Technology and Society*, 12(3), 229–247. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.12.3.229>
- Karabey, B., & Erdoğan, A. (2023). K12 beceriler çerçevesi Türkiye bütüncül modeli matematik alan becerileri. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(1), 971-996. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1309180>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.

- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33–40). Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Using representations as a central focus of mathematics teacher preparation. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: A models and modeling perspective on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 33–59). Lawrence Erlbaum.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge*. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- MEB. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara.
- MEB. (2024). *İlkokul matematik dersi öğretim programı*. Ankara.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Pape, S. J., & Tchoshanov, M. A. (2001). The role of representations in developing mathematical understanding. *Theory into Practice*, 40(2), 118–127.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications.
- Pierce, R., Stacey, K., Wander, R., & Ball, L. (2011). The design of lessons using mathematics analysis software to support multiple representations in secondary school mathematics. *Technology, Pedagogy and Education*, 20(1), 95–112. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2010.534869>
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Prayitno, S., Lu'luilmaknunn, U., Sridana, N., & Subarinah, S. (2021, May). Analyzing the ability of mathematics students as prospective mathematics teachers on multiple mathematical representation. In *2nd Annual Conference on Education and Social Science (ACCESS 2020)* (pp. 309-313). Atlantis Press.
- Rau, M. A., Alev, V., & Rummel, N. (2009). Intelligent tutoring systems with multiple representations and self-explanation prompts support learning of fractions. In V. Dimitrova, R. Mizoguchi, & B. du Boulay (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, (pp. 441–448). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-028-5-441>
- Rüzgar, M.E., Boyraz, S. & Sözcü İ. (2023). *Eğitim bilimlerinde araştırma 101* (1. Baskı). Pegem Akademi.
- Ryken, A.E. (2009). Multiple representations as sites for teacher reflection about mathematics learning. *J Math Teacher Educ*, 12, 347–364. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9107-2>
- Satsangi, R., & Sigmon, S. D. (2023). Teaching multiplicative thinking with virtual representations to children with mathematics difficulty. *Remedial and Special Education*, 45(4), 216-229. <https://doi.org/10.1177/07419325231206483>
- Sezgin, A. N. (2019). Çoklu temsillerle öğretimin 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel anlama seviyelerine ve cebirsel problem çözme sürecine etkisinin incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Sezgin, S., & Fırat, M. (2020). Covid-19 pandemisinde uzaktan eğitime geçiş ve dijital uçurum tehlikesi. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 37-54.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Skemp, R. R. (1978). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20–26.
- Smith, J. A., Flowers, P., & Larkin, M. (2009). *Interpretative phenomenological analysis: Theory, method and research*. London, UK: Sage.
- Şengül, S., & Mançoğlu Kaplan, E. (2024). Matematik öğretmenlerinin temsil kullarımlarının örüntü genelleme problemleri bağlamında video temelli olaylarla incelenmesi. *Pearson Journal*, 8(28), 1246–1268. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11582188>
- Türer, G., & Cantürk Günhan, B. (2022). Türkiye’de matematik eğitiminde çoklu temsiller ile ilgili yapılan çalışmaların incelenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(3), 214-236.

- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2020). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally* (11th ed.). Pearson.
- Van Manen, M. (2023). *Phenomenology of practice: Meaning-giving methods in phenomenological research and writing*. NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003228073>
- Yanık, H. B. (2016). Matematik öğretiminde kavramsal anlamaya dayalı yaklaşımlar. İçinde E. Bingölbali, M. F. Özmantar & H. Akkoç (Eds.), *Matematiksel kavram yanlışları ve çözüm önerileri* (pp. 17–40). Pegem Akademi.
- Yavuz-Mumcu, H. (2023). Farklı temsiller arası ilişkilendirme. İçinde H. Yavuz Mumcu, A. Osmanoğlu, & H. Korkmaz (Eds.), *Matematik eğitiminde ilişkilendirme* (ss. 72-119). Pegem A.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, A., & Kostur, M. (2021). Rethinking principles of school mathematics during the COVID-19 Pandemic: A multiple-case study on higher education courses related to teaching mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(3), em0653. <https://doi.org/10.29333/iejme/11103>
- Yuhasriati, Y., Johar, R., Khairunnisak, C., Rohazati, U., Jupri, A., & Zubaidah, T. (2022). Students mathematical representation ability in learning algebraic expression using realistic mathematics education. *Jurnal Didaktik Matematika*, 9(1), 151-169.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)





Uzaktan Eğitim Sürecinde Sınıf Öğretmenlerinin Matematik Derslerinde Çoklu Temsil Kullanımına İlişkin Görüşleri

Yasemin KAPLAN KİRTENOĞLU¹, Mehmet Koray SERİN², Adem YILMAZ³

Öz

Bu çalışmanın temel amacı, sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerindeki çoklu temsil kullanımlarına yönelik görüşlerini, yüz yüze eğitimdeki uygulamalarıyla birlikte değerlendirerek ortaya koymaktır. Nitel araştırma desenlerinden yorumlayıcı fenomenoloji yaklaşımına göre tasarlanan çalışmaya, Kastamonu ilinde görev yapan ve kolay ulaşılabilir durum örneklemesi ile belirlenen 15 sınıf öğretmeni katılmıştır. Veriler, yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanmış ve içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. Bulgular, öğretmenlerin çoklu temsile yönelik farkındalıklarının sınırlı olduğunu, dijital platformlarda temsilleri çeşitlendirmenin zorlayıcı bulunduğunu ve bu konuda destekleyici eğitimlere ihtiyaç duyduklarını ortaya koymuştur. Öğretmenlerin temsilleri daha çok somutlaştırma amacıyla kullandıkları, temsiller arası ilişkilendirme ve dönüşüm süreçlerinde ise güçlük yaşadıkları belirlenmiştir. Ayrıca öğretmenlerin yüz yüze eğitimde çoklu temsil uygulamalarını daha etkin buldukları belirlenmiştir. Çalışma, çoklu temsillerin uzaktan eğitimde etkili kullanımına ilişkin öneriler sunmakta ve öğretmen eğitimine katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, öğretmenlerin özellikle dijital temsilleri pedagojik olarak etkili biçimde bütünleştirebilmeleri için hem teknoloji hem de çoklu temsil temelli hizmet içi eğitimlerle desteklenmeleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Çoklu temsil
Matematik eğitimi
Sınıf öğretmeni
Yüz yüze eğitim
Uzaktan eğitim

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 17.05.2025
Kabul Tarihi: 12.12.2025
E-Yayın Tarihi: 31.12.2025

¹ Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye, yasemin3757@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2158-1726>

² Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Türkiye, mkserin@kastamonu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4104-5902>

³ Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Türkiye, yilmazadem@kastamonu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1424-8934>

Giriş

Matematik eğitiminin temel sorunlarından biri, matematiğin nasıl daha etkili öğretilbileceği sorusuna yanıt aramaktır. Ulusal ve uluslararası çerçeve belgeler (CCSSI, 2010; MEB, 2018; 2024; NCTM, 2000) anlamlı öğrenmenin matematik öğretiminin merkezinde yer alması gerektiğini vurgulamaktadır. Anlamlı öğrenme, bireyin yeni karşılaştığı bilgiyi mevcut bilgi yapılarıyla ilişkilendirmesiyle oluşur. Bu süreç, bilgilerin zihinde yapılandırılması, karşılaştırma ve ilişkilendirme gibi bir dizi bilişsel işleme dayanır (Yanık, 2016; Yavuz Mumcu, 2023). Ancak matematiğin soyut doğası, bu yapılandırma sürecini öğrenciler için güçleştirmekte, bu da öğrenmenin derinliğini sınırlayabilmektedir.

Skemp'in (1978) "ilişkisel anlama" ve "işlemsel anlama" ayrımı bu durumu açıklamada temel bir çerçeve sunar. İşlemsel anlama, kuralların ve algoritmaların uygulanmasını içerirken; ilişkisel anlama, ne yapıldığını ve neden yapıldığını kavramaya odaklanır. Dolayısıyla, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını derinleştirmek amacıyla matematiksel bilgilerin çok yönlü temsillerle sunulması gerekmektedir (Van de Walle vd., 2020). Özellikle çoklu temsillerin (sözel, görsel, sembolik, somut, dijital vb.) öğrenme sürecine dâhil edilmesi, öğrencilerin soyut matematiksel fikirleri daha anlamlı şekilde yapılandırmalarını destekler (Cullen vd., 2020; Greno ve Hall, 1997; Türer & Cantürk Günhan, 2022). Bu noktada çoklu temsillerin yalnızca farklı gösterimler sunmakla kalmayıp, bilişsel süreçleri düzenleme, yanlış anlamaları azaltma ve kavram inşasını destekleme gibi işlevleri bulunduğu belirtilmektedir (Ainsworth, 2006). Bu nedenle, çoklu temsiller hem anlamlı öğrenmenin hem de ilişkisel anlamının geliştirilmesinde anahtar bir araç olarak görülebilir.

Covid-19 pandemisiyle birlikte öğretimin hızla çevrim içi ortamlara taşınması, temsillerin kullanımıyla ilgili pedagojik düzenlemeleri zorunlu kılmıştır. Uzaktan eğitim sürecinde öğretmenler, öğrencilerin dikkatini çekmek, kavramsal anlamayı sürdürmek ve öğrenme kayıplarını azaltmak amacıyla farklı temsil türlerine yönelmek durumunda kalmışlardır (Bozkurt ve Sharma, 2020; Yılmaz ve Kostur, 2021). Ancak bu süreçte kullanılan temsillerin etkinliği, öğretmenlerin dijital pedagojik yeterlikleri ve temsil türleri arasındaki geçişi yönetme becerileriyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle temsillerin seçimi, dönüştürülmesi ve ilişkilendirilmesi gibi üst düzey pedagojik kararlar, öğretmenlerin pedagojik alan bilgisi (PAB) ve teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) bileşenleriyle yakından bağlantılıdır. Bu bağlamda, temsillerin uzaktan eğitim ortamlarında nasıl kullanıldığını sınıf öğretmenlerinin deneyimleri üzerinden incelemek, hem temsil pedagojisi hem de dijital öğretim açısından özgün bir bakış açısı sunmaktadır.

Bu çalışma, pandemi koşullarında öğretmenlerin çoklu temsilleri nasıl kullandıkları ve bu sürece ilişkin deneyimlerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda çalışma, hem öğretmenlerin mesleki gelişim ihtiyaçlarının belirlenmesine hem de uzaktan ve harmanlanmış öğrenme ortamlarında matematik öğretimine ilişkin uygulamalara ışık tutabilecek niteliktedir. Literatürde, özellikle sınıf öğretmenlerinin bu tür bağlamlardaki çoklu temsil kullanımına yönelik deneyimlerini ele alan nitel araştırmalar sınırlıdır. Bu durum, temsil pedagojisini çevrim içi ortamlarda uygulama sürecinin nasıl deneyimlendiğine dair önemli bir araştırma boşluğu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle elde edilen bulgular, gerek öğretmen eğitimi programlarının yeniden yapılandırılması gerekse dijital pedagojik stratejilerin geliştirilmesi açısından önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Ayrıca araştırma, yorumlayıcı fenomenoloji yaklaşımıyla yürütülmüş olup, öğretmenlerin çoklu temsil kullanımına ilişkin anlam dünyalarını ve pedagojik kararlarını derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca uygulama düzeyinde değil, öğretmenlerin temsillere dair bilişsel ve pedagojik farkındalıklarının niteliğini de açığa çıkaran bir yapıya sahiptir.

Matematiksel Temsil

Temsil, bir kavramın veya olgunun başka bir biçimde gösterimi olarak tanımlanabilir (Goldin ve Kaput, 1996). Matematikte temsil, soyut düşüncelerin görsel, sembolik, sözel ya da fiziksel biçimlerde ifade edilmesini sağlar (Delice ve Sevimli, 2016). Bu temsiller aracılığıyla öğrenciler, matematiksel ilişkileri anlamlandırabilir, problemleri çözebilir ve kavramlar arasında bağlantılar kurabilirler (Huinker, 2015; Karabey ve Erdoğan, 2023). Ainsworth (1996), temsillerin sadece bilgiyi sunmakla kalmayıp aynı zamanda öğrenme üzerindeki bilişsel yükü düzenleyici bir işlevi olduğunu da vurgular. Nitekim araştırmalar, iyi yapılandırılmış temsillerin öğrencilerin bilişsel yükünü azalttığını,

kavramsal öğrenmeye katkı sağladığını ve hataları azalttığını göstermektedir (Alabdulaziz, 2021; Pape ve Tchoshanov, 2001; Satsangi ve Sigmon, 2023). Ainsworth (2006) çoklu temsiller için geliştirdiği üç işlevli taksonomi öğretiminde (tamamlayıcı bilgi sunma, yanlış anlamaları sınırlama ve kavram inşasını destekleme) temsil kullanımının neden yalnızca çeşitlilik değil, pedagojik tasarım gerektirdiğini açıklar. Bu çerçevede, öğretmenlerin temsilleri nasıl seçtiğinin ve temsiller arası ilişkileri nasıl kurduğunun öğrenme çıktıları üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Çoklu temsiller kavramı, bir matematiksel kavramın farklı biçimlerde sunulması ve bu biçimler arasında geçiş yapabilme becerisini ifade eder (Goldin ve Shteingold, 2001; Heinze vd., 2009). Lesh vd. (1987) temsilleri beş kategoriye ayırırken (gerçek yaşam durumları, manipülatif materyaller, resimler, semboller ve doğal dil), Lesh ve Doerr (2003) bu sınıflamayı diyagramlar, grafikler ve tablolarla genişletmiştir. Temsil türleri arasında geçiş yapabilmek, öğrencilerin kavramsal anlamalarını derinleştirirken, temsil türlerinde sınırlı kalan öğrenciler problem çözme süreçlerinde zorluk yaşayabilmektedir (Baroroh ve Mardiyana, 2021; Prayitno vd., 2021). Bu da temsil çeşitliliği ile ilişkisel anlama arasındaki bağı açıkça ortaya koymaktadır.

Bazı araştırmalar, öğrencilerin özellikle görsel ve sözel temsillerde daha başarılı olduğunu, ancak sembolik temsillere geçişte zorlandıklarını göstermektedir (Prayitno vd., 2021). Benzer şekilde, sanal temsil araçlarının kavramsal öğrenmeye katkısını inceleyen Satsangi ve Sigmon (2023), sanal ortamda kullanılan temsillerin özellikle matematikte güçlük yaşayan öğrencilerde kavrayışı artırdığını ve bilişsel yükü azalttığını belirtmişlerdir. Bu da dijital temsil araçlarının özellikle uzaktan eğitim ortamlarında daha etkili biçimde kullanılması gerektiğine işaret eder. Öte yandan, temsil kullanımının öğretim sürecine etkisi yalnızca temsillerin özellikleriyle değil, öğretmenlerin temsil farkındalığı, temsil dönüşümlerini yönetebilme becerisi ve pedagojik alan bilgisi ile doğrudan ilişkilidir (Dreher ve Kuntze, 2015; Friesen ve Kuntze, 2020). Bu nedenle çoklu temsil, yalnızca bir öğretim aracı değil; öğretmen bilgi temellerinin niteliğini yansıtan bir pedagojik bileşendir.

Uzaktan Eğitim Sürecinde Çoklu Temsil Kullanımı

Covid-19 pandemisi, eğitim sistemlerini ani bir şekilde uzaktan eğitime geçmeye zorlamış; bu da öğretmenlerin öğretim stratejilerini ve araçlarını hızla dönüştürmesini gerektirmiştir (Borba, 2021; Huang vd., 2022; Sezgin ve Fırat, 2020). Bu dönemde öğretmenler, öğrencilere matematiksel kavramları açıklarken görsel, işitsel ve dijital temsillere daha fazla başvurmak zorunda kalmışlardır (Božić vd., 2023). Ancak yapılan çalışmalar, bu geçişin her zaman planlı ve pedagojik ilkelere dayalı biçimde gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır (Alabdulaziz, 2021; Yılmaz ve Köstür, 2021;).

Uzaktan eğitimde çoklu temsillerin etkili kullanımı, sadece sunum biçimiyle değil; aynı zamanda öğrencinin temsiller arasında geçiş yapabilme, yorumlama ve dönüştürebilme becerisiyle de ilgilidir (Božić vd., 2023; Yuhasriati vd., 2022). Bununla birlikte, öğretmenlerin temsilleri etkili kullanabilmesi için hem pedagojik hem de teknolojik becerilere sahip olması gereklidir (Huang vd., 2022). Bu bağlamda TPAB çerçevesi, çoklu temsil kullanımının uzaktan eğitim ortamlarında neden sınırlı kaldığını anlamada önemli bir teorik araç sunmaktadır. Öğretmenlerin teknoloji bilgisi, pedagojik bilgisi ve içerik bilgisi arasındaki etkileşim, temsillerin dijital ortama nasıl uyarlandığını doğrudan belirlemektedir (Mishra ve Koehler, 2006). Bu açıdan bakıldığında, uzaktan eğitimde öğretmenlerin çoklu temsilleri ne derece işlevsel kullandıkları, ne tür zorluklar yaşadıkları ve bu sürece yönelik algıları önem arz etmektedir. Özellikle temsillerin dijital araçlarla bütünleştirilmesi, temsil türlerinin dönüşümünü destekleyecek pedagojik tasarım bilgisi gerektirdiğinden, sınıf öğretmenlerinin bu süreçteki deneyimlerinin incelenmesi kritik bir gereklilik hâline gelmektedir. Bu çalışma, tam da bu gereklilikten hareketle, uzaktan eğitim bağlamında sınıf öğretmenlerinin çoklu temsil kullanımına ilişkin deneyimlerini derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda, bu araştırmanın amacı sınıf öğretmenlerinin Covid-19 sürecinde yürütülen uzaktan eğitimde matematik derslerinde çoklu temsilleri nasıl kullandıklarına ve bu kullanıma ilişkin görüşlerine odaklanmaktır. Bu kapsamda öğretmenlerin deneyimleri, karşılaştıkları zorluklar, kullandıkları temsil türleri ve bu temsillerin öğrencilerin anlamasına etkisine ilişkin görüşleri ele alınmıştır. Böylelikle hem temsil kullanımının niteliği hem de öğretmenlerin mesleki gelişim gereksinimlerine dair ipuçları elde edilmesi hedeflenmiştir.

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Bu araştırma, sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına ilişkin görüşlerini derinlemesine incelemek amacıyla nitel araştırma yaklaşımıyla yürütülmüştür. Nitel araştırmalar, bireylerin yaşantılarına ilişkin anlam ve yorumlarını ortaya koymayı hedefler (Merriam, 2009). Bu doğrultuda araştırmada, nitel desenlerden biri olan fenomenoloji benimsenmiştir. Fenomenoloji, bireylerin belirli bir yaşantıya ilişkin öznel algılarını ve deneyimlerini anlamayı amaçlayan bir yaklaşımdır (Smith vd., 2009; van Manen, 2023). Çalışmada özellikle yorumlayıcı (interpretatif) fenomenoloji yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, katılımcıların deneyimlerine ilişkin anlamların yalnızca betimlenmesiyle sınırlı kalmayıp, araştırmacının verilerle etkileşim hâlinde derinlemesine yorum üretmesini gerektirir. Araştırmacı, analiz sürecinde yalnızca betimleme ile yetinmemiş; katılımcı ifadelerini anlamlandırırken kendi önyargılarının farkında olmuş ve bu önyargıların analiz üzerindeki olası etkilerini sürekli olarak sorgulamıştır (Creswell, 2013; Smith vd., 2009; van Manen, 2023). Bu bağlamda araştırmacı, sürece yalnızca veri toplayıcı değil, aynı zamanda yorumlayıcı bir rol üstlenerek katılmıştır. Fenomenolojinin tercih edilmesinin temel nedeni, öğretmenlerin çoklu temsil kullanımına ilişkin uzaktan eğitim deneyimlerini kendi bağlamsal koşulları içinde derinlemesine anlamaya ve yorumlamaya olanak sağlamasıdır.

Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu, 2020–2021 eğitim-öğretim yılında Kastamonu il merkezindeki devlet okullarında görev yapan 8'i kadın, 7'si erkek olmak üzere toplam 15 sınıf öğretmeni oluşturmaktadır. Katılımcıların belirlenmesinde, araştırmaya hız ve pratiklik kazandırması amacıyla kolay ulaşılabilir durum örnekleme tercih edilmiştir. Bu örnekleme yöntemi, araştırmacının erişiminin kolay olduğu bireyleri seçmesine imkân tanır. Ancak bu durum, elde edilen verilerin genellenebilirliği ve güvenilirliği açısından sınırlılıklar doğurabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu sınırlılığı azaltmak amacıyla, öğretmenlerin farklı okullarda görev yapmaları, farklı yaş grupları ve sınıf düzeylerinde öğretim yapmaları ve mesleki kıdem açısından çeşitlilik göstermeleri dikkate alınarak maksimum çeşitlilik sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca, tüm katılımcılar gönüllülük esasına göre araştırmaya dâhil edilmiştir. Bu yaklaşım, fenomenolojik araştırmalarda katılımcı çeşitliliği yoluyla deneyimlerin farklı boyutlarının görünür kılınmasını destekleyen bir strateji olarak görülmüştür. Tablo 1'de, katılımcı öğretmenlerin cinsiyet, yaş, mesleki kıdem ve görev yaptıkları sınıf düzeyine ilişkin dağılımlarına yer verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma grubunu oluşturan sınıf öğretmenlerine yönelik bazı bilgiler

| Değişken | Alt değişken | f |
|---------------------------|-----------------|---|
| Cinsiyet | Kadın | 8 |
| | Erkek | 7 |
| Yaş | 20-30 yaş | 1 |
| | 31-40 yaş | 8 |
| | 41-50 yaş | 6 |
| Mesleki kıdem | 0-5 yıl | 1 |
| | 6-10 yıl | 1 |
| | 11-15 yıl | 4 |
| | 16-20 yıl | 5 |
| | 21 yıl ve üzeri | 4 |
| Öğretmenlik yaptığı sınıf | 1.sınıf | 6 |
| | 2.sınıf | 3 |
| | 3.sınıf | 2 |
| | 4.sınıf | 4 |

Tablo 1’de, katılımcı öğretmenlerin cinsiyet, yaş, mesleki kıdem ve görev yaptıkları sınıf düzeyine ilişkin dağılımlarına yer verilmiştir. Verilere göre öğretmenlerin çoğunluğu 11 yıl ve üzeri mesleki kıdeme sahip olup, 31–40 yaş aralığında yoğunlaşmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Bu araştırmada veriler, geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Form, sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına ilişkin görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlayan açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Görüşme formunda yer alan örnek sorulardan bazıları şunlardır:

- “Matematik öğretim sürecinde çoklu temsil kullanımının amaç ya da amaçları size göre nelerdir?”
- “Yüz yüze eğitim-öğretim sürecinde çoklu temsil kullanımı kapsamında matematik derslerinde ne tür çalışmalar yapıyorsunuz?”
- “Uzaktan eğitimle yürüttüğünüz matematik dersinde çoklu temsil kullanımı kapsamında ne tür çalışmalar yaptınız?”

Formun geliştirilme sürecinde ilk olarak, çoklu temsil kullanımı ve uzaktan eğitim konularında literatür taranarak taslak bir görüşme formu hazırlanmıştır. Bu taslak, biri matematik eğitimi, diğeri eğitim bilimleri alanında uzman iki akademisyen ile iki sınıf öğretmenine sunulmuştur. Uzmanlardan formun kapsam geçerliliği, soru ifadesi açıklığı ve içerik tekrarları konusunda görüş istenmiştir. Gelen dönütler doğrultusunda bazı sorular yeniden yapılandırılmış, benzer içerikte olanlar birleştirilmiş ve toplamda 9 açık uçlu sorudan oluşan son hâli oluşturulmuştur. Ardından, araştırma grubuna dâhil olmayan iki öğretmenle pilot görüşmeler gerçekleştirilmiş, soruların anlaşılabilirliği test edilmiş ve revizyona ihtiyaç duyulmadığı görülmüştür. Bu süreç, nitel veri toplama araçlarının geçerliliğini artırmak için önerilen temel adımlara uygun şekilde yapılandırılmıştır (Patton, 2014).

Yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler, eğitim ve sosyal bilimlerde en sık kullanılan veri toplama yöntemlerinden biridir (Uslu ve Demir, 2023). Özellikle fenomenolojik desenli çalışmalarda temel veri kaynağı olarak kabul edilir ve katılımcıların deneyimlerini kendi kelimeleriyle ifade etmelerine olanak tanır (Creswell, 2009). Bu araştırmada da veriler, sınıf öğretmenleriyle yapılan bireysel görüşmeler yoluyla elde edilmiştir. Görüşmelere geçmeden önce araştırmanın amacı tekrar açıklanmış, ses kaydı alınacağı belirtilerek katılımcıların sözlü onayı alınmıştır. Tüm görüşmeler 01.06.2021–01.09.2021 tarihleri arasında çevrim içi ortamda gerçekleştirilmiş ve her biri ortalama 35 dakika sürmüştür. Görüşmeler sırasında katılımcıların kendi deneyimlerini rahatlıkla aktarabilmeleri amacıyla güven temelli ve esnek bir görüşme atmosferi oluşturulmuştur.

Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. İlk olarak öğretmenlerle yapılan görüşmeler ses kaydı aracılığıyla kaydedilmiş, ardından bu kayıtlar kelimesi kelimesine yazıya aktarılmıştır. Yazılı hâle getirilen veriler, nitel veri analizi ilkeleri doğrultusunda sistematik bir biçimde incelenmiştir. İçerik analizi, metinlerden bağlama uygun, tekrarlanabilir ve geçerli çıkarımlar yapmaya olanak sağlayan bir analiz yöntemidir (Krippendorff, 2018). Bu çalışmada, içerik analizine dayalı veri çözümlenmesi süreci, Yıldırım ve Şimşek’in (2013) önerdiği dört aşamalı içerik analizi süreci esas alınarak gerçekleştirilmiştir: (1) verilerin kodlanması, (2) kodlardan temaların belirlenmesi, (3) verilerin temalara göre düzenlenmesi, (4) bulguların tanımlanması ve yorumlanması. Bu süreçte görüşme metinleri satır satır okunmuş, öğretmen ifadelerinden anlamlı birimler belirlenerek kodlar oluşturulmuştur. Benzer içerikteki kodlar gruplanarak temalar türetilmiş ve her tema, bulgular bölümünde ayrı bir tablo aracılığıyla sunulmuştur. Görüşme verileri temalara göre düzenlenmiş ve katılımcı ifadelerine doğrudan yer verilerek yorumlanmıştır. Bu analiz yaklaşımı, içerik analizinde güvenilirlik ve şeffaflık ilkesini esas alan yapılandırılmış bir sürece dayanmaktadır (Bengtsson, 2016). Kodlama süreci araştırmacılar tarafından yürütülmüş, anlam birimleri üzerinden ortak analiz yaklaşımı geliştirilmiş ve analiz sürecinde araştırmacılar arası tutarlılık gözetilmiştir.

Geçerlik-Güvenirlik Çalışmaları

Nitel araştırmalarda geçerlik kavramı yerine genellikle “inanılabilirlik” kavramı tercih edilmektedir (Rüzgar vd., 2023). Bu araştırmada inanılabilirliğin sağlanması amacıyla geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu, uygulama öncesinde biri temel eğitim matematik eğitimi, diğeri eğitim bilimleri alanında uzman iki akademisyenin ve iki deneyimli sınıf öğretmenin görüşleri alınarak değerlendirilmiş ve revize edilmiştir. Görüşme formu ayrıca çalışma grubunda yer almayan iki öğretmenle pilot uygulamaya tabi tutulmuştur. Veri toplama sürecinde katılımcıların gönüllülük esasına göre belirlenmesine ek olarak, öğretmenlerin görev yaptıkları okullar, mesleki kıdemleri ve ders verdikleri sınıf düzeyleri gibi değişkenlerde çeşitliliğe dikkat edilmiştir. Böylece verilerin farklı bağlamlardan elde edilerek zenginleştirilmesi hedeflenmiştir. İnanılabilirliği artırmak amacıyla elde edilen veriler tablolar hâlinde okuyucuya sunulmuş, her tablonun altında ilgili bulguları destekleyen doğrudan katılımcı alıntılarına yer verilmiştir. Ayrıca araştırmacıların her biri analiz sürecine aktif biçimde katılmış; kodlama ve tema oluşturma süreçleri karşılaştırmalı olarak yürütülmüş ve ortak görüş birliği sağlanmıştır. Güvenirliğin sağlanması amacıyla kodlayıcılar arası uyum analizine başvurulmuştur. Araştırmacılar arasında elde edilen uyum düzeyi Cohen Kappa katsayısı ile hesaplanmış ve yaklaşık %90 oranında görüş birliği tespit edilmiştir. Bu yaklaşım, nitel araştırmalarda güvenirliliği artırmak için önerilen yöntemler arasında yer almaktadır (Miles ve Huberman, 1994).

Etik İlkeler ve Katılımcı Onamı

Araştırma sürecinde etik kurallara titizlikle uyulmuştur. Veri toplama sürecine geçilmeden önce, çalışmanın amacı ve kapsamı katılımcı öğretmenlere açık bir şekilde ifade edilmiş; görüşmelerin ses kaydına alınacağı ve elde edilen bilgilerin yalnızca bilimsel amaçla, gizlilik ilkesi gözetilerek kullanılacağı belirtilmiştir. Katılımcıların tamamından gönüllülük esasına dayalı olarak sözlü onam alınmıştır. Görüşme kayıtları ve yazılı dokümanlar kişisel bilgilerden arındırılmış, tüm katılımcı kimlikleri anonimleştirilmiştir.

Bulgular

Araştırmada ilk olarak çalışma grubunda yer alan öğretmenlere çoklu temsil kullanımına en çok ihtiyaç duyulan ders ya da derslerin neler olduğu ve bu ihtiyacın nedenleri sorulmuş, elde edilen bulgular tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Çoklu temsil kullanımına en çok ihtiyaç duyulan dersler ve ihtiyaç duyulma nedenleri

| Dersler | f | İhtiyaç duyulma nedenleri | f |
|-----------------|----|--|----|
| Matematik | 15 | Soyut konu/kavramların somutlaştırılması | 12 |
| Türkçe | 4 | Dersin anlaşılmasını kolaylaştırma | 3 |
| Fen Bilgisi | 3 | | |
| Sosyal Bilgiler | 2 | Hazırbulunuşluğu sağlayabilme | 2 |
| Tüm dersler | 2 | | |

*Frekans değerlerinin çalışma grubunda yer alan öğretmen sayısından daha fazla olmasının nedeni katılımcıların birden fazla yanıt vermesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 2 incelendiğinde sınıf öğretmenleri, çoklu temsil kullanımına en fazla ihtiyaç duydukları dersin matematik (f=15) olduğunu ifade etmişlerdir. Matematik dersini sırasıyla Türkçe (f=4), Fen Bilgisi (f=3) ve Sosyal Bilgiler (f=2) dersleri izlemiştir. Buna ilaveten sınıf öğretmenleri “çoklu temsil kullanımına neden ihtiyaç duyuyorsunuz?” sorusuna en fazla soyut konu ya da kavramların somutlaştırılmasını sağlama (f=12) durumunu gerekçe göstermişlerdir. Bunun yanı sıra dersin farklı örnek ve materyaller kullanılarak anlaşılmasının kolaylaştırılması (f=3) ve yeni konuların öğretimi noktasında hazırbulunuşluğun sağlanmasına imkân vermesi (f=2) öğretmenlerin öne sürdüğü diğer gerekçeler olmuştur. Öğretmenlerin açıklamalarına bakıldığında Ö15, “*Matematik, sayı kavramı başlı başına zaten soyut olduğundan dolayı matematik dersini somutlaştırmamız lazım.*” ifadesiyle matematik dersini özellikle ön plana çıkarırken gerekçe olarak da somutlaştırmayı vurgulamıştır. Benzer şekilde Ö1 “*Sosyal Bilgiler ve Türkçe derslerinde kullanıyoruz, bütün derslerde kullanıyoruz ama en çok Matematik ve Fen dersinde kullanıyoruz. Çünkü bu derslerin somutlaştırılması gerekiyor.*” ifadesiyle tüm derslerde çoklu temsil kullanımına yer verdiğini ancak özellikle matematik ve fen derslerinde daha

sıklıkla başvurduğunu ifade etmiş ve yine somutlaştırma kavramını ön plana çıkarmıştır. Hazırbulunuşluğa vurgu yapan Ö4, “Benim okulumda çocukların ön hazırlığı yok. Hayat Bilgisi hariç Türkçe ve Matematikte bu tarz etkinliklere daha çok yer vermeye çalışıyorum. Özellikle matematikte, çünkü çocukların alt yapısı yok.” açıklamasını yapmıştır. Bu bulgular, öğretmenlerin çoklu temsil kullanımını çoğunlukla “somutlaştırma” işleviyle ilişkilendirdiklerini göstermekte; temsillerin pedagojik olarak farklı amaçlara hizmet edebileceğine dair farkındalıklarının sınırlı olabileceğine işaret etmektedir.

Araştırmanın sonraki aşamasında sınıf öğretmenlerine “Size göre matematik derslerinde çoklu temsil kullanımının amaçları nelerdir?” sorusu yöneltilmiş ve ulaşılan bulgulara tablo 3’ te yer verilmiştir.

Tablo 3. Matematik öğrenme-öğretme süreçlerinde çoklu temsil kullanımının amaçları

| Amaçlar | f |
|--|----|
| Gerçek hayatla ilişkilendirme, somutlaştırma | 11 |
| Dersin anlaşılabilirliğini artırma | 7 |
| Farklı yöntem kullanım imkânı | 3 |
| Farklı zekâ türlerine hitap etme | 2 |

Tablo 3’te yer alan bulgulara göre sınıf öğretmenleri, matematik konularının öğretiminde çoklu temsil kullanımının gerekçesini çoğunlukla somutlaştırma ya da gerçek hayatla ilişkilendirme (f=11) olarak açıklamışlardır. Buna ilaveten sınıf öğretmenleri tarafından özellikle vurgulanan diğer amaçlar dersin anlaşılabilirliğini artırma (f=7), farklı yöntemlerin işe koşulmasına imkân sağlama (f=3) ve farklı zeka türlerine hitap etme (f=2) olmuştur. Araştırmaya katılan öğretmenlerden Ö4, “Matematik çocuklara soyut geliyor. Ne kadar somutlaştırırsak, günlük hayatlarından ne kadar örnek verir, günlük hayatla ne kadar ilişkilendirebilirsek anlamaları o kadar kolay oluyor.” ifadesiyle somutlaştırma ve gerçek hayatla ilişkilendirmeye değinmiştir. Ö2 ise “Çocuğa konuyu kavratmak, konuyu kavramasını sağlamak için yapıyoruz bunu. Yani normalde de bir öğretmen konuyu verebilir ama soyuttan somuta geçebilmek için matematik derslerinde çoklu temsil kullanıyoruz.” açıklamasıyla hem matematiksel kavramların somutlaştırılmasına hem de matematik konularının anlaşılabilirliğinin artmasına vurgu yapmıştır. Bu açıklamalar, öğretmenlerin temsilleri daha çok “anlamayı kolaylaştırma” aracı olarak gördüklerini, ancak temsillerin kavramsal yapılandırma, genelleme veya farklı temsiller arasında geçiş sağlama gibi daha üst düzey pedagojik işlevlerine ilişkin farkındalıklarının sınırlı olabileceğini düşündürmektedir.

Araştırma kapsamında sınıf öğretmenlerine yöneltilen bir diğer soru ise salgın öncesi yüz yüze eğitim sürecinde ve salgın sonrası uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımını kapsamında ne tür etkinlikler/faaliyetler yürüttüklerine yöneliktir. Bu kapsamda elde edilen bulgular tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Sınıf öğretmenlerinin hem yüz yüze hem de uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına yönelik gerçekleştirdikleri faaliyetler

| Yüz yüze eğitim sürecinde | f | Uzaktan eğitim sürecinde | f |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Görseller/modeller kullanma | 9 | Video izleme | 9 |
| Ek materyal kullanma | 7 | Görseller/modeller kullanma | 6 |
| Etkinlik yapma/oyun oynama | 5 | Grafikler/şekiller kullanma | 3 |
| Öğrencilerin el becerilerini kullanma | 4 | Öğrencilerin el becerilerini kullanma | 3 |
| | | Etkinlik yapma/oyun oynama | 1 |

Tablo 4’teki bulgular incelendiğinde araştırmaya katılan sınıf öğretmenlerinin, henüz salgın yaşanmadan önce yüz yüze eğitim faaliyetleri devam ederken matematik derslerinde çoklu temsil kullanımını kapsamında en çok, işlenen konuya uygun görseller/modeller kullanma (f=9) faaliyetleri gerçekleştirdikleri görülmektedir. Bunun dışında öğretmenler ek materyal kullanarak (f=7), öğrencinin sürece katılımını sağlayan etkinlikler gerçekleştirip oyunlar oynatarak (f=5) ve öğrencilerin el becerilerini işe koşabilecekleri uygulamalar (f=4) gerçekleştirerek matematik derslerinde çoklu temsil kullanımını gerçekleştirdiklerini ifade etmişlerdir. Örneğin Ö6, “Akıllı tahta ile görsel temsil kullanıyordum. Sınıfın içinde çocukları sürece katıp oyun oynuyoruz. Yaş problemlerinde resim çizerim.” ifadesiyle oyun şeklinde etkinlik yaptırdığını ifade etmiştir. Öğrencilere tasarım yaptırarak

derse aktif katılımlarını sağlamayı amaçlayan Ö12 ise “*Bütün matematik konularında, kavramlarında mutlaka bir etkinlik yaptık. Birlikler onluklar getirip çocukların önüne serdik. Geometrik cisimleri çocukların yapmalarını sağladık. Köşelerini ayırılarını her yerinden incelemelerini söyledik. Kesirlerde herkesin meyve getirmesini sağladım. Metrede uzunluk ölçmede iplerle kendi karışlarını, adımlarını ölçüp birbirleriyle karşılaştırmalarını sağladım. Birbirlerinin farklı olduklarını gördüler. Tüm konularda ellerine bir şey almalarını, görmelerini sağlamaya çalıştım. Saat yapmalarını tasarlamalarını sağladık, saat üçü çeyrek geçiyor hadi herkes ayarlasın gibi uygulamalar yaptık. Öğrenmesi için de eğlenmesi gerekiyor.*” ifadesiyle hazır somut nesnelere kullanımına vurgu yaptığı gibi öğrenciler tarafından oluşturulan somut nesnelere ve uygulanan gerçek yaşam örneklerine de önemle değinmiştir.

Tablo 4’te yer alan diğer bulgu ise salgın sonrası uzaktan eğitim süreçlerinde gerçekleştirilen faaliyetlere yöneliktir. Bu kapsamda araştırmaya katılan sınıf öğretmenleri salgın sonrasında matematik derslerinde çoklu temsil kullanımını gerçekleştirmeye yönelik video izleme (f=9), işlenen konuya uygun görseller/modeller kullanma (f=6), grafikler/şekiller kullanma (f=3), öğrencilerin el becerilerini işe koşabilecekleri uygulamalar tasarlama (f=3) ve etkinlikler gerçekleştirip oyunlar oynatma (f=1) tarzında faaliyetler gerçekleştirdiklerini ifade etmişlerdir. Örneğin Ö8, “*Uzaktan eğitimde çocuklar temas edemediler ama evdeki levhalar ve bloklarla işledim. Makarnaları üst üste yapıştırdım onluk ve birlikleri görsel olarak kullandım. Bütün yarım çeyrek konusunda çocuklar kendileri meyveleri keserek konuyu işlediler. Saat yaptılar.*” açıklamasıyla yüz yüze eğitim sürecinde somut olarak dokunup kullanabildikleri bazı nesnelere sadece görselleri ile karşı karşıya kalırken bazıları ile ev ortamında yine somut olarak faydalandıklarını ifade etmiştir. Ö4 “*Kendileri yapamadığı için video izletiyorum. Videoları daha fazla kullandım.*” ifadesiyle öğrencilerin evlerinde materyal olmamasından dolayı video izleterek çoklu temsil uyguladığını belirtmiştir. Ö14 “*Video, görselleri ya da paylaşım yaptığımız tahta üzerinde görsel uyaranlarla temsilleri uyguluyorduk. Geometrik şekilleri ifade ederken kullandığımız görseller var. Bunların renklendirilmiş şekillerde farklı boyutlarda çizimlerinden oluşan görselleri kullandık.*” ifadesiyle teknolojik araçlar kullanarak şekiller çizip ders anlatımı yaptıklarını ifade etmiştir. Ö10 ise “*Materyalimiz çok fazla olmadığı için daha çok kavram haritası kullandık. Geçen yıl E-twinning projesi yapmıştık. Proje kapsamında da her ana dersten her hafta bir etkinlik yaptık, somut materyaller yaptık. Daha çok materyal yaptılar. Daha çok çocukların yapabileceği materyalleri kullandık. Çocuklara bir şeyler yaptırarak.*” ifadeleriyle uzaktan eğitimde çoklu temsil olarak şekilleri ve grafikleri kullandığını açıklamıştır. Bu bulgular, yüz yüze eğitimde temsil türlerinin çeşitliliğinin yüksek olduğunu ancak uzaktan eğitimde temsil kullanımının daha sınırlı, çoğunlukla görsel ve pasif alımla sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu durum, öğretmenlerin dijital ortamda temsil dönüşümlerini ve etkileşimli temsil kullanımını planlama konusunda zorlanabildiklerine işaret etmektedir.

Araştırmada sınıf öğretmenlerine uzaktan eğitim sürecinin, matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına nasıl etki ettiği sorulmuş ve yanıtlar kapsamında ulaşılan bulgulara tablo 5’te yer verilmiştir.

Tablo 5. Uzaktan eğitimin matematik dersinde çoklu temsil kullanım süreçlerine etkisi

| | Etki | f |
|--------------|--|---|
| Olumlu etki | Derste teknoloji kullanımının artması | 2 |
| | Kullanılan temsil türünün sınırlanması | 8 |
| | Öğrencinin aktif katılımının azalması | 8 |
| Olumsuz etki | Somut nesnelere kullanılamaması | 5 |
| | Ders içi etkinliklerin yapılamaması | 2 |
| | Ders süresinin yetersiz hale gelmesi | 2 |

Tablo 5’te yer alan bulgulara göre, araştırmaya katılan sınıf öğretmenleri uzaktan eğitim sürecinin matematik derslerinde çoklu temsil kullanım süreçleri üzerinde çoğunlukla olumsuz etki meydana getirdiğini açıklamışlardır. İki öğretmen ise hazırlıksız bir şekilde geçilen bu zorunlu sürecin matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına olumsuz etkileri olsa da derslerinde teknoloji destekli uygulamalara daha fazla yer vermelerine vesile olmasından dolayı olumlu yaklaşıklarını ifade etmişlerdir. Olumsuz etkileri ön plana çıkaran sınıf öğretmenlerinin özellikle farklı temsil türlerinin kullanılması noktasında uzaktan eğitimin kendilerini sınırlandırdığını (f=8) ve öğrencilerin aktif katılımlarının yüz yüze eğitim sürecindeki gibi olmamasından dolayı (f=8) yine çoklu temsil kullanımını yeterince verimli bir şekilde gerçekleştiremediklerini ifade etmişlerdir. Bazı öğretmenler ise uzaktan eğitim sürecinde çoklu temsil türlerinden somut model/nesne kullanımından yeterince faydalanamadıklarını (f=5) vurgulamışlardır. Konu ile ilgili Ö7 “*Kısıtlamaya yol açtı. Mesela gerçekten gidip de alışveriş yapma şansımız yoktu. Görsellerle destekleyebildik sadece.*” ifadesiyle temsil kullanımını çoğunlukla görseller üzerinden ele aldıklarını, özellikle gerçek hayat temsillerini yeterince kullanamadıklarını belirtirken, Ö10, “*Matematikte sınıf içi somut materyaller kullanamadık bir kere. Bire bir öğrenciden geri dönüt alamadım. Çoklu temsil konusunda da matematik dersi yaparak yaşayarak işlediğimiz bir dersti. Uzaktan eğitimde de bu konuda olumsuz etkilendik.*” ifadesiyle hem gerçek hayat hem de somut nesne temsilleri açısından yeterince verimli bir süreç geçiremediklerini vurgulamışlardır. Ö13 ise sürecin olumlu tarafları olduğunu belirterek “*Çoklu temsilde teknolojinin kullanımı daha avantajlı. Tek sıkıntısı somutlaştıramamak. Modellemelerin çoğu teknolojik ortamda daha kolay ve hızlı yapıldı.*” açıklamasını yapmıştır. Bu bulgular, uzaktan eğitim sürecinde temsillerin daha çok gösterim düzeyinde kaldığını; dönüşüm, etkileşim ve öğrenci-merkezlilik gibi temsillerin pedagojik boyutlarının yeterince desteklenemediğini göstermektedir. Bu durum, öğretmenlerin temsil kullanımını dijital ortama uyarlama sürecinde güçlük yaşadıklarına işaret etmektedir.

Araştırma kapsamında sınıf öğretmenlerine yöneltilen bir diğer soru ise “*Uzaktan eğitim sürecinde, matematik derslerinizde çoklu temsil kullanımına olanak sağladığınızı düşündüğünüz uygulama, web sitesi ya da teknoloji temelli araçlar nelerdir?*” olmuştur. Söz konusu soruya yönelik öğretmenlerin verdikleri cevaplar tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımını için faydalandıkları web temelli siteler ve araçlar.

| Eğitsel e-çerik platformları | f | Web 2.0 araçları/uygulamalar | f |
|------------------------------|----|------------------------------|---|
| EBA | 11 | Wordwall | 5 |
| Okulistik | 8 | Kahoot | 3 |
| Morpa kampüs | 6 | Educandi | 1 |
| Paylaşım/web siteleri | f | Mentimeter | 1 |
| Eğitimhane | 4 | Quizizz | 1 |
| YouTube | 3 | Canva | 1 |
| İlkokul1 | 2 | Çarpanga | 1 |
| Mebders | 2 | | |
| Ödevmatik | 1 | | |
| Pinterest | 1 | | |
| Web’de öğren | 1 | | |

Tablo 6 incelendiğinde sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecindeki matematik derslerini farklı temsil türleriyle zenginleştirebilme adına EBA, Okulistik ve Morpa kampüs gibi eğitsel e-çerik platformlarını daha fazla tercih ettikleri görülmektedir. Sınıf öğretmenleri eğitsel e-çerik platformlarının yanı sıra öğretmenlerin genel olarak paylaşımlarda buldukları eğitsel paylaşım sitelerinin yanı sıra genel içeri sahip web siteleri ile web 2.0 araçları ve uygulamalardan da faydalandıklarını vurgulamışlardır. Eğitsel e-çerik platformları arasında ön plana çıkan platform EBA (f=11) olurken, eğitsel paylaşım siteleri arasında eğitimhane (f=4), genel paylaşım siteleri arasında youtube (f=3), web 2.0 araçları arasında wordwall (f=5) ve kahoot (f=3) daha fazla tercih edilmiştir. Konuyla ilgili olarak Ö14, “*Ben daha çok grafik, tablet üzerinden çalışmalarımı yaptım. Bunun yanında EBA üzerinde Fatih Kalem uygulaması var. Youtube’da da eğitim videolarını kullandım.*” açıklamasını yaparken, Ö10 “*Çarpanga uygulaması var. Ben bunu yüz yüze eğitimde de kullanıyordum. EBA’yı*

kullandım. Educandi kullandık. Okulistik kesinlikle çok faydalıydı.”, Ö1 ise “Web sitesi olarak EBA, Morpa kampüs, Kahoot, Quizizz. Bunlar haricinde Canva programından etkinlikler hazırladım. İçerik üretimi ile ilgili Wordwoall sitesine de kullanıyorum.” şeklinde görüş belirtmişlerdir. Bu bulgular, öğretmenlerin dijital araçları ağırlıklı olarak görsel temsilleri sunmak için kullandıklarını; ancak etkileşimli, ilişkilendirici veya yapılandırıcı temsil türlerini pedagojik olarak bütünleştirmede daha sınırlı kaldıklarını göstermektedir.

Araştırma kapsamında sınıf öğretmenlerine son olarak “Matematik öğretim süreçlerinde çoklu temsil kullanımının öğrenciler üzerindeki etkisini hem yüz yüze hem de uzaktan eğitim süreci kapsamında nasıl değerlendiriyorsunuz?” sorusu yöneltilmiş ve yanıtlar doğrultusunda ulaşılan bulgulara tablo 7’de yer verilmiştir.

Tablo 7. Matematik öğretiminde çoklu temsil kullanımının hem yüz yüze hem uzaktan eğitim süreçleri kapsamında değerlendirilmesi

| | |
|---|----|
| Çoklu temsil kullanımı | f |
| Yüz yüze eğitimde daha etkili | 10 |
| Her iki eğitim şeklinde de faydalı kullanım | 4 |
| Uzaktan eğitimde daha etkili | 1 |

Tablo 7’ da yer alan bulgular incelendiğinde araştırmaya katılan sınıf öğretmenlerinin matematik derslerinde farklı temsil türlerinden yararlanma ve çoklu temsil kullanımından verim sağlama noktasında yüz yüze eğitimi (f=10) daha fazla tercih ettikleri görülmektedir. Bazı sınıf öğretmenleri (f=3) eğitim-öğretim süreçlerinin yüz yüze ya da uzaktan gerçekleşmesinin çoklu temsil kullanım durumları üzerinde çok fazla etkisinin olmayacağını belirterek her iki eğitim sürecinde de farklı temsil türlerini verimli bir şekilde kullanabileceklerini ifade etmişlerdir. Bir sınıf öğretmeni ise özellikle teknolojik araçlarla desteklenen matematik öğrenme-öğretme süreçlerinin uzaktan eğitim faaliyetleri kapsamında çoklu temsil kullanımına daha uygun olduğunu belirtmiştir. Ö15 “Sadece gördüğünün yüzde yirmisi, işittiğinin yüzde ellisi hem işittiğin hem gördüğünün yüzde sekseni kalır diye bir şey var. Kullanılan her teknoloji ya da görsel işitsel dokunsal materyaller öğrenmeyi daha kalıcı hale getiriyor. Uzaktan eğitime geçmeden bunları kullanıyorduk ama materyaller sadece görsel ya da işitsel olarak kalıyordu. Ama uzaktan eğitimde görsel işitsel dokunsal duyulara hitap edecek şekilde dersler anlatıldığı için öğrencilerin öğrenmesi daha kolay oldu. Öğrenme açısından daha olumlu etkilendiklerini düşünüyorum.” ifadesiyle uzaktan eğitimin daha fazla duyuya hitap ettiği için daha yararlı olduğunu belirtmiştir. Bu bulgular, öğretmenlerin çoklu temsil kullanımını daha çok yüz yüze ortama uygun bir öğretim stratejisi olarak gördüklerini; dijital ortamda ise temsil çeşitliliğini sürdürmede ve öğrenci etkileşimini sağlamada güçlük yaşadıklarını düşündürmektedir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına yönelik görüş ve deneyimlerinin incelendiği bu çalışmada, ilk olarak çoklu temsil kullanımına en çok ihtiyaç duyulan dersler ve bunun nedenleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre çoklu temsil kullanımının en çok matematik dersinde gerekli görüldüğü belirlenmiştir. Benzer şekilde, Eroğlu ve Tanışlı (2021) çoklu temsil uygulamalarının en sık kullanıldığı dersin matematik olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcılar, yalnızca matematik değil; soyut kavramların yoğun olduğu tüm ilkökul derslerinde anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi için çoklu temsillerle somutlaştırmanın gerekli olduğunu ifade etmiştir. Nitekim literatürde, çoklu temsil kullanımının özellikle soyut matematiksel kavramların anlaşılmasında önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Ayyıldız ve Cansız Aktaş, 2022; Prain ve Waldrup, 2006; Sezgin, 2019). Bulgular, mevcut çalışmada öğretmenlerin çoklu temsilleri ağırlıklı olarak “somutlaştırma işlevi” bağlamında değerlendirdiklerini göstermekte; temsilin kavramsal yapılandırma, genelleme veya temsiller arası dönüşüm gibi daha üst düzey pedagojik işlevlerine ilişkin farkındalıklarının sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, Ainsworth’un (2006) temsil işlevleri çerçevesinde tanımladığı yapılandırıcı ve kısıtlayıcı rollerin öğretmenler tarafından yeterince işletilmediğini göstermektedir.

Öğretmenler, matematikte çoklu temsil ihtiyacını sıklıkla “somutlaştırma”, “gerçek hayatla ilişkilendirme” ve “anlaşılabilirlik” kavramlarıyla açıklamışlardır. Bu bağlamda, matematiksel kavramların sözel problemler yoluyla günlük yaşamla ilişkilendirilmesinin kavramsal öğrenmeye katkı sunduğu ve modelleme süreciyle bütünleştiği ifade edilebilir (Gainsburg, 2008). Bu açıklamalar, temsil kullanımının yalnızca görsel ya da fiziksel araçlarla sınırlı olmadığını, aynı zamanda bilişsel olarak öğrenme sürecini yapılandırmaya yardımcı bir çerçeve sunduğunu göstermektedir. Ancak öğretmen ifadelerinin büyük ölçüde temsillerin “tamamlayıcı” işlevine odaklanması, Ainsworth’un (2006) temsil işlevleri çerçevesinde tanımlanan “kısıtlama” ve “yapılandırma” rollerinin öğretmenler tarafından yeterince fark edilmediğini göstermektedir. Ainsworth vd.’nin (2002) farklı temsil sistemlerinin öğrenmeye etkisini inceleyen çalışması da temsil çeşitliliğinin tek başına yeterli olmadığını; temsil sistemlerinin nasıl tasarlandığının öğrenme üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Pandemiyle birlikte ani şekilde geçilen uzaktan eğitim süreci, öğretmenlerin öğretim rutinlerini yeniden yapılandırmalarını zorunlu kılmıştır. Araştırma bulguları, öğretmenlerin yüz yüze eğitimde somut materyalleri daha yoğun kullandıklarını, ancak bu tür temsilleri uzaktan eğitimde yeterince sürdüremediklerini göstermektedir. Sınıf ortamında somut araçlarla desteklenen öğrenme süreçleri, uzaktan eğitimde yerini daha çok videolar, sunumlar veya dijital platformlara bırakmıştır. Bu durum, öğretmenlerin uzaktan eğitimde çoklu temsil kullanımını sınırlı düzeyde sürdürmelerine neden olmuştur. Heddens ve Speer’in (1997) önerdiği gibi, temsil türlerinin somut olandan soyuta doğru yapılandırılması, öğrencinin kavramsal gelişimi açısından önemlidir. Ancak öğretmenlerin görüşlerinden, uzaktan eğitimde bu geçişin çoğu zaman sağlanamadığı anlaşılmaktadır. Bu sonuç, dijital ortamda temsiller arası bağlantı kurma ve temsilleri bilişsel açıdan bütüncül bir yapıda sunma konusunda öğretmenlerin yeterli pedagojik destek ve tasarım bilgisinden yoksun olabileceğini göstermektedir. Ryken (2009) da öğretmenlerin temsiller üzerinden öğrencinin düşünme süreçlerini fark etme becerilerinin sınırlı olmasının öğrenme fırsatlarını azaltabileceğini vurgulamaktadır.

Öte yandan, öğretmenlerin çoklu temsil kavramına yönelik pedagojik alan bilgisi eksiklikleri de dikkat çekmektedir. Görüşmelerde, temsil türlerinin yalnızca somut nesnelere, görseller veya oyun temelli etkinliklerle sınırlı olarak algılandığı; sözel, sembolik, grafiksel ya da cebirsel temsillerin çoğunlukla ihmal edildiği görülmüştür. Bu durum, öğretmenlerin çoklu temsile ilişkin kavram bilgisinin sınırlı olduğunu ve uygulamalarda bu bilginin derinliğinden yeterince faydalanılmadığını göstermektedir (Bicer, 2021; Hidayat vd., 2024). Özellikle Prayitno vd. (2021), öğretmen adaylarının çoklu temsilleri birbirine dönüştürme yeterliliklerinin, kavramsal anlama ile doğrudan ilişkili olduğunu ifade etmektedir. Sınıf öğretmenlerinin çoklu temsil kullanımındaki eksiklikleri, bu bağlamda pedagojik alan bilgisi (Shulman, 1986) yetersizliğiyle ilişkilendirilebilir. Bu bağlamda, öğretmenlerin temsil türleri arasındaki ilişkileri fark etme ve bu ilişkileri öğretim tasarımına yansıtma becerilerinin sınırlı olması, pedagojik alan bilgisi bileşenlerinin zayıf geliştiğine işaret etmektedir. Bu sonuçlar, Dreher ve Kuntze’nin (2015) öğretmenlerin temsiller arası bağlantıları fark etme ve pedagojik olarak yorumlama süreçlerinde zorlandıklarını gösteren bulgularıyla tutarlıdır. Ayrıca Friesen ve Kuntze (2020), temsil kullanımına ilişkin profesyonel bilgi temellerinin sınırlı olmasının öğretmenlerin sınıf içi kararlarını doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır. Şengül ve Mançoğlu Kaplan’ın (2024) video temelli olaylar üzerinden yürüttüğü çalışma ise öğretmenlerin temsiller arası geçişleri kurmakta ve problem durumlarını temsil perspektifinden analiz etmekte zorlandığını göstermekte; bu da mevcut bulgularla uyum göstermektedir.

Bulgulara göre uzaktan eğitimde en çok öne çıkan temsil biçimi video izleme olmuştur. Ancak öğretmenler, izlenen videoların hangi temsil türünü içerdiği ve bu temsillerin öğrenmeye nasıl katkı sunduğu konularında net ifadeler kullanmamıştır. Benzer şekilde, grafik, tablo ve şekil gibi temsillerin uzaktan eğitimde sınırlı da olsa kullanıldığı görülse de bu uygulamalar genellikle öğretmenin teknolojik yeterliliğine ve erişimine bağlı olarak şekillenmiştir. Huang vd. (2022), Çin bağlamında yürüttükleri çalışmada, ani geçilen çevrim içi öğretim sürecinde öğretmenlerin dijital araçlarla temsilleri yeterince bütünleştiremediklerini vurgulamaktadır. Bu, mevcut araştırma bulgularıyla da örtüşmektedir. Öğretmenlerin videoları çoğunlukla “hazır içerik tüketme” aracı olarak görmeleri, temsil pedagojisinin planlanmasına dair bilişsel farkındalıklarının sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Atasoy ve Yiğitcan Nayir (2019) da öğrencilerin EBA videolarını çoğunlukla pasif bir biçimde izlediklerini ve bu durumun

matematiksel kavrayışı sınırladığını belirtmektedir. Bu sonuç, uzaktan eğitimde video temelli temsillerin öğretmen rehberliği olmadan kavramsal anlamayı desteklemediğini göstermektedir.

Öğretmenlerin uzaktan eğitimde teknoloji destekli bazı araçlardan faydalandıkları görülmüştür: EBA, Okulistik, Morpa Kampüs, Wordwall, Kahoot gibi platformlar sıkça kullanılmıştır. Ancak bu araçların çoğu, doğrudan çoklu temsil sunmak yerine öğrenme sürecini genel olarak destekleyen yapılar olarak kullanılmıştır. Yani, öğretmenlerin bu araçları çoklu temsillerin işlevleri doğrultusunda değil, daha çok genel içerik erişimi veya etkileşim amacıyla kullandıkları anlaşılmaktadır (Baroroh vd., 2021). Bu durum, teknolojinin temsil temelli öğretimle nasıl bütünleştirileceğine dair yeterli bilgi birikiminin olmadığını da göstermektedir (Božić vd., 2023). Oysa teknoloji, yalnızca içerik sunumu değil; kavramsal geçişi sağlayacak temsil bağlantılarını da görselleştirme ve etkileşimli hale getirme gücüne sahiptir (Ainsworth ve VanLabeke, 2004; Rau vd., 2009). Mishra ve Koehler'in (2006) TPAB çerçevesi, teknolojinin pedagojik ve içerik bilgisiyle bütünleşmediği durumlarda temsillerin yüzeysel kaldığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışmada da öğretmenlerin teknoloji-temsil entegrasyonunu planlama ve uygulama konusunda sınırlı deneyime sahip oldukları görülmüştür.

Öğretmenlerin matific, mathigon, polypad gibi matematik öğretimi temelli web araçlarından veya GeoGebra gibi yazılımlardan nadiren bahsetmiş olması da dikkat çekicidir. Bu araçlar, özellikle soyut kavramların hem görsel hem sembolik hem de cebirsel temsillerle bütüncül sunulmasına imkân tanımaktadır (Debrenti, 2015; Hwang vd. 2009; Pierce vd. 2011). Öğretmenlerin teknolojiyle temsil türlerini bütünleştirme konusundaki bilgi eksikliği, öğretim etkinliklerinin derinliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle yalnızca dijital araçlara erişim değil, aynı zamanda bu araçların pedagojik kullanım biçimlerine yönelik bilgi ve beceri de kritik hale gelmektedir. Bu sonuç, temsil pedagojisinin teknolojiyle birleştiği noktada PAB ve TPAB bileşenlerinin birlikte gelişmesi gerektiğini göstermektedir.

Bazı öğretmenler, uzaktan eğitim sürecinde çoklu temsil kullanımı için daha fazla olanak sunulduğunu düşünse de genel eğilim, yüz yüze öğretimin temsil çeşitliliği ve uygulama derinliği açısından daha avantajlı olduğu yönündedir. Bu durum, öğretmenlerin özellikle teknolojiyi temsil temelli öğretimle bütünleştirme konusundaki yetersizlikleri ile açıklanabilir. Hidayat vd. (2024), teknolojik pedagojik alan bilgisi ile öğretmenlerin çoklu temsil yeterlikleri arasında anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Gücün ve Genç'in (2022) bulguları da teknoloji kullanımının temsil tercihlerini etkilediğini göstermektedir. Dolayısıyla öğretmenlerin uzaktan eğitim koşullarında temsilleri etkin şekilde kullanamamaları, yalnızca teknik sınırlılıklardan değil, aynı zamanda temsil bilgisi, pedagojik alan bilgisi ve teknoloji pedagojisi entegrasyonundaki eksikliklerden kaynaklanmaktadır.

Bu araştırma, sınıf öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde matematik derslerinde çoklu temsil kullanımına ilişkin görüş ve deneyimlerini ortaya koymuş; temsillerin öğretim sürecindeki rolüne dair önemli sonuçlar elde etmiştir. Öğretmenler, çoklu temsil kullanımını özellikle matematik konularını somutlaştırma ve günlük yaşamla ilişkilendirme bağlamında gerekli görmüşlerdir. Ancak temsil türlerinin çeşitliliği, temsiller arası ilişkiler ve bilişsel olarak yapılandırıcı temsillerin kullanımı açısından farkındalıklarının sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, öğretmenlerin temsil farkındalığı ve PAB bileşenlerinde gelişime ihtiyaç duyduğunu gösteren çalışmalarla (Dreher ve Kuntze, 2015; Friesen ve Kuntze, 2020; Ryken, 2009) tutarlıdır. Uzaktan eğitim sürecinde temsil kullanımının büyük ölçüde video, sunum ve hazır dijital içeriklerle sınırlı kaldığı; etkileşimli ve dönüştürülebilir temsil türlerinin yeterince kullanılmadığı görülmüştür. Atasoy ve Yiğitcan Nayir (2019) ile Şengül ve Mançoğlu Kaplan'ın (2024) bulguları da video temelli ve dijital içeriklerin pedagojik rehberlik olmadan kavramsal öğrenmede sınırlı etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda öğretmenlerin teknoloji ile temsilleri bütünleştirme becerilerinin, TPAB çerçevesinde bütüncül biçimde geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular ışığında, aşağıda sunulan “Uzaktan Eğitimde Çoklu Temsil Kullanımı Öğretmen Yeterlik Çerçevesi” önerilmektedir:

1. Temsil Bilgisi: Temsil türlerini bilme, temsillerin işlevlerini ayırt edebilme ve temsiller arası ilişkileri kavrama.

2. Pedagojik Temsil Bilgisi: Temsilleri kavramsal öğrenmeyi destekleyecek şekilde seçme, sıralama ve dönüştürme becerisi.
3. Dijital Temsil Entegrasyonu: Teknolojik araçları temsiller arası geçişi destekleyecek biçimde pedagojik amaçlarla bütünleştirilebilme.
4. Bağlamsal Uygulama Becerisi: Uzaktan eğitim koşullarında temsil çeşitliliğini sürdürme, öğrenci etkileşimini artıracak yollar tasarlama.

Uygulamaya yönelik öneriler kapsamında öğretmenlere çoklu temsil türleri, temsil işlevleri ve temsiller arası dönüşümler üzerine odaklanan hizmet içi eğitimler sağlanmalıdır. Özellikle GeoGebra, Polypad, Desmos ve Matific gibi araçların temsil pedagojisiyle bütünleştirilmesi konusunda uygulamalı eğitimler verilmelidir. EBA ve benzeri platformlarda çoklu temsil temelli etkileşimli içeriklerin artırılması önerilmektedir. Öğretmen eğitimine yönelik öneriler kapsamında öğretmen adayları, temsil türlerini pedagojik amaçlarla kullanmayı içeren uygulamalı derslerle desteklenmelidir. TPAB çerçevesi doğrultusunda temsil-temelli dijital tasarım etkinlikleri öğretmen eğitimi programlarına entegre edilmelidir. Araştırmacılara yönelik öneriler kapsamında ise daha geniş örneklerle yapılacak çalışmalar, öğretmenlerin farklı bağlam ve düzeylerde temsil kullanımına ilişkin genellenebilir sonuçlar sunabilir. Öğretmen uygulamalarının sınıf içi gözlem yoluyla incelendiği çalışmalar, bildirilen görüşler ile gerçek uygulamalar arasındaki farkları açığa çıkarabilir. Temsil temelli öğretimin öğrenci öğrenmesine etkisini inceleyen deneysel ve karma yöntemli araştırmalar alanyazına önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Ainsworth, S. (1996). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(94\)00029-X](https://doi.org/10.1016/0360-1315(94)00029-X)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. (2002). Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 25-61. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_2
- Ainsworth, S., & Van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14(3), 241-255. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.002>
- Alabdulaziz, M.S. (2021). COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. *Educ Inf Technol*. 26, 7609-7633. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10602-3>
- Atasoy, M. & Yigitcan Nayır, Ö. (2019). Students' opinions regarding the use of educational and information network video modules in math courses. *International Journal of Science and Education*, 2(1), 24-37.
- Ayyıldız, H. & Cansız Aktas, M. (2022) Tendencies of representation studies in mathematics education in Turkey: A thematic content analysis, *Cumhuriyet International Journal of Education*, 11(1), 127-144.
- Baroroh, U., & Mardiyana, L. F. (2021). *Student mathematical representation ability in their learning habits during the Covid-19 pandemic*. Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Surakarta, Indonesia.
- Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus Open*, 2, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>
- Bicer, A. (2021). Multiple representations and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 42, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100960>.
- Božić, R., Peics, H., & Milenković, A. (2023). Multiple representations of functions in the frame of distance learning. *Mathematics and Informatics*, LXVI(4). <https://doi.org/10.53656/math2023-4-3-mul>
- Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2020). Emergency remote teaching in a time of global crisis due to CoronaVirus pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 1-6.
- Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: Humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1), 385-400. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2>
- CCSSI. (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers.

- Uslu, F., & Demir, E. (2023). Nitel bir veri toplama tekniği: Derinlemesine görüşme. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 289-299. <https://doi.org/10.32600/huefd.1184085>
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). Sage.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage.
- Cullen, C. J., Hertel, J. T., & Nickels, M. (2020). The roles of technology in mathematics education. *The Educational Forum*, 84(2), 166–178. <https://doi.org/10.1080/00131725.2020.1698683>
- Debrenti, E. (2015). Visual representations in mathematics teaching: An experiment with students. *Acta Didactica Napocensia*, 8(1), 19–25.
- Delice, A., & Sevimli, E. (2016). Matematik eğitiminde çoklu temsiller. E. Bingölbali, S. Arslan, & İ.Ö. Zembat (Ed.), *Matematik eğitiminde teoriler* (ss. 519-537). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Dreher, A., & Kuntze, S. (2015). Teachers' professional knowledge and noticing: The case of multiple representations in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 88(1), 89–114. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9577-8>
- Eroğlu, D., & Tanışlı, D. (2021). Tahmini öğrenme yollarının uygulanması sürecinde matematik öğretmenlerinin çoklu temsil kullanımlarının gelişimi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 10(1), 299-329. <https://doi.org/10.30703/cije.718210>
- Friesen, M. E., & Kuntze, S. (2020). The role of professional knowledge for teachers' analysing of classroom situations regarding the use of multiple representations. *Research in Mathematics Education*, 22(2), 117–134. <https://doi.org/10.1080/14794802.2019.1710555>
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 199–219. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9070-8>
- Goldin, G., & Kaput, J. (1996). A joint perspective on the idea of representation in learning and doing mathematics. In L. Steffe & P. Nesher (Eds.), *Theories of Mathematical Learning* (pp. 397–430). Lawrence Erlbaum.
- Goldin, G., & Shteingold, N. (2001). Systems of representations and the development of mathematical concepts. In A. C. Cuoco (Ed.), *The roles of representation in school mathematics: 2001 yearbook* (Vol. 63rd Yearbook, pp. 1–23). NCTM.
- Greno, P., & Hall, M. (1997). Mathematical representations: Problems and perspectives. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(2), 114–120.
- Heddens, J. W., & Speer, W. R. (1997). *Today's mathematics: Concepts and classroom methods for elementary school teachers* (8th ed.). Merrill.
- Heinze, A., Star, J. R., & Verschaffel, L. (2009). Flexible and adaptive use of representations in mathematics. *ZDM*, 41, 535–540. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0190-1>
- Hidayat R, Zainuddin Z, & Mazlan NH. (2024). The relationship between technological pedagogical content knowledge and belief among preservice mathematics teachers. *Acta Physiol (Oxf)*, 249, 104432. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104432>.
- Huang, X., Lai, M.Y. & Huang, R. (2022). Teachers' changes when addressing the challenges in unexpected migration to online mathematics teaching during the COVID-19 pandemic: a case study in Shanghai. *ZDM Mathematics Education*, 54, 359–372. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01378-y>
- Huinker, D. (2015). Representation. In B. M. Steele (Ed.), *Mathematics teaching practices in action* (pp. 63–78). National Council of Teachers of Mathematics.
- Hwang, W. Y., Su, J. H., Huang, Y. M., & Dong, J. J. (2009). A study of multi-representation of geometry problem solving with Virtual Manipulatives and Whiteboard system. *Educational Technology and Society*, 12(3), 229–247. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.12.3.229>
- Karabey, B., & Erdoğan, A. (2023). K12 beceriler çerçevesi Türkiye bütüncül modeli matematik alan becerileri. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(1), 971-996. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1309180>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33–40). Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Using representations as a central focus of mathematics teacher preparation. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: A models and modeling perspective on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 33–59). Lawrence Erlbaum.

- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge*. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- MEB. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara.
- MEB. (2024). *İlkokul matematik dersi öğretim programı*. Ankara.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Pape, S. J., & Tchoshanov, M. A. (2001). The role of representations in developing mathematical understanding. *Theory into Practice*, 40(2), 118–127.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications.
- Pierce, R., Stacey, K., Wander, R., & Ball, L. (2011). The design of lessons using mathematics analysis software to support multiple representations in secondary school mathematics. *Technology, Pedagogy and Education*, 20(1), 95–112. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2010.534869>
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Prayitno, S., Lu'luilmaknunn, U., Sridana, N., & Subarinah, S. (2021, May). Analyzing the ability of mathematics students as prospective mathematics teachers on multiple mathematical representation. In *2nd Annual Conference on Education and Social Science (ACCESS 2020)* (pp. 309-313). Atlantis Press.
- Rau, M. A., Alev, V., & Rummel, N. (2009). Intelligent tutoring systems with multiple representations and self-explanation prompts support learning of fractions. In V. Dimitrova, R. Mizoguchi, & B. du Boulay (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, (pp. 441–448). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-028-5-441>
- Rüzgar, M.E., Boyraz, S. & Sözcü İ. (2023). *Eğitim bilimlerinde araştırma 101* (1. Baskı). Pegem Akademi.
- Ryken, A.E. (2009). Multiple representations as sites for teacher reflection about mathematics learning. *J Math Teacher Educ*, 12, 347–364. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9107-2>
- Satsangi, R., & Sigmon, S. D. (2023). Teaching multiplicative thinking with virtual representations to children with mathematics difficulty. *Remedial and Special Education*, 45(4), 216–229. <https://doi.org/10.1177/07419325231206483>
- Sezgin, A. N. (2019). Çoklu temsillerle öğretimin 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel anlama seviyelerine ve cebirsel problem çözüme sürecine etkisinin incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Sezgin, S., & Fırat, M. (2020). Covid-19 pandemisinde uzaktan eğitime geçiş ve dijital uçurum tehlikesi. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 37-54.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Skemp, R. R. (1978). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20–26.
- Smith, J. A., Flowers, P., & Larkin, M. (2009). *Interpretative phenomenological analysis: Theory, method and research*. London, UK: Sage.
- Şengül, S., & Mançoğlu Kaplan, E. (2024). Matematik öğretmenlerinin temsil kullarımlarının örüntü genelleme problemleri bağlamında video temelli olaylarla incelenmesi. *Pearson Journal*, 8(28), 1246–1268. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11582188>
- Türer, G., & Cantürk Günhan, B. (2022). Türkiye’de matematik eğitiminde çoklu temsiller ile ilgili yapılan çalışmaların incelenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(3), 214-236.
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2020). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally* (11th ed.). Pearson.
- Van Manen, M. (2023). *Phenomenology of practice: Meaning-giving methods in phenomenological research and writing*. NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003228073>

- Yanık, H. B. (2016). Matematik öğretiminde kavramsal anlamaya dayalı yaklaşımlar. İçinde E. Bingölbali, M. F. Özmantar & H. Akkoç (Eds.), *Matematiksel kavram yanılgıları ve çözüm önerileri* (pp. 17–40). Pegem Akademi.
- Yavuz-Mumcu, H. (2023). Farklı temsiller arası ilişkilendirme. İçinde H. Yavuz Mumcu, A. Osmanoğlu, & H. Korkmaz (Eds.), *Matematik eğitiminde ilişkilendirme* (ss. 72-119). Pegem A.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, A., & Kostur, M. (2021). Rethinking principles of school mathematics during the COVID-19 Pandemic: A multiple-case study on higher education courses related to teaching mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(3), em0653. <https://doi.org/10.29333/iejme/11103>
- Yuhariati, Y., Johar, R., Khairunnisak, C., Rohaizati, U., Jupri, A., & Zubaidah, T. (2022). Students mathematical representation ability in learning algebraic expression using realistic mathematics education. *Jurnal Didaktik Matematika*, 9(1), 151-169.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

