

Examining the Effect of Computer-Assisted Geometry Activities on Problem Solving Achievements of Pre-service Mathematics Teachers *

Buket Özüm Bülbül^a, Aysun Nüket Elçi^b, Mustafa Güler^c and Bülent Güven^d

^a Manisa Celal Bayar University, Faculty of Education, Manisa/Turkey (ORCID: 0000-0001-9610-7053)

^b Manisa Celal Bayar University, Faculty of Education, Manisa/Turkey (ORCID: 0000-0002-0200-668X)

^c Trabzon University, Fatih Faculty of Education, Trabzon/Turkey (ORCID: 0000-0002-4082-7585)

^d Trabzon University, Fatih Faculty of Education, Trabzon/Turkey (ORCID: 0000-0001-8767-6051)

Article History: Received: 30 September 2020; Accepted: 13 December 2020; Published online: 31 December 2020

Abstract: This study aims to examine the effect of computer-assisted geometry activities developed to improve the problem-solving skills on problem-solving achievements of pre-service mathematics teachers. This study, in which the researcher teacher method was used, was carried out with 14 pre-service mathematics teachers studying at a state university in the 2020-2021 academic year. Through the Microsoft Teams program, 15 different activities designed for pre-service teachers have been implemented in an online learning environment during a semester. The data of the study were obtained from 10 geometry problems developed by the researchers and applied before and after the application and the field notes of the researcher. The results of the study showed that there was a positive and significant difference in the problem-solving achievement of the pre-service teachers after the application compared to the pre-application. Based on the results of the study, it is among the recommendations of the study that the educational results can be examined by working with students at different levels with the pre-test-post-test control and experimental groups for similar designs.

Keywords: Problem-solving, problem-solving achievement, computer-assisted geometry, geometry

Öz: Bu çalışmada problem çözme becerilerini geliştirmeye yönelik geliştirilen bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin matematik öğretmeni adaylarının problem çözme başarılarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmacı öğretmen yönteminin kullanıldığı bu çalışma, 2020-2021 Eğitim Öğretim yılında bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 14 matematik öğretmeni adayı ile yürütülmüştür. Microsoft Teams programı aracılığıyla bir dönem boyunca online öğrenme ortamında öğretmen adaylarına tasarlanan 15 farklı etkinlik uygulanmıştır. Çalışmanın verileri, araştırmacılar tarafından geliştirilen, uygulama öncesi ve sonrasında uygulanan 10 geometri problemi ile araştırmacının süreç içerisinde tuttuğu alan notlarından elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, uygulama öncesine göre öğretmen adaylarının problem çözme başarılarında uygulama sonrasında pozitif ve anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarından hareketle benzer tasarımlar için ön test-son test kontrol ve deney grubu ile farklı kademedeki öğrencilerle çalışılarak eğitimsel sonuçlar irdelenebileceği çalışmanın önerileri arasında yer almaktadır.


Anahtar Kelimeler: Problem çözme, problem çözme başarısı, bilgisayar destekli geometri, geometri

[Türkçe sürüm için tıklayınız](#)

1. Introduction

Mathematics in general and geometry lessons, in particular, are considered by students to be difficult and confusing. One of the main reasons for this is that students try to transfer some formulas to the shape by memorizing them in school environments. One of the methods to overcome this situation is to continue mathematics and geometry lessons by focusing on problem-solving. Mathematics and geometry curricula, which are accepted in both national and international literature, express the necessity of creating content that focuses on problem-solving in order for students to understand mathematics and geometry courses on a conceptual level (Ministry of Education, 2018; National Council of Teachers of Mathematics, 2000).

Schoenfeld (1992) argued that teaching based on problem-solving will give students a deep knowledge of mathematics, and problem-solving will allow students to do their own math. In this context, Schoenfeld (1992) classified the factors affecting students' problem-solving skills as resources, teaching strategies, control, and beliefs. Schoenfeld described these factors as follows: resources: the knowledge that an individual has about a subject belonging to the concepts of mathematics or geometry; strategies: methods and strategies used by the individual when solving a non-routine problem; control: metacognitive knowledge on how to direct resources and discoveries, or the check of the solution of a problem by the individual and, accordingly, self-interpretation. Schoenfeld expressed beliefs as the individual's beliefs in solving a problem. Since the individuals who do not know how to overcome the problem they face will be incapable of solving the problem, strategies are of great importance among the factors affecting problem-solving stated by Schoenfeld (1992). At this stage, it is of great

Corresponding Author: Buket Özüm Bülbül  email: buket.bulbul@cbu.edu.tr

* This work was supported by Coordinatorship of Scientific Research Projects of Manisa Celal Bayar University [grant number BAP 2020-020].

Citation Information: Bülbül, B. Ö., Elçi, A. N., Güler, M., & Güven, B. (2020). Examining the effect of computer-assisted geometry activities on problem solving achievements of pre-service mathematics teachers. *Turkish Journal of Mathematics Education*, 1(1), 56-77.

importance to have a wide range of strategies used to increase the problem-solving achievement of individuals. The diversity and variety of strategies used to solve a problem can help the individual reach the correct solution. Today, the use of computer software in mathematics and geometry teaching comes into play as helpful strategies that affect the problem-solving achievement of students (Baki, 2002; Çetin, Erdoğan & Yazlık, 2015; Kawabata & Itoh, 2009; Wong, Yin, Yang & Cheng, 2011). Computer-Assisted Teaching is presenting the concepts to be taught to students in a computer environment (Bintaş & Akıllı, 2008; Tapan-BROUTIN, 2010). In this study, since the effect of computer-assisted geometry teaching on problem-solving achievement was examined, this topic was focused on in the theoretical structure.

1.1. Computer-Assisted Geometry Teaching and Problem-Solving

Computer-assisted problem-solving is defined as a method used in improving students' problem-solving skills and making problem-solving activities enjoyable (Baki, 2008). The intertwining of computer-assisted mathematics and geometry teaching with problem-solving allows individuals to make an unlimited number of trials and errors by bringing their previous work with pen and paper to the computer environment. Similarly, with dynamic geometry and mathematical software, mathematical expressions can be visualized, abstract concepts can be concreted, and complex and difficult calculations can be easily made by controlling the solutions (Bülbül, Güler, Gürsoy & Güven, 2020). Wong et al., (2011) expressed the role and importance of dynamic geometry software in geometry problems as shown in Figure 1.

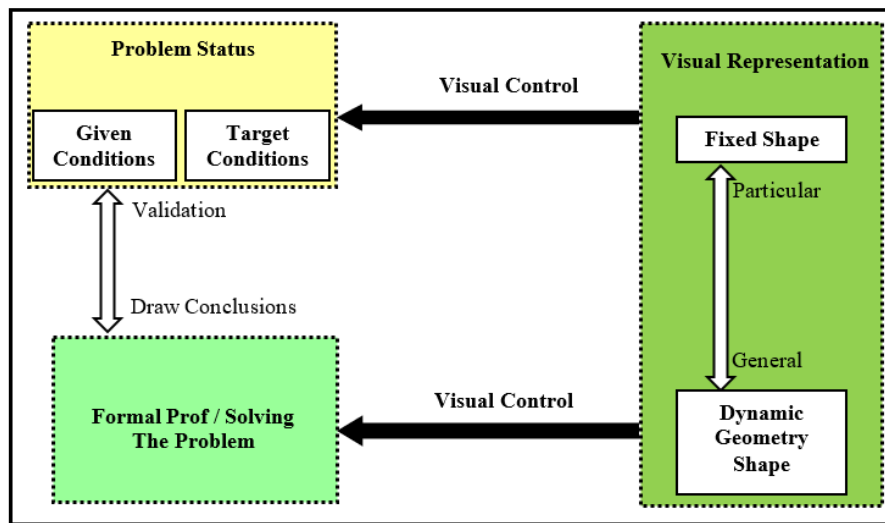


Figure 1. The role and importance of dynamic geometry software in the geometry problem-solving process (Wong et al., 2011)

As can be seen in Figure 1, dynamic geometry software is intertwined with the problem-solving process. Students can easily embody abstract concepts by drawing a given geometric shape in software. Also, the drawn shapes help to easily analyze the structure of the geometric shape by manipulating the shape such as drag-extension-pull-transformation through software (Kawabata & Itoh, 2009). Dynamic geometry software is important in enabling students to learn by manipulating geometric shapes.

There are studies in the literature showing that the use of software affects students' problem-solving achievement (Açıkgül & Aslaner, 2014; Bayturan, 2011; Bintaş & Bağcivan, 2007; Christou, Mousolides, Pittalis & Pitta-Pantazi, 2005; Genç & Öksüz, 2016; Güven, 2012; Karadağ, 2019; Kuzle, 2013; Orçanlı & Orçanlı, 2016; Roza, 2017). In the study of Karadağ (2019), the effect of mathematics lessons taught with technology-related activities and problems on the problem-solving achievement of primary school 4th-grade students and their attitudes towards mathematics lessons was examined. As a result of the study using a pretest-posttest control group quasi-experimental design, one of the quantitative research methods, it was stated that the problem-solving achievement of the experimental group differed significantly from the success of the control group. Karadağ (2019) stated that the problem-solving achievement of the experimental group increased. Similarly, Christou et al. (2005) focused on understanding how students use dynamic geometry software in problem-solving. The data of the study conducted with six pre-service teachers were obtained through two-stage interviews, and the data obtained from these interviews revealed that the software helps pre-service teachers in modeling processes, to make assumptions, achieve generalizations through experiments, and encourages pre-service teachers. Also, it has been determined that the drag and measurement functions of the software support problem-solving processes by creating cognitive conflicts. The software has supported the problem-solving processes of the students considering the special situations that the pen-paper environment could not offer. Another study examining the effect of computer-assisted instruction on students' academic achievement is the

study conducted by Güven (2012) on the effect of dynamic geometry software to improve the comprehension levels of 8th-grade students for transformational geometry. Güven (2012) conducted an experimental study with a total of 68 8th grade students, 36 in the experimental group and 32 in the control group; while explaining the transformation geometry to the experimental group students using dynamic geometry software, the control group students carried out the same application using isometric and dotted papers. Güven (2012) concluded that there were only positive changes in academic achievement in favor of the experimental group.

As a result, the literature reveals that researchers generally focus on the effects of computer-assisted education on problem-solving success and academic achievement of primary school students. However, pre-service teachers in the mathematics teaching program of education faculties teach in the same way they learn (Baki, 2008). Considering this situation, teachers must first acquire these skills at university in order to teach problem-solving with computer-assisted software in their lessons. Before acquiring these skills, it is necessary to investigate whether geometry courses processed with the help of computer-assisted activities have an impact on problem-solving achievements. Therefore, this study aims to determine the effect of computer-assisted geometry activities on the problem-solving achievements of pre-service mathematics teachers.

2. Method

This study was carried out within the scope of the "Computer-Assisted Mathematics Teaching" course in the Primary Education Mathematics teaching Department. Since the first author is both the instructor of the course and one of the researchers of the study, the researcher-teacher method was used in this study. The researcher teacher method is generally defined as a method developed to detect a problem that occurs at a particular moment of the education process, or to implement a new strategy (Cohen & Manion, 1994; Çepni, 2001). The main feature of this method is that the teacher takes part in the classroom environment as a researcher and is directly effective against any problem that may arise in the classroom environment.

2.1. Participants

This study was carried out with 14 Elementary Mathematics Teaching Department students in a state university who enrolled in the "Computer-Assisted Mathematics Teaching" course in the Fall Semester of the 2020-2021 Academic Year. Since the aim is to investigate the effect of computer-assisted geometry activities on problem-solving achievement, it was deemed appropriate to conduct this study with pre-service teachers who enrolled in the "Computer-Assisted Mathematics Teaching" course. In this respect, the purposeful sampling method was used.

2.2. Data collection tools

The problem-solving achievement test developed by Bülbül (2021) and researcher field notes were employed as data collection tools. The subject and scope of the problem-solving achievement test are presented in Table 1.

Table 1. Content of Problems included in the Problem-Solving Achievement Test

| <i>Problem No</i> | <i>Content of Problems</i> |
|-------------------|---|
| 1 | Relation between angle and side of a triangle |
| 2 | Quadrilaterals (Trapezoid and its properties) |
| 3 | Quadrilaterals (Square and its properties) |
| 4 | Median properties in a triangle |
| 5 | Quadrilaterals (Rectangle and its properties) |
| 6 | Quadrilaterals (Parallelogram and its properties) |
| 7 | Equilateral triangle and its properties |
| 8 | Area-side-length relation in a triangle |
| 9 | Right triangle and its properties |
| 10 | Circle and its properties |

As shown in Table 1, there are a total of 10 problems in the pre-test and post-test (the same problems were asked). The topics included in the problems were triangles, quadrilaterals, and circles. The selected topics are suitable for the contents of the "Geometry Teaching and Measurement" course to be taken at the undergraduate level and for the contents of the activities prepared within the scope of this project.

In the first problem, a triangle and some edge lengths and angles for this triangle are given. Pre-service teachers are expected to find a relationship between the desired two edge lengths using these features. In the second problem, some side lengths and angles of a perpendicular trapezoid are given, and it was expected to find the desired side length. In the third problem, a triangle is placed in the square. According to the given, it was expected to show that the two triangles are identical. In this problem, pre-service teachers need to know both the characteristics of the square as well as the similarity rule in triangles and use these features in problem-solving.

In the fourth problem, the area of the new shape formed by rotating the center of the sides of a triangle 180° from the cutting point (center of gravity) is asked. In order to solve this problem, pre-service teachers need to know the properties of the medians of the triangle and be able to apply the edge length and area relationship in the triangle. In the fifth problem, a rectangle is given. Pre-service teachers are expected to find the desired side length by making applications on the shape formed as a result of folding from one corner of the rectangle. In order to solve this problem, pre-service teachers need to know both the characteristics of the rectangle and the similarity rule in triangles. The sixth problem is a question involving parallelogram and its properties. In order to solve this problem, pre-service teachers should master the properties of angles between two parallel lines and the similarities in triangles. The seventh problem is related to reach similar triangles by using the properties of the equilateral triangle. After solving this problem, pre-service teachers are expected to apply the same feature for the square and regular pentagon. After solving this problem, pre-service teachers are expected to apply the same feature for the square and regular pentagon. The eighth problem is about establishing a relationship between area and side length in a triangle. In the ninth problem, pre-service teachers are asked to prove the accuracy of the proposition that "The median length of the hypotenuse in the right triangle is equal to half the length of the hypotenuse." Finally, in the tenth problem, the solution stages of a problem made by a teacher by considering the extreme situations of the circle are given. The expected behavior of the pre-service teachers is to examine these stages and make comments on their right or wrong.

The validity and reliability analysis of the problem-solving achievement test was carried out by Bülbül (2021). The person reliability coefficient of the problem-solving achievement test was found to be .69, and the item reliability index was found to be .82. Bülbül (2021) consulted experts on the question of whether the problems in the measurement tool are suitable for the purpose and whether they represent the area to be measured to ensure the validity of the achievement test.

Since the study was carried out with the Microsoft Teams program, the recording feature of the program was used. Afterward, the course was re-watched by the researchers, and notes were taken. Therefore, researcher field notes were used as the second data collection tool of this study.

2.3. Data analysis

In this study, the "Problem Solving Achievement Test" developed by Bülbül (2021) was used. The achievement test was administered to pre-service teachers over a period of 2 hours as pre-test and post-test through Microsoft Teams. After the application, the responses of the pre-service teachers were examined to determine whether the problem was solved correctly using the appropriate strategy. The data obtained from the achievement test were analyzed based on the scoring system developed by Bülbül (2021) by ensuring their reliability. The scoring system in question is as follows:

- 0 Points: Problems left blank, misused mathematical expressions, answers without logical justification
- 1 Point: Answers that contain accurate, logical inferences but do not offer a complete solution
- 2 Points: Answers with correct inferences and completed solutions.

The sample solution and analysis phase of a pre-service teacher for the scoring system given above are given below.

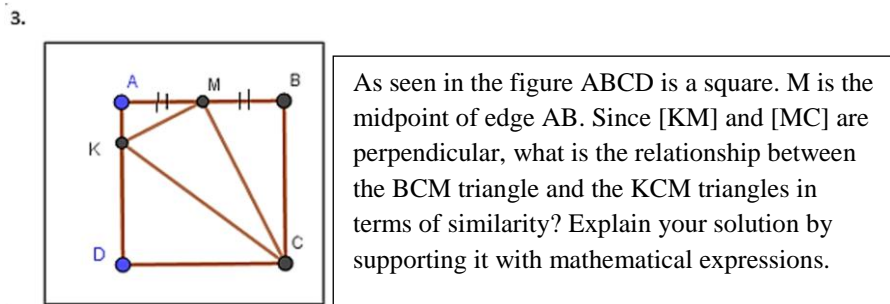


Figure 2. The 3rd Problem in the problem-solving achievement test

As can be seen in Figure 2, the ABCD square is given, and M is the midpoint. In addition, since $KM \perp MC$, the relationship between the BCM triangle and the KCM triangles in terms of similarity was asked. Figure 3 shows the solution given by the T5 coded participant to the 3rd problem.

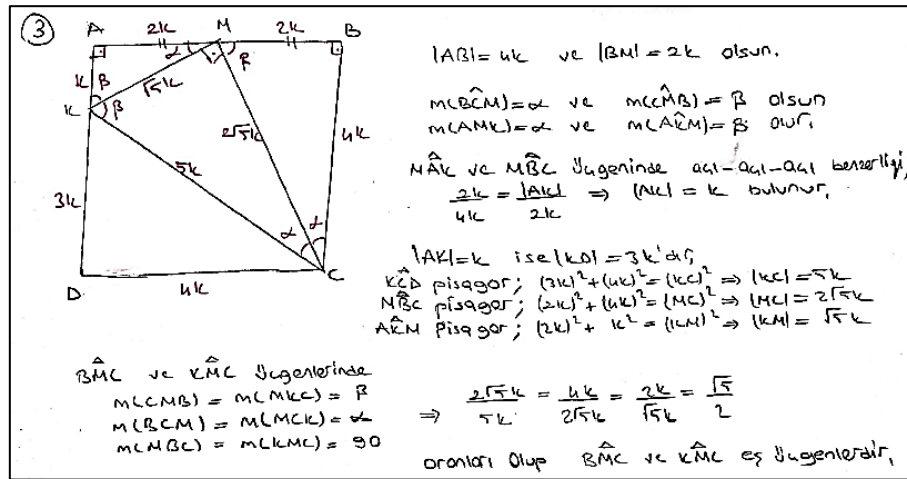


Figure 3. The solution given by the T5 coded participant to the 3rd problem

When the above solution is examined, it can be seen that the pre-service teacher placed the angles and lengths on the shape and then reached the correct result by using the similarity of the triangles and Pythagorean correlation. However, $BCM \sim KCM$ should be written when showing the similarity between triangles. Although the pre-service teacher with the code T5 reached the correct result, since he/she wrote $BMC \sim KMC$, he/she received 1 point due to his/her association habit. In this form of writing, since the measures of different angles will be equal to each other, an incorrect association has been made. After the responses of pre-service teachers were scored, they were analyzed using SPSS 21.1 software, and the pre-test post-test person map and Wilcoxon signed ranks test were examined.

2.4. Process

This study aims to examine the effect of computer-assisted geometry activities developed to improve the problem-solving skills on problem-solving achievements of pre-service mathematics teachers. For this purpose, after the pre-test, the activities were applied in each course for 15 weeks. The application process of the activities is given in Figure 4.

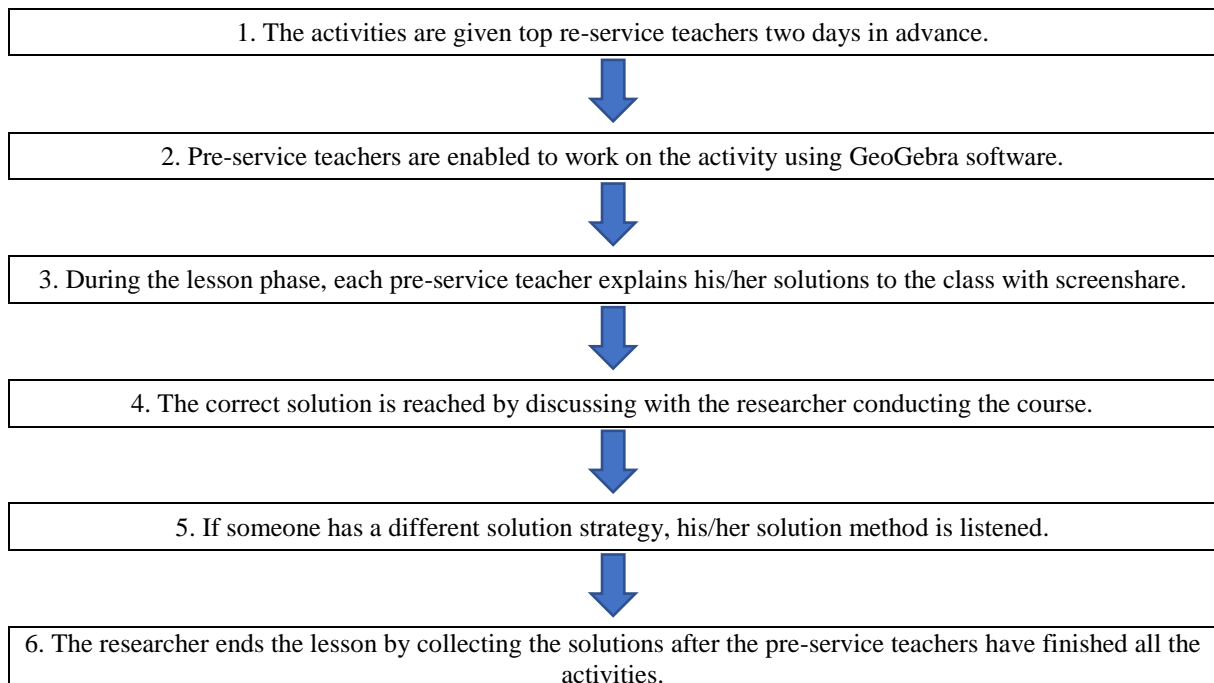


Figure 4. The implementation process of the activities

As shown in Figure 4, computer-assisted geometry activities were given to pre-service teachers two days before each course is implemented through Microsoft Teams. During the lesson phase, each pre-service teacher is allowed to show their solution via the "Screen Sharing" tab. In this way, GeoGebra software is also used in the discussion environment with the pre-service teachers, and the correct solutions are focused on. After the solutions are finished, the researcher conducting the course asks the class, "Does anyone have a different

solution and strategy?" If there are pre-service teachers with different solutions, those solutions are also evaluated. After all the activities are over, the researcher, who is the lecturer of the course, collects the solutions and finishes the lesson.

The implementation phase lasted a total of 15 weeks. In the first week, pre-service teachers were met, and pre-test problems were applied. In the second week, GeoGebra was introduced to prospective teachers, and simple examples of software were given. For ten weeks, computer-assisted activities aimed at problem-solving skills prepared for geometry subjects mentioned during the design phase were implemented embedded in the course. At the end of the 10-week application, the problem-solving achievement test was re-applied as a post-test. An example of the activity and application process is given below.

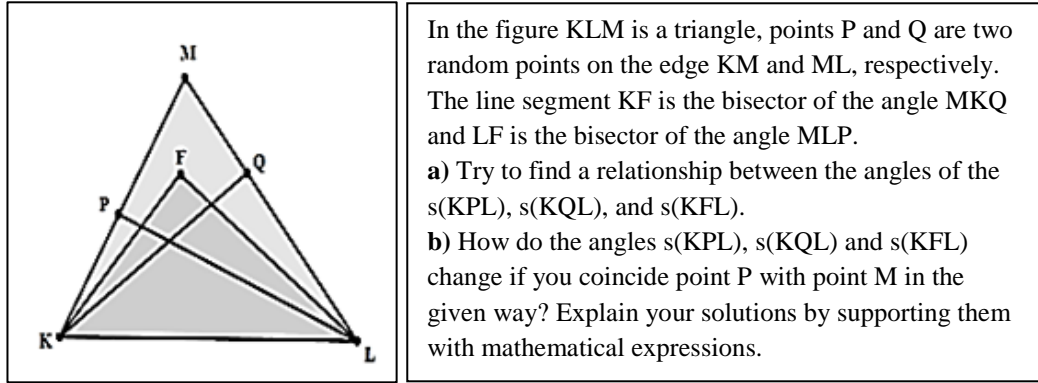


Figure 5. Sample activity problem from the sixth week

An example activity problem from the sixth application week is given in Figure 5. While this problem is being solved by students, it contains instructions according to Polya's steps. In addition to these steps, pre-service teachers were asked to draw the shape in GeoGebra software and use this software by supporting it with mathematical reasons. As stated above, the activities were carried out using the Microsoft Teams platform (See Figure 4).

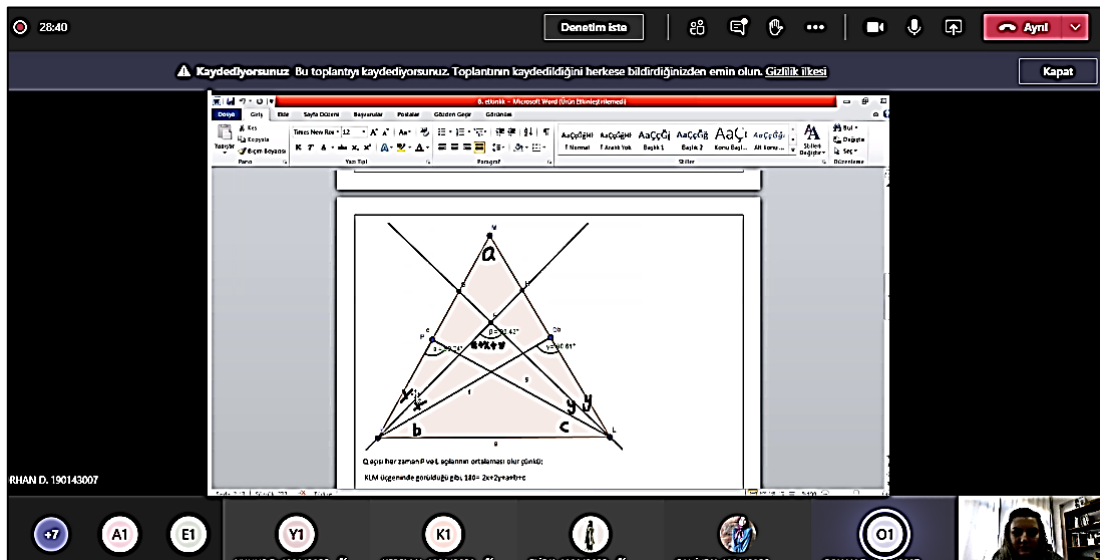


Figure 6. Screenshot of the pre-service teachers' solution to the problem in the sixth-week event

As can be seen in Figure 6, pre-service teachers used GeoGebra software and explained the solution they made to the whole class by screen sharing. One of the important issues here is that two days before the activities each week, the lecturer has made assignments to the system in the form of homework. Thus, each pre-service teacher made their own solutions, and different solution strategies were shared in the classroom when it was time for the lesson. It was aimed to positively affect the problem-solving achievement of the pre-service teachers with the lessons taught in this way.

3. Findings

The answers given by the pre-service teachers to the pre-test and post-test problems were analyzed to decide how the problem-solving achievement of the pre-service teachers was affected by the computer-assisted geometry activities. In this context, computer-assisted activities were carried out with the pre-service teachers

during a semester. Pre-test and post-test that include the same problems were applied to pre-service teachers before and after the application. The individual data of pre-test and post-test scores of pre-service teachers are shown in Figure 7.

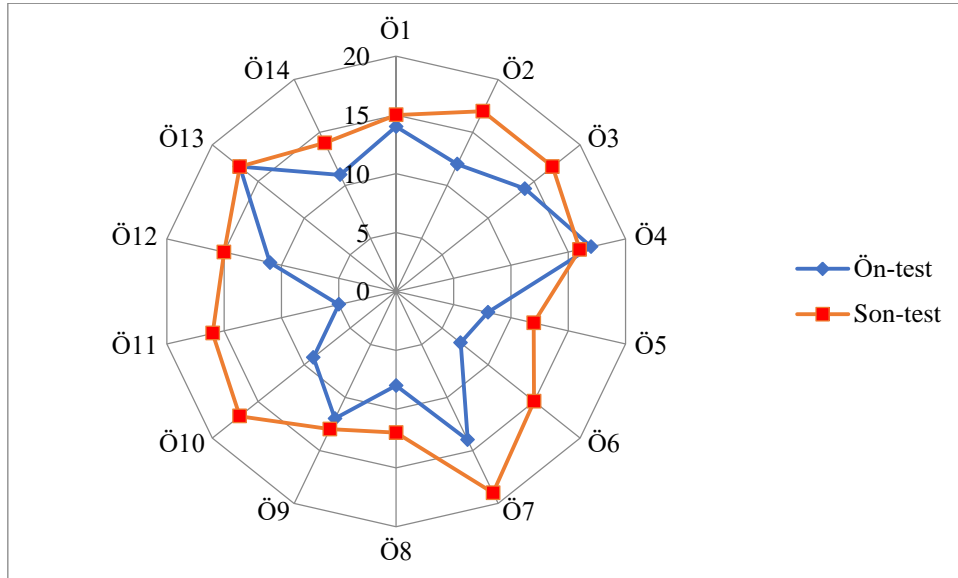


Figure 7. Individual distribution of pre-test and post-test scores

As can be seen in Figure 7, most of the pre-service teachers have higher post-test scores compared to the pre-test scores. While only one pre-service teacher's score did not change (T13), it was observed that there was a slight decrease in the post-test score of one pre-service teacher (T4). General statistics of these scores obtained individually are presented in Table 2.

Table 2. Pre-test and Post-test Descriptive Statistics

| <i>Evaluation</i> | <i>N</i> | <i>Mean</i> | <i>Standard deviation</i> | <i>Lowest score</i> | <i>Highest score</i> |
|-------------------|----------|-------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Pre-test | 14 | 11.3571 | 3.65023 | 5.00 | 17.00 |
| Post-test | | 15.3571 | 2.06089 | 12.00 | 19.00 |

As can be seen in descriptive statistics before and after the application presented in Table 2, the pre-service teachers have a higher average in the post-test compared to the pre-test. The gaps between the scores also indicate an increase in the pre-service teachers' scores after the application. In order to examine whether this increase is statistically significant, the Wilcoxon signed-ranks test was applied. The results obtained are presented in Table 3.

Table 3. Wilcoxon Signed-Ranks Test Result

| <i>Measurement</i> | <i>N</i> | <i>Sequence average</i> | <i>Sequence sum</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> |
|--------------------|----------|-------------------------|---------------------|----------|----------|
| Negative Sequence | 1 | 2.00 | 2.00 | -3.050 | .002 |
| Positive Sequence | 12 | 7.42 | 89.00 | | |
| Equal Sequence | 1 | | | | |

As can be seen in Table 3, there was a significant difference between the pre-test and post-test scores of pre-service teachers. When the average scores are examined, it can be stated that this difference is in favor of the post-test scores. As a result, it was determined that the effect of the intervention was statistically significant and positively affects the problem-solving achievement of the pre-service teachers.

Considering the above explanations, the problem-solving achievement of most of the pre-service teachers in the post-test was higher than their achievement in the pre-test. The solution made by the T5 coded pre-service teacher in the pre-test and post-test data can be shown as an example of this situation (See Figure 8).

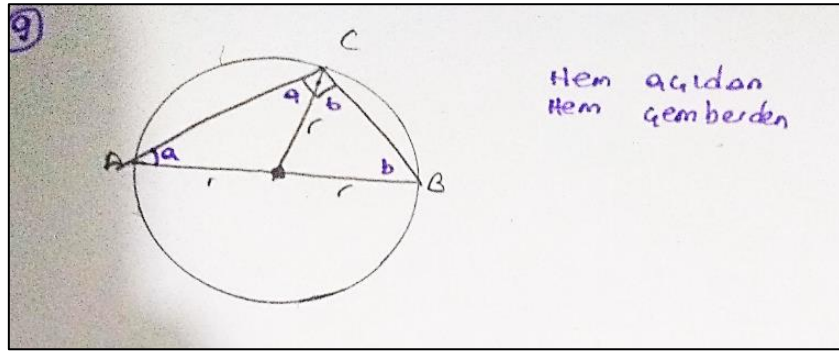


Figure 8. The answer of the T5 coded pre-service teacher towards the ninth problem in the pre-test.

As can be seen in Figure 8, the T5 coded pre-service teacher drew a figure for the problem. However, since the pre-service teacher did not make an explanation or logical inference regarding the solution, this solution was not considered correct. The answer of the same pre-service teacher for the same problem in the post-test is given in Figure 9.

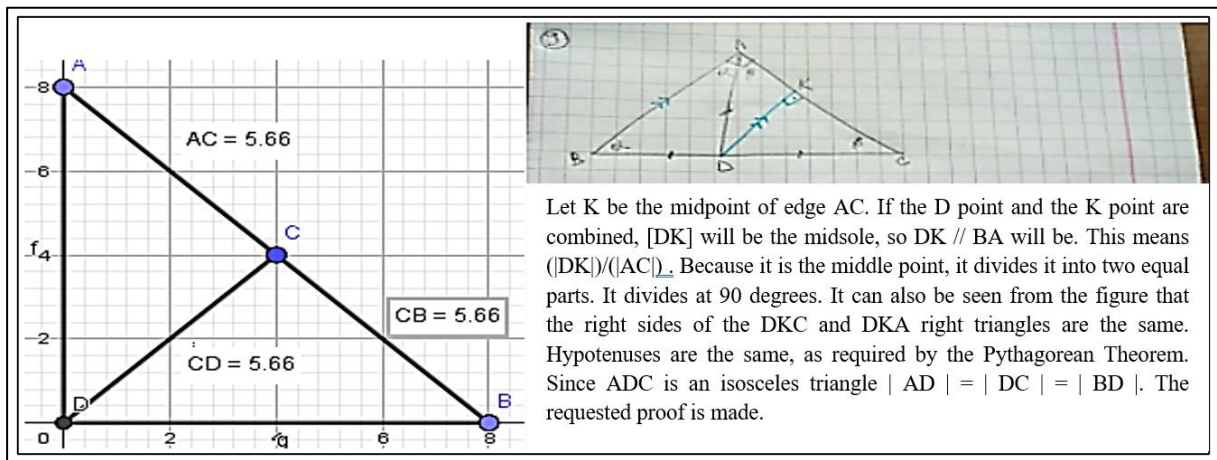


Figure 9. The answer of the T5 coded pre-service teacher towards the ninth problem in the post-test.

When the answer given by the T5 coded pre-service teacher in the post-test was examined, it was observed that the candidate first demonstrated the accuracy of the desired proposition on the software and then explained the solution again based on logical justifications as follows:

Let K be the midpoint of edge AC. If the D point and the K point are combined, [DK] will be the midsole, so $DK \parallel BA$ will be. This means $\frac{|DK|}{|AC|}$. Because it is the middle point, it divides it into two equal parts. It divides at 90 degrees. It can also be seen from the figure that the right sides of the DKC and DKA right triangles are the same. Hypotenuses are the same, as required by the Pythagorean Theorem. Since ADC is an isosceles triangle $|AD| = |DC| = |BD|$. The requested proof is made.

Since this solution was expressed mathematically with its justifications, it got two points in terms of problem-solving achievement. As a result, when the solutions in Figure 8 and Figure 9 are compared, the positive change in the problem-solving process of pre-service teacher T5 can be clearly seen. Similarly, the T6 coded pre-service teacher left the fifth problem blank in the pretest. The T6 coded pre-service teacher response to the fifth problem in the post-test is given in Figure 10.

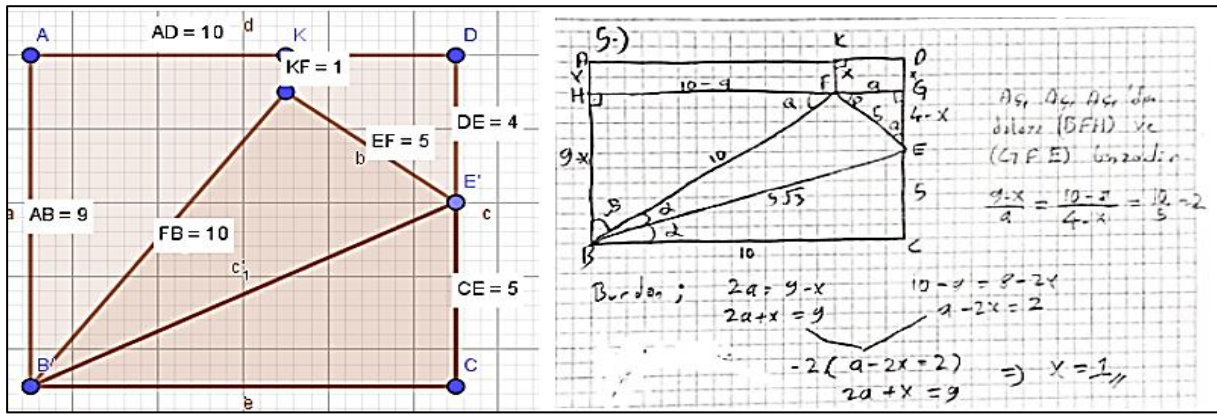


Figure 10. The answer of the T6 coded pre-service teacher towards the fifth problem in the posttest

As can be seen in Figure 10, the T6 coded pre-service teacher made the solution with computer-assisted software. Also, the pre-service teacher created a similarity between the triangles as a result of the folding made in the given problem and wrote the similarity rate correctly. In short, while the T5 coded pre-service teacher could not answer this problem in the pre-test, he/she reached the correct result with the logical justifications in the post-test.

Another finding obtained from the study was that although the implementation of the activities during a semester generally increased the problem-solving achievement of the pre-service teachers, no change was observed in the achievement of one pre-service teacher. Although there was no change in the problem-solving achievement of the T13 coded pre-service teacher, when his/her answers were examined in detail, it was determined that he/she benefited from computer-assisted software in the problems in the posttest. The detailed structure of this process is given in Figure 11.

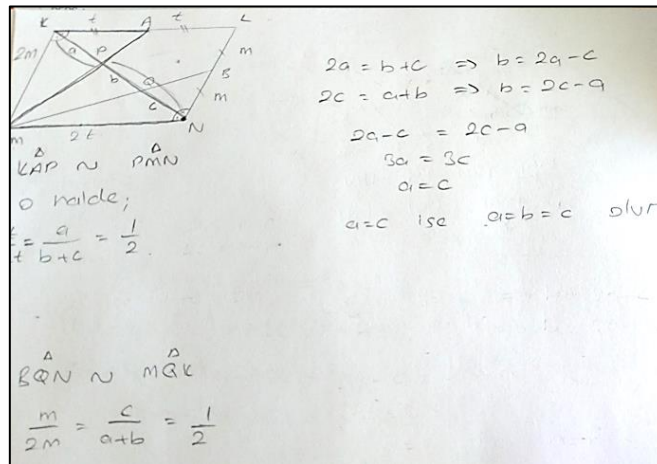


Figure 11. The response of the T13 coded pre-service teacher to the sixth problem in the pre-test

As can be seen in Figure 11, the answer of T13 coded pre-service teacher to the sixth problem in the pretest was correct. The pre-service teacher reached the correct result by hierarchically continuing the solution process. In Figure 12, the answer of the same pre-service teacher for the same problem in the post-test is given.

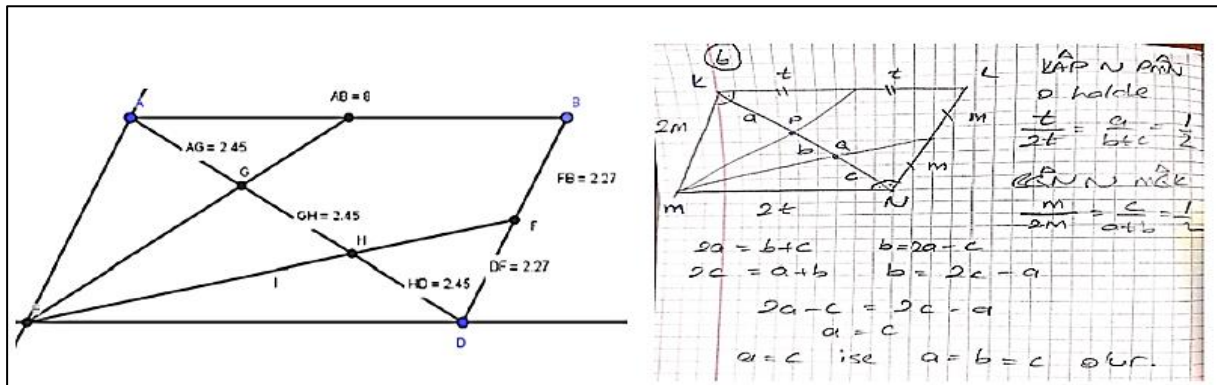


Figure 12. The response of the T13 coded pre-service teacher to the sixth problem in the post-test

As can be seen in Figure 12, the T13 coded pre-service teacher used the GeoGebra software and explained his/her solution with the mathematical expressions. As a result, it can be stated that although there was no change in the problem-solving achievement of the T13 coded pre-service teacher, he/she gained the ability to use the GeoGebra software in problem-solving.

4. Discussion, Conclusion and Suggestions

In this study, the effect of computer-assisted geometry activities developed for problem-solving skills on the problem-solving achievement of pre-service mathematics teachers was examined. In this context, computer-assisted activities aimed at problem-solving skills were implemented with pre-service mathematics teachers for 15 weeks. Pre-test and post-test were applied before and after the application.

The result of the study was that computer-assisted geometry activities aimed at problem-solving skills applied to pre-service teachers increase the problem-solving achievement of pre-service teachers. As a result of the comparison of pre-test and post-test results of pre-service teachers, it was observed that most of the pre-service teachers had higher post-test scores compared to the pre-test scores. When the descriptive statistics before and after the application were examined in terms of average scores, pre-service teachers have a higher average in the post-test compared to the pre-test. The study of Karadağ (2019) supports the result of this study. In the study of Karadağ (2019), the effect of mathematics lessons taught with technology-related activities and problems on the problem-solving achievement of primary school 4th-grade students and their attitudes towards mathematics lessons was examined. As a result of the study using a pretest-posttest control group quasi-experimental design, one of the quantitative research methods, it was stated that the problem-solving achievement of the experimental group differed significantly from the achievement of the control group. Karadağ (2019) stated that the problem-solving achievement of the experimental group increased.

The differences between the scores obtained by the pre-service teachers also indicate an increase in the pre-service teachers' scores after the application. It can be stated that computer-assisted activities positively affect the problem-solving achievement of pre-service teachers. Numerous studies in the literature, which concluded that computer-assisted mathematics teaching positively affects students' problem-solving and academic achievement, supports the result of this study (Aparı, 2019; Bayturan, 2011; Bintaş & Bağcıvan, 2007; Christou et al., 2005; Genç & Öksüz, 2016; Güven, 2012; İpek & Malaş, 2013; Orçanlı & Orçanlı, 2016; Roza, 2017). One of these studies is the study of Christou et al. (2005), which examines the effect of computer-assisted software on students' problem solving and problem posing processes. Christou et al. (2005) focused on understanding how students use dynamic geometry software in problem-solving. The data of the study conducted with six pre-service teachers were obtained through two-stage interviews, and the data obtained from these interviews revealed that the software helps pre-service teachers in modeling processes, to make assumptions, achieve generalizations through experiments, and encourages pre-service teachers. Also, it has been determined that the drag and measurement functions of the software support problem-solving processes by creating cognitive conflicts. The software has supported the problem-solving processes of the students considering the special situations that the pen-paper environment could not offer.

The study conducted by Kuzle (2013) supports the conclusion of this study regarding the effect of computer-assisted geometry teaching on students' problem-solving achievement. Kuzle (2013) aimed to define the processes that two pre-service teachers put forward while solving non-routine geometry problems through Geometer's Sketchpad software, one of the dynamic geometry software. The theoretical framework of the study, in which the meta-cognitive processes of the pre-service teachers were tried to be described, formed Schoenfeld's framework of the changes in cognitive and metacognitive actions. Accordingly, the pre-service teachers have performed different behaviors such as drawing diagrams and using available resources in the reading, comprehension, and analysis sections. During the research, planning, implementation, and verification stages, participants made decisions to access information and strategies, evaluate them, make assumptions, test these assumptions, monitor progress, evaluate the effectiveness of activities and strategies, and the accuracy of the response achieved. Another interesting finding of the study was the cognitive problem-solving activities of the pre-service teachers were lead to inefficient efforts where appropriate metacognitive actions should be followed. Similarly, Açıkgül (2012) examined the effect of Cabri, one of the dynamic geometry software, in the process of solving geometric location problems of the pre-service teachers in her study with 36 pre-service mathematics teachers. The application process, enriched with activities, was enriched with dynamic geometry software in addition to the activities carried out in a pencil and paper environment. The results obtained from the study showed that the solutions made by the pre-service teachers in the pencil-paper environment contained errors, and in the software, findings were found from the pre-service teachers' missing field information. When both approaches were compared (pencil-paper and dynamic geometry software), it was determined that teachers had the opportunity to form hypotheses, to test and generalize these hypotheses in the dynamic geometry software environment. The pencil-paper environment, on the other hand, offered opportunities to use mathematical knowledge, determine the dependent-independent points, visualize and make correct predictions. The qualitative data obtained show that pre-service teachers develop a positive attitude towards these technological tools.

Another study examining the effect of computer-assisted instruction on students' academic achievement is the study conducted by Güven (2012) on the effect of dynamic geometry software to improve the comprehension levels of 8th-grade students for transformational geometry. Güven (2012) conducted an experimental study with a total of 68 8th grade students, 36 in the experimental group and 32 in the control group; while explaining the transformation geometry to the experimental group students using dynamic geometry software, the control group students carried out the same application using isometric and dotted papers. As a result of the study, Güven (2012) stated that the experimental group performed better than the control group not only in academic achievement but also in learning levels of transformation geometry. This result obtained by Güven (2012) is similar to the parts of the project that positively affect the success of problem-solving and support the formation of dragging and turning skills in pre-service teachers.

In this study, it was concluded that computer-assisted geometry activities for problem-solving skills developed by Bülbül (2021) positively affect the problem-solving achievement of the pre-service teachers. In this study, the "Problem Solving Achievement Test" was used as a tool to measure the problem-solving achievement of pre-service teachers. If teachers want to determine the problem-solving achievement of their students, they can use this test. It is among the recommendations of the study that the educational results can be examined by working with students at different levels with the pretest-posttest control and experimental groups.

Ethics Committee Approval Information

Ethics committee approval was obtained from Manisa Celal Bayar University, Committee of Social Sciences and Humanities for the research, with the date of 06 February 2020 and protocol number 2020/03.

Bilgisayar Destekli Geometri Etkinliklerinin Matematik Öğretmeni Adaylarının Problem Çözme Başarılarına Etkisinin İncelenmesi

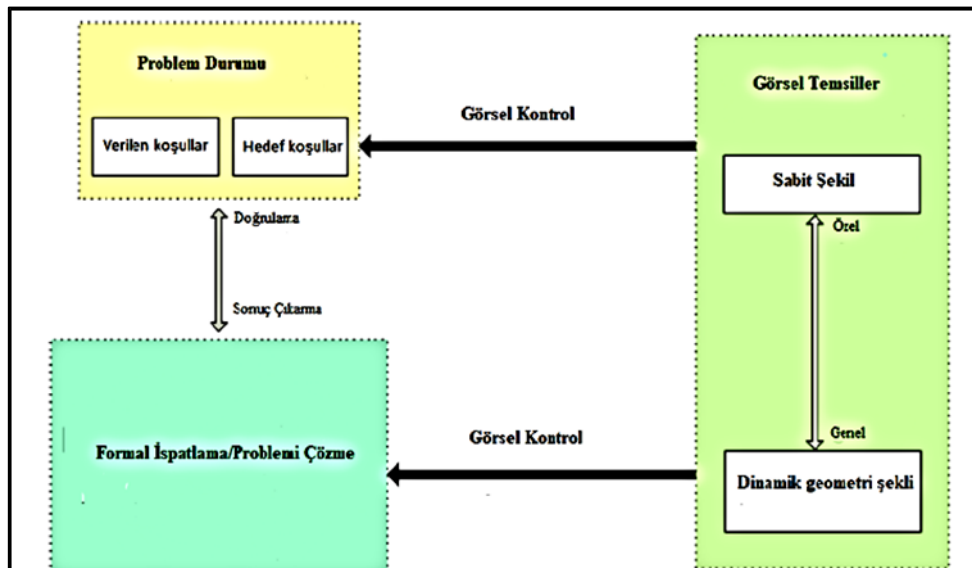
1. Giriş

Genelde matematik özelde ise geometri dersleri, öğrenciler tarafından anlaşılması güç, zor olarak düşünülmektedir. Bunun temel sebeplerinden birisi öğrencilere okul ortamlarında birtakım formüllerin ezberletilerek şekil üzerine aktarılmaya çalışılmasından kaynaklanabilmektedir. Bu durum üstesinden gelme yöntemlerinden biri de matematik ve geometri derslerinin problem çözme merkezine alarak sürdürülmesi şeklinde olabilmektedir. Gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde kabul gören matematik ve geometri öğretim programları, öğrencilerin kavramsal boyutta matematik ve geometri derslerini anlaması için, problem çözme merkezine alan içerikler oluşturulmasının gerekliliğini ifade etmiştir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018; National Council of Teachers of Mathematics, 2000).

Schoenfeld (1992) problem çözmeye dayalı öğretim sayesinde öğrencilerin derin matematik bilgisine sahip olacağını ve problem çözmenin öğrencilere kendi matematiğini yapma fırsatı vereceğini savunmuştur. Bu bağlamda Schoenfeld (1992) öğrencilerin problem çözme becerilerini etkileyen faktörleri; kaynaklar, öğretim stratejileri, kontrol ve inançlar olarak sınıflandırmıştır. Schoenfeld'in bahsettiği kaynakları; matematik veya geometri kavramlarına ait bir konu hakkında bireyin sahip olduğu bilgiler, stratejileri; bireyin rutin olmayan bir problemi çözerken kullandığı yöntem ve stratejiler, kontrolü; kaynakların ve keşiflerin nasıl yönlendirileceğine dair üst bilişsel bilgiler ya da yapılan bir problemin çözümünün birey tarafından kontrol edilmesi ve buna bağlı olarak kendi kendine yorumlar yapması şeklinde tanımlamıştır. Schoenfeld inançları ise bireyin bir problemin çözümüne yönelik inançları olarak ifade etmiştir. Schoenfeld (1992) tarafından ifade edilen problem çözme etkileyen faktörlerden stratejiler büyük öneme sahiptir. Çünkü karşılaştığı problemin üstesinden ne şekilde geleceğini bilemeyen bireyler, soruna çözüm üretmede yetersiz kalacaktır. İşte bu aşamada bireylerin problem çözme başarısını artırmada, kullanılan strateji yelpazesinin geniş olması büyük önem taşımaktadır. Çünkü bir problemin çözümünde kullanılan stratejilerin farklılığı ve çeşitliliği, bireyi o problemin doğru sonucuna ulaştırmada yardımcı olabilmektedir. Günümüzde ise bilgisayar yazılımlarının matematik ve geometri öğretiminde kullanılması öğrencilerin problem çözme başarısını etkileyen yardımcı stratejiler olarak devreye girmektedir (Baki, 2002; Çetin, Erdoğan & Yazlık, 2015; Kawabata & Itoh, 2009; Wong, Yin, Yang & Cheng, 2011). Bilgisayar destekli öğretim; bilgisayar programları aracılığıyla öğrencilere öğretilmek istenen kavramların verilmesidir (Bintaş & Akıllı, 2008; Tapan-Broutin, 2010). Bu çalışmada bilgisayar destekli geometri öğretiminin problem çözme başarısına etkisi incelendiğinden, teorik yapıda bu konuya odaklanılmıştır.

1.1. Bilgisayar Destekli Geometri Öğretimi ve Problem Çözme

Bilgisayar destekli problem çözme; öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştirilmesinde ve problem çözme etkinliğini zevkli hale getirmede kullanılan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Baki, 2008). Bilgisayar destekli matematik ve geometri öğretiminin problem çözme ile iç içe olması, bireylerin önceden kâğıt kalem ile yaptığı çalışmalarını bilgisayar ortamına taşıyarak sınırsız sayıda deneme yanılma yapmasına imkân vermektedir. Benzer şekilde dinamik geometri ve matematik yazılımları ile matematiksel ifadeler görselleştirilebilmekte,



Şekil 1. Geometri problemi çözme sürecinde dinamik geometri yazılımlarının yeri ve önemi (Wong vd., 2011)

soyut kavramlar somut hale getirilebilmekte, yapılan çözümlerin kontrolü sağlanarak karmaşık zor hesaplamalar kolaylıkla yapılabilmektedir (Bülbül, Güler, Gürsoy & Güven, 2020). Wong vd (2011) geometri problemlerindeki dinamik geometri yazılımlarının yeri ve önemini Şekil 1'deki gibi ifade etmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi dinamik geometri yazılımları problem çözme süreci ile iç içedir. Öğrenciler, verilen bir geometrik şekli yazılımlarda çizerek soyut kavramları kolaylıkla somutlaştırabilmektedir. Aynı zamanda çizilen şekiller de yazılımlar aracılığıyla sürüklenme-uzatma-çekme-dönüştürme gibi şeklin manipüle edilme yöntemleri ile kolaylıkla geometrik şeklin yapısını analiz etmede yardımcı olmaktadır (Kawabata & Itoh, 2009). Öğrencilerin geometrik şekilleri manipüle ederek öğrenmesini sağlamada dinamik geometri yazılımlarının önemi büyüktür.

Literatürde bilgisayar destekli yazılımların farklı şekillerde kullanımının öğrencilerin problem çözme başarıları üzerinde etkili olduğuna dair çalışmalara rastlanmaktadır (Açıkgül & Aslaner, 2014; Bayturan, 2011; Bintaş & Bağcıvan, 2007; Christou, Mousolides, Pittalis & Pitta-Pantazi, 2005; Genç & Öksüz, 2016; Güven, 2012; Karadağ, 2019; Kuzle, 2013; Orçanlı & Orçanlı, 2016; Roza, 2017). Bunlardan biri olan Karadağ (2019) çalışmasında teknoloji ile ilişkilendirilmiş etkinlik ve problemlerle işlenen matematik dersinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin problem çözme başarılarına ve matematik dersine yönelik tutumlarına etkisi incelenmiştir. Nicel araştırma yöntemlerinden ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullandığı çalışmasının sonucunda, deney grubunun problem çözme başarısı, kontrol grubunun başarısından anlamlı bir şekilde farklılaştığı ifade edilmiştir. Karadağ (2019) deney grubunun problem çözme başarısının arttığını belirtmiştir. Benzer şekilde Christou vd. (2005) çalışmasında öğrencilerin problem çözme ortamlarında dinamik geometri yazılımlarını nasıl kullandıklarını anlamaya odaklanmışlardır. 6 öğretmen adayı ile yürütülen çalışmanın verileri iki aşamalı mülakatlarla elde edilmiş ve bu mülakatlardan elde edilen veriler yazılımın adayların modelleme süreçlerini, varsayımda bulunmalarını, deneyler yaparak genellemelere ulaşabilmelerine yardımcı olduğunu ve adayları cesaretlendirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca yazılımın sürüklenme ve ölçme fonksiyonlarının bilişsel çatışmalar oluşturmak suretiyle problem çözme süreçlerini desteklediği saptanmıştır. Bilgisayar destekli yazılımlar kalem-kâğıt ortamının sunamadığı özel durumları göz önünde bulundurma, yazılım aracılığıyla öğrencilerin problem çözme süreçlerini desteklemiştir. Bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına etkisini inceleyen çalışmalardan bir diğeri de Güven (2012) tarafından yürütülen, sekizinci sınıf öğrencilerinin dönüşüm geometrine yönelik anlama düzeylerini geliştirmek için dinamik geometri yazılımının etkisine yönelik çalışmadır. Güven (2012) 36 deney grubu 32 kontrol grubu olmak üzere toplam 68 sekizinci sınıf öğrencisi ile deneysel desende yürüttüğü çalışmasında, deney grubu öğrencilerine dönüşüm geometrisi dinamik geometri yazılımlarını kullanarak anlatırken kontrol grubu öğrencilerine aynı uygulamayı izometrik ve noktalı kağıtlar kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda Güven (2012) deney grubunun lehine sadece akademik başarısında olumlu değişimler olduğunu ifade etmiştir.

Sonuç olarak ilgili literatür incelendiğinde, araştırmacıların genellikle ilköğretim kademesindeki öğrencilerin bilgisayar destekli eğitim-problem çözme başarısı, akademik başarı ilişkisine odaklandığı görülmektedir. Oysa eğitim fakültelerinin matematik öğretmenliği programındaki öğretmen adayları nasıl öğreniyorsa o şekilde öğretim gerçekleştirmektedir (Baki, 2008). Bu durum göz önüne alındığında, öğretmenlerin derslerinde problem çözme ile birlikte bilgisayar destekli yazılımları kullanabilmesi için öncelikle üniversite sıralarında bu becerileri kazanmaları gerekir. Söz konusu becerileri kazandırmadan önce de adayların bilgisayar destekli etkinlikler yardımıyla işlenen geometri derslerinin, problem çözme başarıları üzerinde etkisinin olup olmadığının araştırılması gerekir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı problem çözme becerilerine yönelik geliştirilen bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin matematik öğretmeni adaylarının problem çözme başarıları üzerindeki etkisinin belirlenmesidir.

2. Yöntem

Bu çalışma İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü'nde görülen "Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi" dersi kapsamında yürütülmüştür. Birinci yazar hem dersin yürütücüsü hem de çalışmanın araştırmacılarından biri olduğundan bu çalışmada araştırmacı öğretmen yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı öğretmen yöntemi; genel olarak eğitim-öğretim sürecinin özel bir anında ortaya çıkan sorunun tespit edilmesinde ya da yeni bir yöntem stratejinin uygulanması için geliştirilen yöntemler olarak tanımlanmıştır (Cohen & Manion, 1994; Çepni, 2001). Bu yöntemin esas özellikleri; öğretmenin araştırmacı olarak sınıf ortamında yer alması ve sınıf ortamında çıkabilecek herhangi bir probleme karşı doğrudan etkili olması önemlidir.

2.1. Katılımcılar

Bu çalışma bir devlet üniversitesinde 2020-2021 Öğretim Yılı Güz Dönemi "Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi" dersini alan ve İlköğretim Matematik Öğretmenliği programı ikinci sınıfta öğrenim gören 14 öğrenciyle yürütülmüştür. Amaç problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin problem çözme başarılarına etkisini araştırmak olduğundan bu çalışmanın "Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi" dersini alan öğretmen adayları ile yürütülmesi uygun görülmüştür. Bu yönüyle amaçlı örnekleme yapılmıştır.

2.2. Veri Toplama Araçları

Çalışmada veri toplama araçları Bülbül (2021) tarafından geliştirilen problem çözme başarı testi ve araştırmacı alan notlarıdır. Tablo 1’de problem çözme başarı testinin içerdiği konu ve kapsamlara yer verilmiştir.

Tablo 1. Problem Çözme Başarı Testinde Yer Alan Problemlerin İçeriği

| <i>Problem Numarası</i> | <i>Problemlerin İçerikleri</i> |
|-------------------------|--|
| 1 | Üçgende aç-kenar uzunluğu ilişkisi |
| 2 | Dörtgenler (Yamuk ve özellikleri) |
| 3 | Dörtgenler (Kare ve özellikleri) |
| 4 | Üçgende kenarortayın özellikleri |
| 5 | Dörtgenler (Dikdörtgen ve özellikleri) |
| 6 | Dörtgenler (Paralelkenar ve özellikleri) |
| 7 | Eşkenar üçgen ve özellikleri |
| 8 | Üçgende alan-kenar uzunluğu ilişkisi |
| 9 | Dik üçgen ve özellikleri |
| 10 | Çember ve özellikleri |

Tablo 1’de görüldüğü gibi ön test ve son testte (Aynı problemler sorulmuştur.) toplam 10 tane problem yer almaktadır. Problemlerin içerdiği konular üçgenler, dörtgenler ve çember şeklindedir. Seçilen bu konular hem lisans düzeyinde görülecek olan “Geometri Öğretimi ve Ölçme” dersinin içeriklerine hem de bu proje kapsamında hazırlanan etkinliklerin içeriklerine uygundur.

Birinci problemde bir üçgen ve bu üçgene ait bazı kenar uzunlukları ve açılar verilmiştir. Öğretmen adaylarından beklenen davranış bu özellikleri kullanarak istenilen iki kenar uzunluğu arasında bir ilişki bulmasıdır. İkinci problemde bir dik yamuğun bazı kenar uzunlukları ve açıları verilmiştir, istenilen uzunluğun bulunması beklenmektedir. Üçüncü problemde kare içerisine bir üçgen yerleştirilmiştir. Verilenlere göre iki üçgenin birbirine eş olduğunun gösterilmesi adaylardan beklenmektedir. Aslında burada öğretmen adaylarının hem üçgenlerde eşlik hem de karenin özelliklerini bilmesi ve bu özellikleri problem çözümünde kullanması gerekir. Dördüncü problemde bir üçgenin kenarortaylarının kesim noktasından (ağırlık merkezi) 1800 döndürülmesi ile oluşan yeni şeklin alanı sormaktadır. Adayların bu problemi çözebilmesi için hem üçgenin kenarortaylarının özelliklerini bilmesi hem de üçgende kenar uzunluğu ve alan ilişkisini uygulayabilmesi gerekir. Beşinci problemde bir dikdörtgen verilmiştir. Öğretmen adaylarından dikdörtgenin bir köşesinden katlama yapılması sonucu oluşan şekil üzerinde uygulamalar yapılarak istenilen kenar uzunluğunun bulunması beklenmektedir. Adaylar bu problemi çözerken hem dikdörtgenin özelliklerini hem de üçgenlerde benzerlik kuralını bilmesi gerekir. Altıncı problem paralelkenar ve özelliklerini içeren bir soru niteliğindedir. Bu problemi çözerken adaylar iki paralel doğru arasında kalan açılarının özelliklerini ve üçgenlerde benzerlik konularına hâkim olmalıdır. Yedinci problem eşkenar üçgenin özelliklerini kullanarak eş üçgenlere ulaşmaya yöneliktir. Bu problemi yaptıktan sonra adaylardan aynı özelliği kare ve düzgün beşgen için uygulamaları beklenir. Bütün işlemleri yaptıktan sonra ise genel bir kural oluşturmaları beklenmektedir. Sekizinci problem üçgende alan ve kenar uzunluğu ilişkisi kurmaya yöneliktir. Dokuzuncu problemde öğretmen adaylarından “Dik üçgende hipotenüse ait kenarortay uzunluğunun hipotenüs uzunluğunun yarıya eşittir.” önermesinin doğruluğunu ispatlamaları istenir. Son olarak onuncu problemde bir öğretmenin çembere ait uç durumları düşünerek yaptığı bir problemin çözüm aşamaları verilmiştir. Öğretmen adaylarından beklenen davranış bu aşamaları inceleyerek doğru veya yanlışlığı üzerinde yorum yapmalarıdır.

Bülbül (2021) problem çözme başarı testinin geçerlik ve güvenilirlik analizlerini yapmıştır. Problem çözme başarı testine ait kişi güvenilirlik katsayısını .69, madde güvenilirlik göstergesini ise .82 bulan Bülbül (2021) başarı testine ait geçerliği sağlamak için ölçme aracında bulunan problemlerin ölçme amacına uygun olup olmadığı, ölçmek istenen alanı temsil edip etmediği sorunu ile ilgili uzman görüşlerine başvurmuştur.

Çalışma Microsoft Teams programı ile gerçekleştirildiğinden, programın kaydetme özelliği kullanılmıştır. Daha sonra araştırmacılar tarafından ders tekrar izlenerek, notlar alınmıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın ikinci veri toplama aracı olarak araştırmacı alan notları kullanılmıştır.

2.4. Verilerin analizi

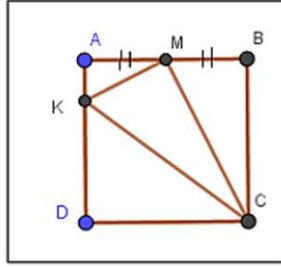
Bu çalışmada daha önceden Bülbül (2021) tarafından geliştirilen “Problem Çözme Başarı Testi” kullanılmıştır. Başarı testi uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında Microsoft Teams programı üzerinden 2 saatlik bir süre zarfında öğretmen adaylarının uygulaması istenmiştir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının verdiği yanıtlar, uygun strateji kullanarak problemin doğru çözümlü çözümlendiğini belirlemek için

incelenmiştir. Başarı testinden elde edilen veriler Bülbül (2021) tarafından güvenilirlikleri sağlanarak geliştirilen puanlama sistemi esas alınarak analiz edilmiştir. Söz konusu puanlama sistemi aşağıdaki gibidir:

- 0 Puan: Boş bırakılmış problemler, yanlış kullanılmış matematiksel ifadeler, mantıksal gerekçelendirme yapılmamış yanıtlar
 1 Puan: Doğru mantıksal çıkarımlar içeren ancak tamamlanmış bir çözüm sunmayan yanıtlar
 2 Puan: Doğru çıkarımlar ve tamamlanmamış çözümler içeren yanıtlar şeklindedir.

Yukarıda verilen puanlama sistemine yönelik bir öğretmen adayının örnek çözümü ve analiz aşaması aşağıda verilmiştir.

3.



Şekilde görüldüğü gibi ABCD bir karedir. M, AB kenarının orta noktasıdır. [KM] ile [MC] dik olduğuna göre BCM üçgeni ile KCM üçgenleri eşlik bakımından nasıl bir ilişkiye sahiptir? Çözümünüzü matematiksel ifadelerle destekleyerek açıklayınız.

Şekil 2. Problem çözme başarı testinde yer alan 3. Problem

Şekil 2 incelendiğinde ABCD karesinin verildiği ve M'nin orta nokta olduğu görülmektedir. Ayrıca $KM \perp MC$ ise BCM üçgeni ile KCM üçgenlerinin eşlik bakımından nasıl bir ilişkiye sahip olduğu sorulmuştur. Şekil 3'de Ö5 kodlu öğretmen adayının 3. Probleme verdiği çözüm yer almaktadır.

③

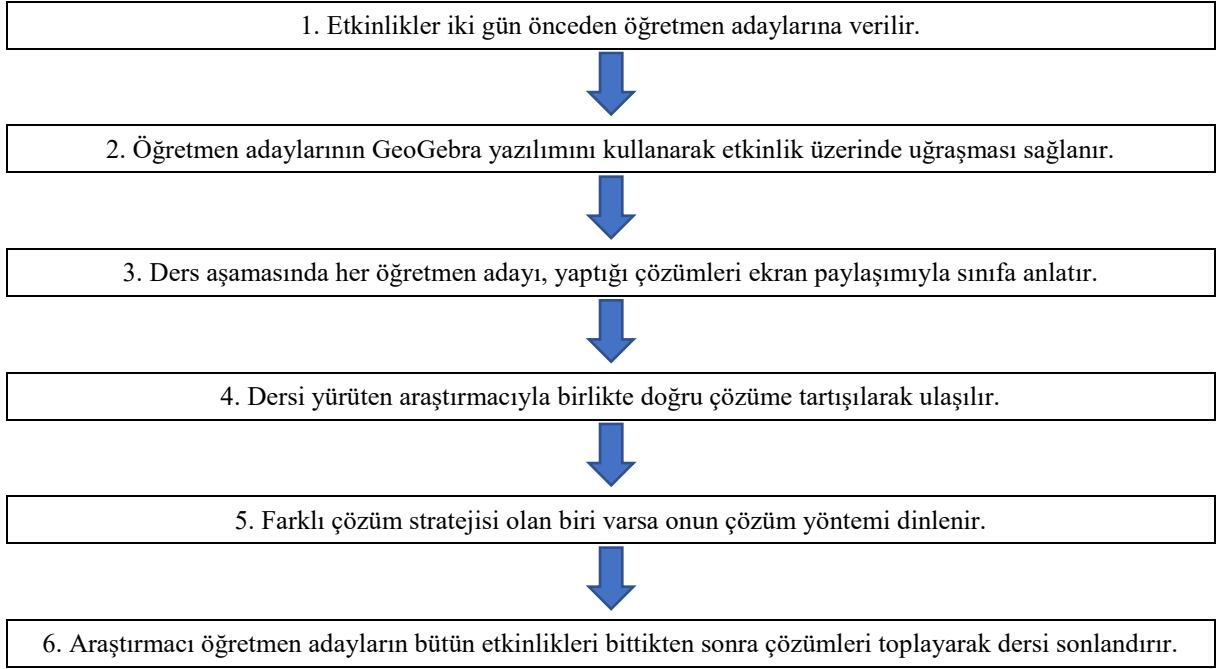
$|AB| = 4k$ ve $|BM| = 2k$ olsun.
 $m(\widehat{BCM}) = \alpha$ ve $m(\widehat{CMB}) = \beta$ olsun
 $m(\widehat{AMK}) = \alpha$ ve $m(\widehat{AKM}) = \beta$ olsun
 $\widehat{M\hat{A}K}$ ve $\widehat{M\hat{B}C}$ üçgeninde $\alpha_1 - \alpha_1 - \alpha_1$ benzerliği;
 $\frac{2k}{4k} = \frac{|AK|}{2k} \Rightarrow |AK| = k$ bulunur.
 $|AK| = k$ ise $|KD| = 3k$ 'dir.
 $\widehat{K\hat{C}D}$ Pisagor; $(3k)^2 + (4k)^2 = (KC)^2 \Rightarrow |KC| = 5k$
 $\widehat{M\hat{B}C}$ Pisagor; $(2k)^2 + (4k)^2 = (MC)^2 \Rightarrow |MC| = 2\sqrt{5}k$
 $\widehat{A\hat{K}M}$ Pisagor; $(2k)^2 + k^2 = (KM)^2 \Rightarrow |KM| = \sqrt{5}k$
 $\widehat{B\hat{M}C}$ ve $\widehat{K\hat{M}C}$ üçgenlerinde
 $m(\widehat{CMB}) = m(\widehat{MKC}) = \beta$
 $m(\widehat{BCM}) = m(\widehat{MCK}) = \alpha$
 $m(\widehat{MBC}) = m(\widehat{KMC}) = 90$
 $\Rightarrow \frac{2\sqrt{5}k}{5k} = \frac{4k}{2\sqrt{5}k} = \frac{2k}{\sqrt{5}k} = \frac{\sqrt{5}}{2}$
 oranları olup $\widehat{B\hat{M}C}$ ve $\widehat{K\hat{M}C}$ eş üçgenlerdir.

Şekil 3. Ö5 kodlu öğretmen adayının 3. Probleme verdiği çözüm

Yukarıdaki çözüm incelendiğinde Ö5 kodlu öğretmen adayının şekil içerisine açılırları ve uzunlukları yerleştirdiği sonra da üçgenlerin benzerliğini ve Pisagor bağıntısını kullanarak doğru sonuca ulaştığı görülmektedir. Ancak üçgenler arasında benzerlik kurulurken BCM~KCM yazılması gerekir. Ö5 kodlu öğretmen adayı her ne kadar doğru sonuca ulaşsa da BMC~KMC yazdığından ilişkilendirme alışkanlığından 1 puan almıştır. Çünkü bu yazım şeklinde farklı açılırların ölçüsü birbirine eşit olacağından yanlış ilişkilendirme yapılmıştır. Öğretmen adaylarından elde edilen veriler puanlandıktan sonra SPSS 21.1 yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve ön test son test kişi haritasına, Wilcoxon işaretli sıralar testine bakılmıştır.

2.4. Süreç

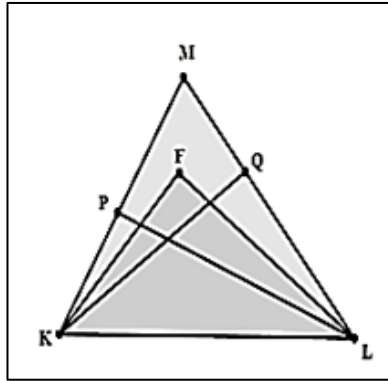
Bu çalışmada problem çözme becerilerine yönelik geliştirilen bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin matematik öğretmeni adaylarının problem çözme başarıları üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda öğretmen adaylarına ön test soruları verildikten sonra 15 haftalık bir süreçte etkinlikler her derste uygulanmıştır. Etkinliklerin uygulanma süreci Şekil 4'te yer verilmiştir.



Şekil 4. Etkinliklerin uygulanma süreci

Şekil 4'te görüldüğü gibi bilgisayar destekli geometri etkinlikleri her ders Microsoft Teams üzerinden uygulamadan iki gün önce öğretmen adaylarına verilmiştir. Ders aşamasında her öğretmen adayına çözümünü "Ekran Paylaşımı" sekmesi ile gösterebilmesi için fırsat tanınır. Bu şekilde öğretmen adayları ile tartışma ortamında GeoGebra yazılımı da kullanılarak doğru çözümlere odaklanılır. Çözümler bittikten sonra dersi yürüten araştırmacı tarafından sınıfa "Farklı çözüm ve stratejisi olan var mı?" sorusu yöneltilir. Eğer farklı çözüm yolu olan öğretmen adayı varsa, sınıfla birlikte o çözümler de değerlendirilir. Bütün etkinlikler bittikten sonra dersin yürütücüsü konumundaki araştırmacı çözümleri toparlayarak dersi bitirir.

Uygulama aşaması toplam 15 hafta sürmüştür. İlk hafta öğretmen adayları ile tanışılarak ön test problemlerinin uygulanması yapılmıştır. İkinci hafta öğretmen adaylarına GeoGebra tanıtılarak, yazılım ile ilgili basit örnekler yapılmıştır. 10 hafta boyunca da tasarım aşamasında bahsedilen geometri konularına yönelik hazırlanan problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli etkinlikler, ders içerisine gömülü olarak uygulanır. 10 haftalık uygulama sonunda problem çözme başarı testi son test olarak tekrar uygulanmıştır. Aşağıda örnek bir etkinlik ve uygulama sürecine yer verilmiştir.



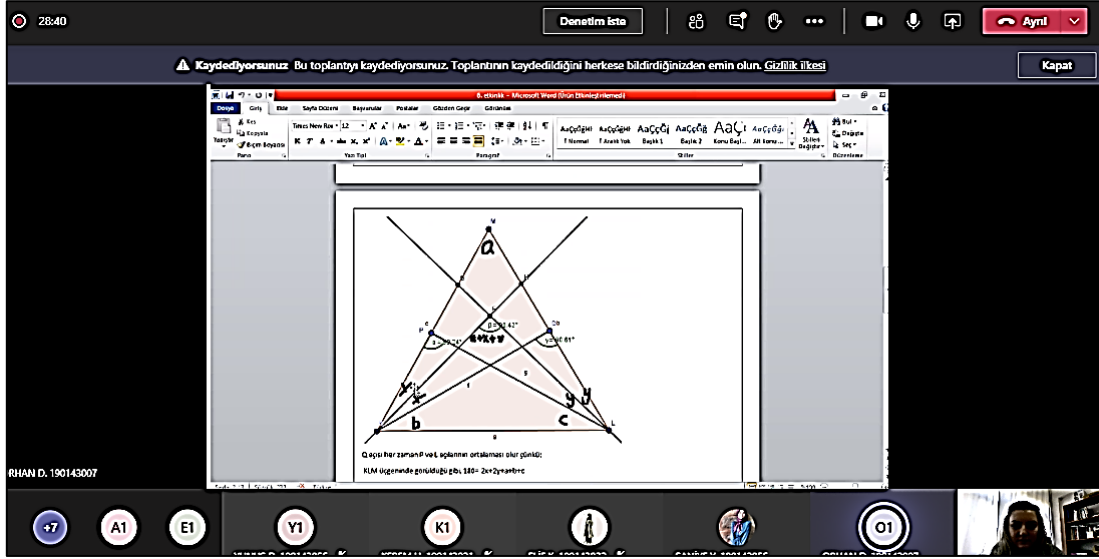
Şekilde KLM bir üçgen, P ve Q noktaları sırasıyla KM ve ML kenarları üzerinde rastgele iki noktadır. KF doğru parçası MKQ açısının, LF ise MLP açısının açıortayıdır.

a) $s(KPL)$, $s(KQL)$ ve $s(KFL)$ açılarının ölçüleri arasında bir ilişki bulmaya çalışınız.

b) Verilen şekilde P noktasını M noktası ile çakıştırırsanız $s(KPL)$, $s(KQL)$ ve $s(KFL)$ açılarının ölçüleri nasıl değişir? Çözümlerinizi matematiksel ifadelerle destekleyerek açıklayınız.

Şekil 5. Altıncı uygulama haftasından örnek etkinlik problemi

Şekil 5'te altıncı uygulama haftasından örnek bir etkinlik problemi verilmiştir. Bu problem öğrencilere çözdürülürken Polya'nın basamaklarına göre yönergeler içermektedir. Bu basamaklara ek olarak öğretmen adaylarından şekli GeoGebra yazılımında çizmesi ve bu yazılımı matematiksel gerekçeler ile destekleyerek kullanması istenmiştir. Etkinlikler ise yukarıda da ifade edildiği gibi Microsoft Teams programı kullanılarak yürütülmüştür (Bknz. Şekil 4).

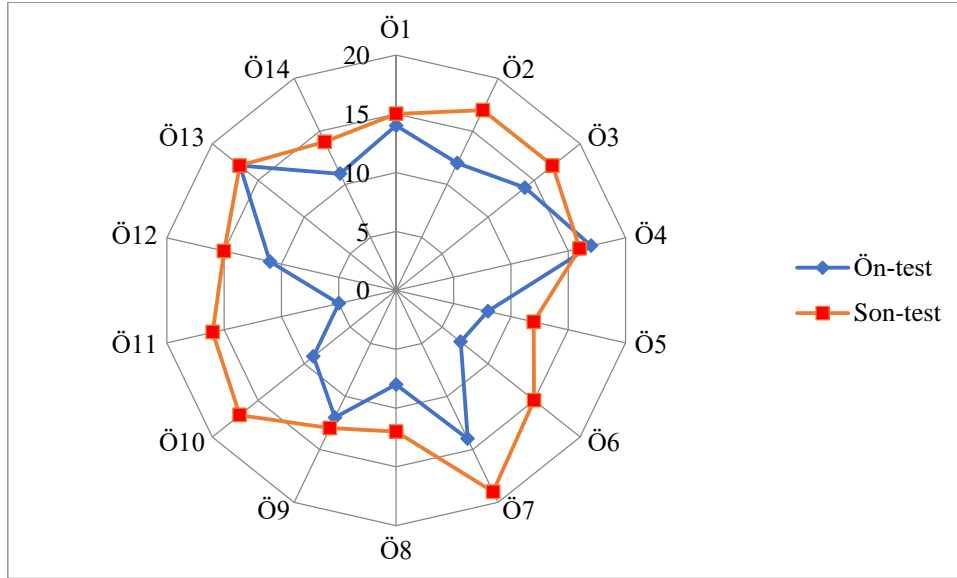


Şekil 6. Öğretmen adaylarının altıncı hafta etkinlikte yer alan probleme yönelik çözümünün ekran görüntüsü

Şekil 6'da görüldüğü gibi öğretmen adayları GeoGebra yazılımını kullanarak, yaptığı çözümü ekran paylaşımı yaparak tüm sınıfa açıklamıştır. Burada önemli konulardan biri de her hafta etkinlikler uygulamadan iki gün önce dersi yürüten öğretim üyesi tarafından sisteme ödev şeklinde atama yapılmıştır. Böylece her aday kendi çözümlerini yapmış ve ders saati geldiğinde farklı çözüm stratejileri sınıfta paylaşmıştır. Bu şekilde işlenen dersler ile öğretmen adaylarının problem çözme başarılarının olumlu yönde etkilenmesi de amaçlanmıştır.

3. Bulgular

Öğretmen adaylarının problem çözme başarılarının problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli geometri etkinliklerinden nasıl etkilendiğine karar verebilmek için adayların ön test ve son test problemlerine verdiği cevaplar analiz edilmiştir. Bu bağlamda adaylar ile bir dönem boyunca bilgisayar destekli etkinliklere yönelik uygulama yapılmıştır. Uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında öğretmen adaylarına aynı problemlerde oluşan ön test ve son test problemleri verilmiştir. Bireysel olarak öğretmen adaylarının ön test ve son test puanlarına ait veriler Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Ön test ve son test puanlarının bireysel dağılımı

Şekil 7'deki veriler, öğretmen adaylarının büyük bir kısmının uygulama öncesinde toplanan ön-test puanlarına göre son-test puanlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yalnızca bir öğretmen adayının puanı değişmezken (Ö13), bir öğretmen adayının ise uygulama sonrası puanında az da olsa düşüş olduğu görülmüştür (Ö4). Bireysel olarak elde edilen bu puanlara ait genel istatistikler ise Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Ön Test ve Son Test Betimsel İstatistikleri

| Ölçüm | N | Ortalama | Standart Sapma | En düşük | En yüksek |
|----------|----|----------|----------------|----------|-----------|
| Ön test | 14 | 11,3571 | 3,65023 | 5,00 | 17,00 |
| Son test | | 15,3571 | 2,06089 | 12,00 | 19,00 |

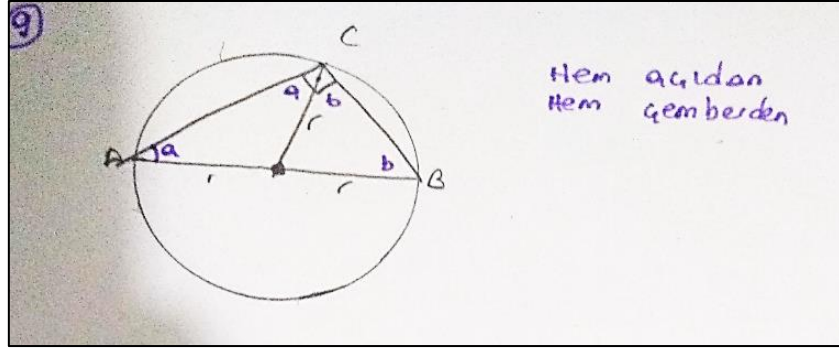
Tablo 2’de sunulan uygulama öncesi ve sonrasına ait betimsel istatistikler incelendiğinde ortalama puanların açısından ön teste göre öğretmen adaylarının son testte daha fazla ortalamaya sahip oldukları görülmektedir. Puanlar arasındaki açıklıklar da uygulama sonrasında öğretmen adaylarının puanlarında yükselme olduğuna işaret etmektedir. Bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını incelemek amacıyla Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonucu

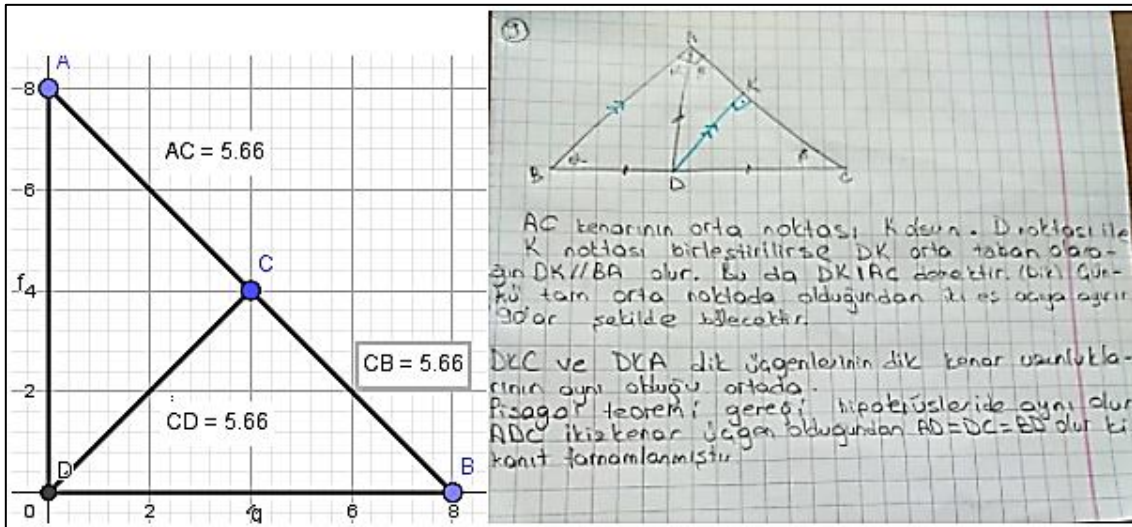
| Ölçüm | N | Sıra ortalaması | Sıra toplamı | Z | p |
|--------------|----|-----------------|--------------|--------|------|
| Negatif Sıra | 1 | 2,00 | 2,00 | -3,050 | ,002 |
| Pozitif Sıra | 12 | 7,42 | 89,00 | | |
| Eşit Sıra | 1 | | | | |

Tablo 3 incelendiğinde uygulama öncesinde katılımcı grubunda yer alan öğretmen adaylarının ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Ortalama puanlar incelendiğinde bu farkın son-test puanları lehine olduğu söylenebilir. Sonuç olarak yapılan müdahalenin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve öğretmen adaylarının problem çözme başarılarını olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Yukarıda açıklananlar dikkate alındığında öğretmen adaylarının çoğunun son testteki problem çözme başarısı ön testteki başarısına oranla yüksek çıkmıştır. Ö5 kodlu öğretmen adayının ön test ve son test verilerinde yaptığı çözüm bu duruma örnek gösterilebilir (Bknz. Şekil 8).

**Şekil 8.** Ö5 kodlu öğretmen adayının ön testte dokuzuncu probleme yönelik cevabı

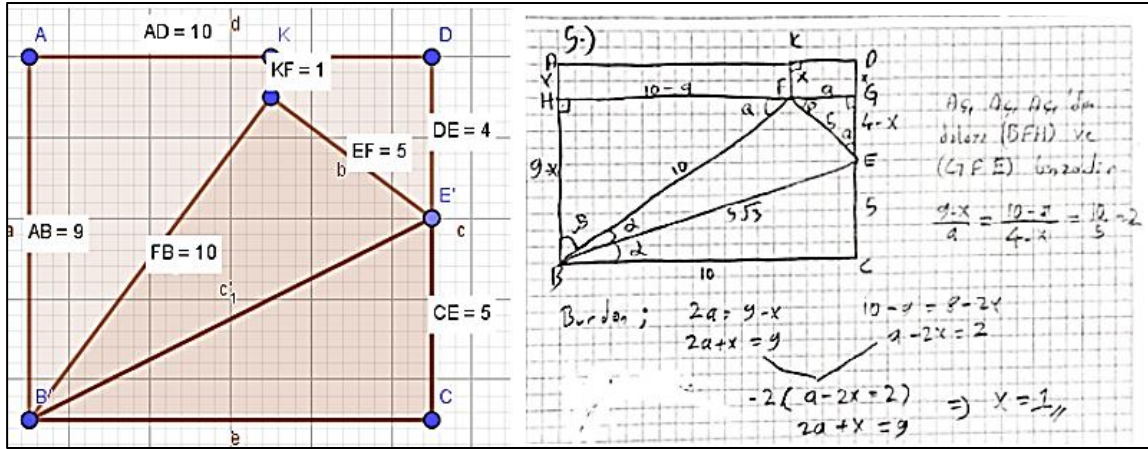
Şekil 8 incelendiğinde Ö5 kodlu öğretmen adayının probleme yönelik bir şekil çizdiği görülmektedir. Ancak aday çözüme yönelik bir açıklama ve mantıksal çıkarımda bulunmadığından yaptığı bu çözüm doğru kabul edilmemiştir. Aynı adayın son testte aynı probleme yönelik cevabına Şekil 9’da yer verilmiştir.

**Şekil 9.** Ö5 kodlu öğretmen adayının son testte dokuzuncu probleme yönelik cevabı

Şekil 9'da Ö5 kodlu öğretmen adayının son testte verdiği cevap incelendiğinde, adayın önce istenilen önermenin doğruluğunu yazılım üzerinde gösterdiği görülmektedir. Daha sonra yaptığı çözümü yine mantıksal gerekçelendirmelere dayanarak:

AC kenarının orta noktası K olsun. D noktası ile K noktası birleştirilirse [DK] orta taban olacağından $DK \parallel BA$ olur. Bu da $\frac{|DK|}{|AC|}$ demektir. Çünkü tam orta nokta olduğundan iki eş parçaya ayırır. 90° 'ar derece olarak böler. DKC ve DKA dik üçgenlerinin dik kenar uzunluklarının aynı olduğu şekilden de görülmektedir. Pisagor teoremi gereği hipotenüsler de aynı olur. ADC ikizkenar üçgen olduğundan $|AD|=|DC|=|BD|$ olur. İstenilen ispat yapılmış olur.

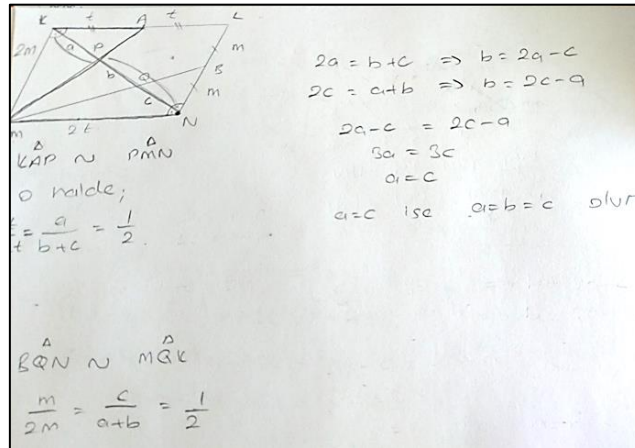
şeklinde açıklama yaptığı görülmektedir. Yapılan bu çözüm gerekçeleriyle birlikte matematiksel olarak ifade edildiğinden problem çözme başarısı bağlamında iki puan almıştır. Sonuç olarak Şekil 8 ve Şekil 9'daki çözümler karşılaştırıldığında Ö5 kodlu öğretmen adayının problem çözme sürecindeki olumlu değişimi açık bir şekilde görülmektedir. Benzer şekilde Ö6 kodlu öğretmen adayı ön test uygulanırken beşinci problemi boş bırakmıştır. Son test uygulanırken ise Ö5 kodlu öğretmen adayının beşinci probleme yönelik cevabına Şekil 10'da yer verilmiştir.



Şekil 10. Ö6 kodlu öğretmen adayının son testte beşinci probleme yönelik cevabı

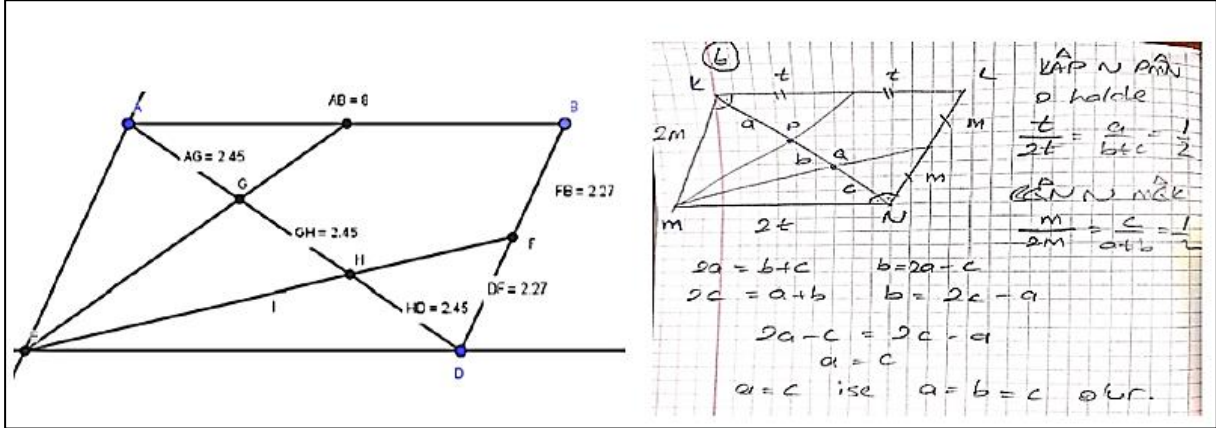
Şekil 10 incelendiğinde Ö6 kodlu öğretmen adayının çözümünü bilgisayar destekli yazılımla birlikte yaptığı görülmektedir. Ayrıca öğretmen adayı verilen problemde yapılan katlama sonucunda üçgenler arasında benzerlik oluşturmuş ve benzerlik oranını doğru yazmıştır. Kısacası ön testte yer alan bu probleme herhangi bir cevap veremezken, son test aşamasında mantıksal gerekçelendirmeler yardımıyla Ö5 kodlu öğretmen adayı doğru sonuca ulaşmıştır.

Çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu da genel etkinliklerin bir dönem boyunca uygulanması genel olarak öğretmen adaylarının problem çözme başarılarını artırmasına rağmen bir adayın başarısında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Ö13 kodlu öğretmen adayının problem çözme başarısında herhangi bir değişim gözlenmemesine rağmen verdiği cevaplar ayrıntılı incelendiğinde, son testte yer alan problemlerde bilgisayar desteğinden yararlandığı görülmektedir. Bu sürecin ayrıntılı yapısına Şekil 11'de yer verilmiştir.



Şekil 11. Ö13 kodlu öğretmen adayının ön testte altıncı probleme yönelik cevabı

Şekil 11'de Ö13 kodlu öğretmen adayının ön testteki altıncı probleme yönelik cevabının doğru olduğu görülmektedir. Öğretmen adayı çözüm sürecini hiyerarşik bir şekilde sürdürerek doğru sonuca ulaşmıştır. Şekil 12'de ise aynı adayın son testte yer alan aynı probleme yönelik cevabı verilmiştir.



Şekil 12. Ö13 kodlu öğretmen adayının son testte altıncı probleme yönelik cevabı

Şekil 12'de verilen Ö13 kodlu öğretmen adayının son testteki altıncı probleme yönelik cevabında adayın hem GeoGebra yazılımını kullandığı hem de matematiksel ifadeler ile kendi çözümünü açıkladığı görülmektedir. Sonuç olarak her ne kadar Ö13 kodlu öğretmen adayının problem çözme başarısında değişim görülmesine de problemlerin çözümünde GeoGebra yazılımını kullanma becerisi kazandığı söylenebilir.

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada problem çözme becerilerine yönelik geliştirilen bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin matematik öğretmeni adaylarının problem çözme başarıları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda matematik öğretmen adaylarıyla 15 hafta boyunca problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli etkinlikler uygulanmıştır. Uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında ön test ve son test kapsamında problemler adaylara uygulanmıştır.

Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarına uygulanan problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin öğretmen adaylarının problem çözme başarılarını artırdığı yönündedir. Öğretmen adaylarının ön test ve son test verilerinin karşılaştırılması sonucunda öğretmen adaylarının çoğunun uygulama öncesinde toplanan ön-test puanlarına göre son-test puanlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yine uygulama öncesi ve sonrasına ait betimsel istatistikler incelendiğinde ortalama puanların açısından ön teste kıyasla öğretmen adaylarının son testte daha fazla ortalamaya sahiptir. Karadağ'ın (2019) çalışması projeden elde edilen bu sonucu destekler niteliktedir. Karadağ (2019) çalışmasında teknoloji ile ilişkilendirilmiş etkinlik ve problemlerle işlenen matematik dersinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin problem çözme başarılarına ve matematik dersine yönelik tutumlarına etkisi incelenmiştir. Nicel araştırma yöntemlerinden ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullandığı çalışmasının sonucunda, deney grubunun problem çözme başarısı, kontrol grubunun başarısından anlamlı bir şekilde farklılaştığı ifade edilmiştir. Karadağ (2019) deney grubunun problem çözme başarısının arttığını belirtmiştir.

Çalışmadan elde edilen veriler öğretmen adaylarının aldığı puanlar arasındaki açıklıklar da uygulama sonrasında öğretmen adaylarının puanlarında yükselme olduğuna işaret etmektedir. Bilgisayar desteği ile geliştirilen etkinliklerin, öğretmen adaylarının problem çözme başarılarını olumlu etkilediği söylenebilir. İlgili literatürde pek çok çalışma bilgisayar destekli matematik öğretiminin öğrencilerin problem çözme başarılarını ve akademik başarılarını olumlu etkilediği yönündeki sonuçlar bu çalışmadan elde edilen bu sonucu destekler niteliktedir (Aparı, 2019; Bayturan, 2011; Bintaş & Bağcıvan, 2007; Christou vd., 2005; Genç & Öksüz, 2016; Güven, 2012; İpek & Malaş, 2013; Orçanlı & Orçanlı, 2016; Roza, 2017). Bu çalışmalardan biri olan Christou vd. (2005) tarafından yürütülen ve öğrencilerin problem çözme ve problem kurma süreçlerinde bilgisayar destekli yazılımların etkisini incelemiştir. Christou vd. (2005) öncelikle öğrencilerin problem çözme ortamlarında dinamik geometri yazılımlarını nasıl kullandıklarını anlamaya odaklanmışlardır. 6 öğretmen adayı ile yürütülen çalışmanın verileri iki aşamalı mülakatlarla elde edilmiş ve bu mülakatlardan elde edilen veriler yazılımın adayların modelleme süreçleri, varsayımda bulunmaları, deneyler yaparak genellemelere ulaşabilmelerine yardımcı olduğunu ve adayları cesaretlendirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca yazılımın sürüklenme ve ölçme fonksiyonlarının bilişsel çatışmalar oluşturmak suretiyle problem çözme süreçlerini desteklediği saptanmıştır. Diğer bir ifade kalem-kâğıt ortamının sunamadığı özel durumları göz önünde bulundurma, yazılım aracılığıyla öğrencilerin problem çözme süreçlerini desteklemiştir.

Kuzle (2013) tarafından yürütülen çalışma bu çalışmanın bilgisayar destekli geometri öğretiminin öğrencilerin problem çözme başarısına etkisine yönelik sonucu destekler niteliktedir. Kuzle (2013) dinamik geometri yazılımlarından biri olan Geometer's Sketchpad yazılımı aracılığıyla iki öğretmen adayının rutin olmayan geometri problemlerini çözerken ortaya koydukları süreçleri tanımlamayı amaçlamıştır. Adayların meta bilişsel süreçlerinin resmedilmeye çalışıldığı çalışmanın kuramsal çatısı, Schoenfeld'in bilişsel ve üst bilişsel eylemlerde değişimler çatısı oluşturmuştur. Buna göre adaylar okuma, anlama ve analiz bölümlerinde diyagram çizme, mevcut kaynakları kullanma gibi farklı davranımlarda bulunmuşlardır. Katılımcılar; araştırma, planlama, uygulama ve doğrulama aşamalarında ise bilgi ve stratejilere erişmek ve bunları değerlendirme, varsayımlarda bulunma ve bu varsayımları test etme, ilerlemeyi görüntüleme ile faaliyetlerin ve stratejilerin etkililiği ve ulaşılan yanıtın doğruluğunu değerlendirmek için kararlar almışlardır. Çalışmada erişilen diğer ilginç bir bulgu ise adayların uygun üstbilişsel eylemlerin izlenmediği bilişsel problem çözme faaliyetlerinin verimsiz çabalara yol açtığıdır. Benzer şekilde Açıkgül (2012) 36 matematik öğretmeni adayı ile yürüttüğü çalışmasında adayların geometrik yer problemlerini çözümleri sürecinde dinamik geometri yazılımlarından Cabri'nin etkisini incelemiştir. Etkinliklerle zenginleştirilen uygulama süreci kalem kâğıt ortamında yürütülen etkinliklerin yanında dinamik geometri yazılımları ile zenginleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, adayların kalem kâğıt ortamında yaptıkları çözümlerin hatalar içerdiğini, yazılımda ise adayların eksik alan bilgilerinden bulgulara rastlandığı görülmüştür. Her iki yaklaşım karşılaştırıldığında (kalem-kâğıt ve dinamik geometri yazılımı), öğretmenlerin dinamik geometri yazılımı ortamında hipotez kurma ve bu hipotezleri test etme, genelleme yapma fırsatı yakaladıkları görülmüştür. Kalem – kâğıt ortamı ise adayların sahip oldukları matematiksel bilgiyi kullanma, bağımlı-bağımsız noktayı belirleme, zihinde canlandırma ve doğru tahminlerde bulunma gibi noktalarda öğretmen adaylarına fırsatlar sunmuştur. Elde edilen nitel veriler ise öğretmen adaylarının bu teknolojik araçlara karşı olumlu tutum geliştirdikleri yönündedir.

Bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına etkisini inceleyen çalışmalardan bir diğeri de Güven (2012) sekizinci sınıf öğrencilerinin dönüşüm geometrine yönelik anlama düzeylerini geliştirmek için dinamik geometri yazılımının etkisine yönelik çalışmadır. Güven (2012) 36 deney grubu 32 kontrol grubu olmak üzere toplam 68 sekizinci sınıf öğrencisi ile deneysel desende yürüttüğü çalışmasında, deney grubu öğrencilerine dönüşüm geometrisi dinamik geometri yazılımlarını kullanarak anlatırken kontrol grubu öğrencilerine aynı uygulamayı izometrik ve noktalı kağıtlar kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda Güven (2012) deney grubunun sadece akademik başarıda değil, aynı zamanda dönüşüm geometrisini öğrenme düzeylerinde de kontrol grubundan daha iyi performans gösterdiğini ifade etmiştir. Güven (2012) tarafından elde edilen bu sonuç, projenin problem çözme başarısını olumlu etkilemesi ve öğretmen adaylarında sürüklenme, döndürme becerilerinin oluşumuna destek olması kısımları ile benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada Bülbül (2021) tarafından geliştirilen problem çözme becerilerine yönelik bilgisayar destekli geometri etkinliklerinin, adayların problem çözme başarılarını olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada "Problem Çözme Başarı Testi" öğretmen adaylarının problem çözme başarılarını ölçme aracı olarak kullanılmıştır. Eğer öğretmenler öğrencilerinin problem çözme başarılarını belirlemek istiyorsa bu testi kullanabilirler. Ön test son test kontrol ve deney grubu ile farklı kademedeki öğrencilerle çalışılarak eğitimsel sonuçlar irdelenebileceği çalışmanın önerileri arasında yer almaktadır.

Etik Kurulu Raporu

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Eğiti Kurulu'ndan 06.02.2020 tarihli 2020/03 sayılı etik kurulu belgesi alınmıştır.

Kaynaklar / References

- Açıkgül, K. (2012). *Examination of pre-service teachers' processes of solving geometric space problems using dynamic geometry software and their views on these processes*. (Unpublished Master Thesis). İnönü University, Institute of Educational Sciences, Department of Primary Education, Malatya.
- Açıkgül, K. & Aslaner, R. (2014) Computer-assisted instruction and mathematics teacher candidates: A literature review. *Journal of İnönü University Educational Sciences Institute*, 1(1), 41-51.
- Aparı, B. (2019). *The effect of GeoGebra supported problem-posing based learning process on students' problem-posing skills and self-efficacy beliefs* (Unpublished Master Thesis). Dicle University, Institute of Educational Sciences, Department of Mathematics and Science Education,
- Baki, A. (2008). *Mathematics education from theory to practice* (4th Ed.). Ankara: Harf.
- Baki, A. (2002). *Computer-assisted mathematics for learners and teachers*. İstanbul: Ceren Yayın Dağıtım.
- Bayturan, S. (2011). *The effect of computer-assisted instruction on students' achievements, attitudes, and computer self-efficacy in secondary education mathematics education*. (Unpublished Doctoral Thesis). Dokuz Eylül University, Institute of Educational Sciences, Primary Education Department, İzmir.
- Bintaş, J. & Akıllı, B. (2008). *Computer assisted geometry*. Ankara: Pegem Academy.
- Bintaş, J. & Bağcıvan, B. (2007). Computer-assisted geometry teaching in the seventh grade of primary education. *Journal of Hasan Ali Yücel Faculty of Education*, 7, 33-45.

- Bülbül, B.Ö., Güler, M., Gürsoy, K. & Güven, B. (2020). For what purpose do the student teachers use DGS? A qualitative study on the case of continuity. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 7(3), 785-801.
- Bülbül, B.Ö. (2021, Şubat). *Developing, implementing and evaluating the effects of computer aided geometry activities for pre-service mathematics teachers' problem solving skills* [National Project]. Manisa Celal Bayar University.
- Christou, C., Mousolides, N., Pittalis, M. & Pitta-Pantazi, D. (2005). Problem solving and problem posing in a dynamic geometry environment. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 2(2), 125-143.
- Cohen, L. & Manion, L. (1994). *Research methods in education* (Fourth Edition). London: Routledge.
- Çepni, S. (2001). *Introduction to research and project studies*. Trabzon: Erol Ofset Publishing.
- Çetin, İ. Erdoğan, A. & Yazlık, D.Ö. (2015). The effect of teaching with Geogebra on eighth-grade students' success on transformation geometry. *International Journal of Turkish Educational Sciences*, 2015(4), 84-92.
- Genç, G. & Öksüz, C. (2016). Teaching 5th-grade polygons and quadrilaterals subjects with dynamic mathematics software. *Kastamonu Journal of Education*, 24(3), 1551 – 1566.
- Güven, B. (2012). Using dynamic geometry software to improve eight grade students' understanding of transformation geometry. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(2), 364-382.
- İpek, J. & Malaş, H. (2013). The effect of star strategy in computer-assisted mathematics lesson on primary school 2nd-grade students' math course achievement and problem-solving skills. *Necatibey Faculty of Education Journal of Electronic Science and Mathematics Education*, 7(2), 314-345.
- Karadağ, E. (2019). *Examination of the effect of the mathematics lesson taught with technology-related activities and problems on the problem-solving success and attitudes of primary school fourth-grade students*. (Unpublished Master Thesis). Marmara University, Institute of Educational Sciences, Department of Basic Education, Istanbul.
- Kawabata, R. & Itoh, K. (2009). Computer-aided solid geometry learning (CASGL). *Society for Design and Process Science Printed in the United States of America.*, 13(4), 19-34.
- Kuzle, A. (2013). Patterns of metacognitive behavior during mathematics problem-solving in a dynamic geometry environment. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 8(1), 20-40.
- MEB. (2018). *Mathematics lesson curriculum for primary and secondary school 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8th grades*. Ministry of National Education Publishing, Ankara.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Let's count in curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Retson, VA.
- Orçanlı, H.B. & Orçanlı, K. (2016). The effect of computer-assisted geometry teaching on 7th-grade students' geometry achievement and geometry self-efficacy perception. *Social Sciences Research Journal*, 5(1), 80-97.
- Roza, Y. (2017). Computer-based media for learning geometry at mathematics class of secondary schools. *Journal of Educational Sciences*, 1(1), 79-91.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem-solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching* (pp. 334–370). New York: MacMillan Publishing.
- Tapan-BROUTIN, M.S. (2010). *Computer interactive geometry teaching*. İstanbul: Ezgi Bookstore.
- Wong, W.K., Yin, S.K., Yang, H.H. & Cheng, Y.H. (2011). Using computer-assisted multiple representations in learning geometry proofs. *Educational Technology & Society*, 14(3), 43-54.