

EFFECTS OF STEM EDUCATION THROUGH PROBLEM-BASED LEARNING
(PBL) ON STUDENTS' HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS)

by

Tuğba Dörter

B.S., Undergraduate Program in Mathematics Education, Boğaziçi University, 2022

Submitted to the Institute for Graduate Studies in
Science and Engineering in partial fulfillment of
the requirements for the degree of
Master of Science

Graduate Program in Mathematics and Science Education
Boğaziçi University

2025

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my heartfelt appreciation to my advisor, Assoc. Prof. Serkan Özel, for his exceptional mentorship, continuous encouragement, and insightful guidance throughout every stage of this research. His expertise and thoughtful advice played a pivotal role in shaping the direction and depth of this study. It has been an honor to work with him.

My sincere thanks also go to my committee members, Assoc. Prof. Fatma Aslan Tutak and Prof. Sencer Çorlu, for their valuable input, critical perspectives, and academic support. Their contributions have enriched this thesis and broadened my understanding of the field.

I am truly thankful to Büşra Bozkurt, Ece Köktürk, and Ece Akbuğa for standing by me and implementing the study in the classes.

I would like to thank Nüvit Köroğlu, Gülşah Gül, Gökben Baykal, and Cansu Şipal Erdoğan for their support during the whole process.

Also, I would like to thank my dear friend Erenay Atay for being a part of my undergraduate and master's education and always supporting me throughout the thesis process.

Lastly, I am deeply grateful to my family, Ebru, Mustafa, Kübra, and Elif Dörter, for being my greatest source of strength. Their unwavering love, patience, and encouragement have been the foundation that carried me through this journey. I couldn't have done it without them.

ABSTRACT

EFFECTS OF STEM EDUCATION THROUGH PROBLEM-BASED LEARNING (PBL) ON STUDENTS' HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS)

The 21st century requires students to have critical, creative, and problem-solving skills to address complex real-world challenges. Mathematics education is key to developing these higher-order thinking skills (HOTS), yet in countries like Türkiye, standardized testing pressures often hinder their growth. Despite curriculum reforms, Türkiye continues to show lower scores in PISA and TIMSS, highlighting the need for instructional innovation. Integrating STEM education with problem-based learning (PBL) offers a student-centered approach that links to real-world problems, fostering critical and creative thinking (Rehmat, 2015; Asghar *et al.*, 2012). This study used a quasi-experimental pre and post-test control group design with 123 fifth-grade students from a private school in Türkiye to examine the effects of STEM-PBL on HOTS in critical thinking, mathematical thinking, and problem-solving skills. The experimental group was taught through STEM-PBL lessons, while the control group received non-STEM-PBL lessons. Findings showed a significant difference in critical thinking and problem-solving skills in the experimental group. However, no statistically significant difference in mathematical thinking, possibly due to initial performance differences and younger students' limited metacognitive awareness (Zimmerman, 2002). This study adds to the literature by offering evidence that STEM-PBL can effectively support the development of students' HOTS. It calls for a re-evaluation of educational methods, the need for interdisciplinary, real-world learning environments.

ÖZET

PROBLEME DAYALI ÖĞRENME (PDÖ) YOLUYLA STEM EĞİTİMİNİN ÖĞRENCİLERİN ÜST DÜZEY DÜŞÜNME BECERİLERİ (ÜDDB) ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

21. yüzyıl, öğrencilerin karmaşık ve gerçek dünya sorunlarını çözmek için eleştirel, yaratıcı ve problem çözme becerilerine sahip olmalarını gerektirmektedir. Matematik eğitimi, bu üst düzey düşünme becerilerinin (ÜDDB) geliştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır; ancak Türkiye gibi ülkelerde test çözme baskısı bu becerilerin gelişimini sıklıkla engellemektedir. Türkiye Müfredat reformlarına rağmen, PISA ve TIMSS sınavlarında düşük puanlar almaya devam etmekte ve bu da öğretim yöntemlerinde yenilik ihtiyacını ortaya koymaktadır. STEM eğitiminin probleme dayalı öğrenme (PDÖ) ile entegrasyonu, gerçek dünya problemleriyle bağlantılı, öğrenci merkezli bir yaklaşım sunarak eleştirel ve yaratıcı düşünmeyi teşvik etmektedir (Rehmat, 2015; Asghar *et al.*, 2012). Bu çalışma, Türkiye’deki özel bir okuldaki beşinci sınıf öğrencileri ile STEM-PDÖ’nün eleştirel düşünme, matematiksel düşünme ve problem çözme becerileri (ÜDDB) üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yarı deneysel ön test/son test kontrol gruplu bir desen kullanmıştır. Deney grubuna STEM-PDÖ dersleri uygulanırken, kontrol grubu STEM-PDÖ içermeyen dersler almıştır. Bulgular, deney grubunda eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerinde anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Ancak, matematiksel düşünmede istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu durum, başlangıç performansındaki farklılıklar ve daha küçük yaştaki öğrencilerin sınırlı üst biliş farkındalığından kaynaklanmış olabilir (Zimmerman, 2002). Bu çalışma, STEM-PDÖ’nün öğrencilerin ÜDDB gelişimini etkin bir şekilde destekleyebileceğine dair kanıtlar sunarak literatüre katkıda bulunmaktadır.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGEMENTS	iii
ABSTRACT	iv
ÖZET	v
LIST OF FIGURES	ix
LIST OF TABLES	xv
LIST OF ACRONYMS/ABBREVIATIONS	xvi
1. INTRODUCTION	1
1.1. Purpose and Significance of the Study	2
1.2. Research Question	5
1.3. Hypotheses	5
2. LITERATURE REVIEW	6
2.1. Higher-Order Thinking Skills (HOTS)	6
2.2. Problem-Based Learning (PBL)	8
2.2.1. Origins of Problem-Based Learning	8
2.2.2. Definitions and Theoretical Framework for Problem-Based Learning	9
2.2.3. Problem-Based Learning in Education	11
2.3. STEM Education	14
2.3.1. Definitions of STEM	14
2.3.2. Theoretical Framework for STEM Education	16
2.3.3. STEM and Mathematics Education	22
2.3.4. STEM and Higher-Order Thinking Skills	23
2.4. STEM and Problem-Based Learning (PBL)	25
3. METHODS	27
3.1. Research Design	27
3.2. Participants and Settings	27
3.3. Data Collection Instruments	28
3.3.1. Mathematical Thinking Scale (MTS)	28

3.3.2. Critical Thinking Skills Test (CTST)	29
3.3.3. Mathematical Problem-Solving Test (MPST)	30
3.3.4. Classroom Observation	31
3.4. Procedures	31
3.4.1. Study Implementation	34
3.5. Data Analysis	42
3.5.1. Data Preparation and Reliability	42
3.5.2. Quantitative Analysis	42
3.5.3. Testing Assumptions	43
4. RESULTS	46
4.1. Demographics of Participants	46
4.2. Descriptive Statistics	47
4.3. Effects of STEM-PBL Lessons on Students' MTS, CTST, and MPST Scores	49
5. DISCUSSION AND CONCLUSION	53
5.1. Restatement of the Purpose of the Study	53
5.2. The Effects of STEM-PBL Lessons	54
5.3. Implications for Future Research	58
5.4. Limitations	58
REFERENCE	60
APPENDIX A: MATHEMATICAL THINKING SKILLS TEST	73
APPENDIX B: CRITICAL THINKING SKILLS TEST	75
APPENDIX C: MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING SKILLS TEST	81
APPENDIX D: ETHICS COMMITTEE APPROVAL	100
APPENDIX E: MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION APPROVAL	101
APPENDIX F: CONSENT FORM	102
APPENDIX G: LESSON PLAN 1	104
APPENDIX H: LESSON PLAN 2	108
APPENDIX I: LESSON PLAN 3	115
APPENDIX J: LESSON PLAN 4	119
APPENDIX K: DESIGN WORKSHEET 1	125

APPENDIX L: DESIGN WORKSHEET 2	128
APPENDIX M: DESIGN WORKSHEET 3	132
APPENDIX N: DESIGN WORKSHEET 4	135
APPENDIX O: MATHEMATICS CURRICULUM	140
APPENDIX P: PERMISSION FOR THE FRAMEWORK	151
APPENDIX Q: PERMISSION FOR MATHEMATICAL THINKING SKILLS TEST	152
APPENDIX R: PERMISSION FOR MATHEMATICAL THINKING SKILLS TEST	153
APPENDIX S: PERMISSION FOR MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING SKILLS TEST	154

LIST OF FIGURES

Figure 2.1.	Conceptual framework for Integrated STEM Education. Adopted from: (Honey <i>et al.</i> , 2014, p. 32).	19
Figure 3.1.	Design of the study.	33
Figure 3.2.	Village prototypes.	37
Figure 3.3.	Dustbin prototypes.	38
Figure 3.4.	Roof panels.	39
Figure 4.1.	Estimated marginal means of post-CTST-total.	50
Figure 4.2.	Estimated marginal means of post-MPST-total.	51
Figure 4.3.	Estimated marginal means of post-MTS-total.	51
Figure A.1.	Mathematical thinking skills test.	73
Figure A.2.	Mathematical thinking skills test-2.	74
Figure B.1.	Critical thinking skills test.	75
Figure B.2.	Critical thinking skills test-2.	76
Figure B.3.	Critical thinking skills test-3.	77
Figure B.4.	Critical thinking skills test-4.	78

Figure B.5. Critical thinking skills test-5.	79
Figure B.6. Critical thinking skills test-6.	80
Figure C.1. Mathematical problem-solving skills test.	81
Figure C.2. Mathematical problem-solving skills test-2.	82
Figure C.3. Mathematical problem-solving skills test-3.	83
Figure C.4. Mathematical problem-solving skills test-4.	84
Figure C.5. Mathematical problem-solving skills test-5.	85
Figure C.6. Mathematical problem-solving skills test-6.	86
Figure C.7. Mathematical problem-solving skills test-7.	87
Figure C.8. Mathematical problem-solving skills test-8.	88
Figure C.9. Mathematical problem-solving skills test-9.	89
Figure C.10. Mathematical problem-solving skills test-10.	90
Figure C.11. Mathematical problem-solving skills test-11.	91
Figure C.12. Mathematical problem-solving skills test-12.	92
Figure C.13. Mathematical problem-solving skills test-13.	93
Figure C.14. Mathematical problem-solving skills test-14.	94

Figure C.15. Mathematical problem-solving skills test-15.	95
Figure C.16. Mathematical problem-solving skills test-16.	96
Figure C.17. Mathematical problem-solving skills test-17.	97
Figure C.18. Mathematical problem-solving skills test-18.	98
Figure C.19. Mathematical problem-solving skills test-19.	99
Figure D.1. Ethics Committee Approval.	100
Figure E.1. Ministry of National Education Approval.	101
Figure F.1. Consent form.	102
Figure F.2. Consent form-2.	103
Figure G.1. Lesson plan 1.	104
Figure G.2. Lesson plan 1-2.	105
Figure G.3. Lesson plan 1-3.	106
Figure G.4. Lesson plan 1-4.	107
Figure H.1. Lesson plan 2.	108
Figure H.2. Lesson plan 2-2.	109
Figure H.3. Lesson plan 2-3.	110

Figure H.4.	Lesson plan 2-4.	111
Figure H.5.	Lesson plan 2-5.	112
Figure H.6.	Lesson plan 2-6.	113
Figure H.7.	Lesson plan 2-7.	114
Figure I.1.	Lesson plan 3.	115
Figure I.2.	Lesson plan 3-2.	116
Figure I.3.	Lesson plan 3-3.	117
Figure I.4.	Lesson plan 3-4.	118
Figure J.1.	Lesson plan 4.	119
Figure J.2.	Lesson plan 4-2.	120
Figure J.3.	Lesson plan 4-3.	121
Figure J.4.	Lesson plan 4-4.	122
Figure J.5.	Lesson plan 4-5.	123
Figure J.6.	Lesson plan 4-6.	124
Figure K.1.	Design worksheet 1.	125
Figure K.2.	Design worksheet 1-2.	126

Figure K.3.	Design worksheet 1-3.	127
Figure L.1.	Design worksheet 2.	128
Figure L.2.	Design worksheet 2-2.	129
Figure L.3.	Design worksheet 2-3.	130
Figure L.4.	Design worksheet 2-4.	131
Figure M.1.	Design worksheet 3.	132
Figure M.2.	Design worksheet 3-2.	133
Figure M.3.	Design worksheet 3-3.	134
Figure N.1.	Design worksheet 4.	135
Figure N.2.	Design worksheet 4-2.	136
Figure N.3.	Design worksheet 4-3.	137
Figure N.4.	Design worksheet 4-4.	138
Figure N.5.	Design worksheet 4-5.	139
Figure O.1.	Mathematics curriculum.	140
Figure O.2.	Mathematics curriculum 2.	141
Figure O.3.	Mathematics curriculum 3.	142

Figure O.4. Mathematics curriculum 4.	143
Figure O.5. Mathematics curriculum 5.	144
Figure O.6. Mathematics curriculum 6.	145
Figure O.7. Mathematics curriculum 7.	146
Figure O.8. Mathematics curriculum 8.	147
Figure O.9. Mathematics curriculum 9.	148
Figure O.10. Mathematics curriculum 10.	149
Figure O.11. Mathematics curriculum 11.	150
Figure P.1. Permission letter.	151
Figure Q.1. Permission for mathematical thinking skills test.	152
Figure R.1. Permission for critical thinking skills test.	153
Figure S.1. Permission for mathematical problem-solving skills test.	154

LIST OF TABLES

Table 3.1.	Timeline for experimental (STEM-PBL) and control group.	33
Table 3.2.	Objectives for STEM-PBL lesson plan 1.	36
Table 3.3.	Objectives for STEM-PBL lesson plan 2.	37
Table 3.4.	Objectives for STEM-PBL lesson plan 3.	38
Table 3.5.	Objectives for STEM-PBL lesson plan 4.	40
Table 3.6.	Objectives for non-STEM-PBL lessons.	41
Table 3.7.	Kolmogorov-Smirnov test results.	44
Table 4.1.	Demographic information of the participants.	46
Table 4.2.	Descriptive statistics for pre- and post-test scores of MTS, CTST, and MPST.	47
Table 4.3.	Pre- and post-test results.	47
Table 4.4.	Pre- and post-test results of MTS with sub-domains.	48
Table 4.5.	MANCOVA results.	49
Table 4.6.	Tests of between-subjects effects.	50
Table 4.7.	Effect sizes of the similar studies.	52

LIST OF ACRONYMS/ABBREVIATIONS

CEE	Conceptions of Engineers and Engineering
Comm-Engr	Communication Related to Engineering
CTE	Career and Technology Education
CTST	Critical Thinking Skills Test
EThink	Engineering Thinking
ETools	Engineering Tools
HOTS	Higher-Order Thinking Skills
HOTT	Higher-Order Thinking Tendency
IEP	Individualized Education Program
ISI	Issues, Solutions, and Impacts
LOTS	Lower-Order Thinking Skills
MCreTS	Mathematical Creative Thinking Skills
MCriTS	Mathematical Critical Thinking Skills
MoNE	Ministry of National Education
MPSS	Mathematical Problem-Solving Skills
MPST	Mathematical Problem-Solving Skills Test
MTA	Mathematical Thinking Ability
MTS	Mathematical Thinking Scale
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PBL	Problem-Based Learning
PISA	Program for International Student Assessment
POD	Complete Process Design
PS	Problem-Solving
SEM	Apply Science, Engineering, and Mathematics Knowledge
SMET	Science, Mathematics, Engineering, and Technology
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics

STEMCrAft	STEM Critical Appraisal for Teachers
TERS	Test of Everyday Reasoning
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics



1. INTRODUCTION

The demands of the 21st-century require that students develop a range of fundamental competencies. Mathematics is a discipline particularly suited to developing abstract thought and equipping students with higher-order thinking skills (HOTS), including critical thinking, creative thinking, and problem-solving (Schoenfeld, 1992). To provide students with those competencies, curricula, and instructions need to be shaped from a constructivist point of view in which students construct their learning environment and knowledge and connect them to different areas (Brooks and Brooks, 1993).

Although curriculum reforms starting in 2005 program aimed to improve students' thinking skills (İlhan and Aslaner, 2019), Türkiye's performance on international assessments, including TIMSS and PISA, continues to be behind that of other developed countries (Mullis *et al.*, 2016; OECD, 2019). To address this disparity, the adaptation of constructivist pedagogies, where students are at the center of the courses and construct their learning with various activities, can deepen students' understanding. From that perspective, problem-based learning (PBL) and STEM (science, technology, engineering, and mathematics) might be good ways to boost students' higher-order thinking skills.

Both problem-based learning and STEM are rooted in constructivism (Rehmat, 2015), in which knowledge is constructed through the interaction of peers and the facilitator (Vygotsky, 1978). STEM education offers students interdisciplinary learning experiences in middle and high schools, fostering greater engagement and the development of 21st-century skills (Honey *et al.*, 2014). STEM creates opportunities for students to connect content knowledge with real-world problems, enhancing motivation and fostering problem-solving, critical thinking, communication, collaboration, and creativity (Beers, 2011).

Problem-based learning is a student-based instructional method rooted in social constructivism, combining an inquiry approach and problem-solving (Rehmat, 2015). Problem-based learning (PBL) encompasses various forms, with both ill-structured and complex problems shown to enhance students' cognitive development (Savery, 2006). PBL models facilitate three types of learning: cognitive, content-based, and collaborative (De Graaff and Kolmos, 2003). This instructional approach promotes the development of critical thinking, creativity, innovation, collaboration, communication, and higher-order thinking skills (Hmelo-Silver, 2004).

Problem-based learning fits well within STEM education, which often involves ill-structured, real-world problems. Since PBL uses authentic problems to foster deep understanding, integrating it with STEM offers a powerful framework to address complex interdisciplinary challenges, thereby enhancing students' higher-order thinking skills (HOTS) (English, 2016).

1.1. Purpose and Significance of the Study

A central challenge in contemporary education is the need to cultivate interdisciplinary knowledge and higher-order skills that prepare students for a complex global landscape. As educators, the aim is to equip students with interdisciplinary knowledge rather than with basic knowledge. Therefore, it is crucial to foster students' creative, critical, and problem-solving skills for all education levels (Facione and Facione, 1994). To develop these skills, constructivist teaching methods are essential. For example, STEM education integrated with problem-based learning (PBL) is an instructional approach that can boost students' higher-order thinking skills (HOTS) through solving authentic, real-world problems (Hmelo-Silver, 2004; English, 2016).

The influence of problem-based learning on higher-order thinking skills in both K-12 and higher education has been investigated in numerous studies, explaining that problem-based learning enhances students' critical thinking, problem-solving, and metacognitive skills (Hmelo-Silver, 2004; Tiwari *et al.*, 2006; Walker and Leary, 2009).

Some research, however, reports mixed results for academic achievement when comparing PBL with conventional instruction, suggesting that while PBL students may score lower on standardized knowledge tests, they outperform peers in assessments requiring application, reasoning, and transfer of learning (Albanese and Mitchell, 1993; Dochy *et al.*, 2003, Vernon and Blake, 1993). These findings indicate that the benefits of PBL are more evident in complex problem-solving and real-world performance than in rote memorization.

Despite ongoing debates about the impact of PBL on test-based achievement, a growing body of research shows its potential to develop 21st-century thinking skills such as problem-solving, decision-making, and creativity (Hung *et al.*, 2008; Strobel and van Barneveld, 2009; English, 2016). Because PBL connects classroom learning with real-world contexts, its integration into STEM offers a strong pedagogical framework for fostering deep knowledge processing and critical thinking (Capraro *et al.*, 2013). Therefore, STEM education through PBL represents a promising pathway to cultivating students' HOTS.

In countries where high-stakes testing dominates academic outcomes, instructional time often shifts toward test preparation at the expense of activities that foster HOTS (Au, 2007). Test preparation also affects teachers so that they pay more attention to tests than other activities, such as alternative assessments and activities for higher-order thinking skills, including critical and creative thinking skills (Klenowski and Wyatt-Smith, 2012).

Türkiye, being a country where test preparation is the primary focus, exhibits poor performance in PISA and TIMSS Türkiye compared to other countries (Mullis *et al.*, 2020). Although reforms have aimed to improve these results (Gür *et al.*, 2012), there remains a pressing need to strengthen students' 21st-century skills. Addressing this need requires lesson designs that integrate problem-solving, reasoning, and conceptual understanding from early grades.

Mathematics is particularly well-positioned to develop systematic and strategic thinking. Individuals working in fields such as engineering, economics, or technology often encounter complex problems that require creative problem-solving skills grounded in mathematical reasoning (Schoenfeld, 1992). Therefore, raising students with higher-order mathematical thinking from elementary school to university level is essential. Research suggests that early exposure to integrated STEM learning can significantly influence students' long-term interest and competence in these skills (Margot and Kettler, 2019).

The selection of 5th-grade students for this study is both strategic and pedagogically sound. This grade represents a transitional period into middle school, during which students' cognitive abilities for abstract and analytical reasoning expand significantly (Piaget, 1972; Conklin, 2012). It is also the point at which many students begin receiving subject-specific instruction in mathematics, allowing for more focused development of conceptual and problem-solving skills (Hill *et al.*, 2005). Moreover, Türkiye's new mathematics curriculum, introduced in 2024, shifts emphasis from procedural fluency toward conceptual understanding, reasoning, and real-world applications (MoNE, 2024). Implementing STEM-oriented PBL approaches during this reform period offers a timely opportunity to align classroom practices with curriculum goals.

In this regard, mathematics instruction should be designed to boost students' HOTS through approaches that integrate critical thinking, creativity, and collaborative problem-solving. STEM education through problem-based learning offers a research-supported framework to achieve these goals (English, 2016). This study aims to enhance students' higher-order thinking skills through STEM-oriented PBL in middle school mathematics, employing a pre-test/post-test design to compare outcomes with those from traditional instructional approaches, and to contribute to the evidence base for effective teaching practices that develop 21st-century competencies.

1.2. Research Question

Does participation in a STEM education program based on Problem-Based Learning significantly affect students' mathematical thinking, problem-solving, and critical thinking skills, compared to a control group, after controlling for their pre-test scores in each skill area?

1.3. Hypotheses

H1: There will be a statistically significant difference between fifth-grade students who receive STEM-PBL instruction and those who receive non-STEM-PBL instruction in their post-test scores on mathematical thinking, critical thinking, and mathematical problem-solving skills, indicating higher-order thinking skills.

2. LITERATURE REVIEW

This chapter reviews the theoretical and empirical literature that underpins the present study. It begins by defining Higher-Order Thinking Skills (HOTS) and its key components relevant to mathematics education. Subsequently, it examines the origins, theoretical frameworks, and educational applications of Problem-Based Learning (PBL). The final section explores the concept of STEM education, its theoretical models, and its documented impact on mathematics learning and the development of HOTS. Through this review, the chapter establishes the rationale for integrating STEM and PBL as a method to enhance students' higher-order thinking.

2.1. Higher-Order Thinking Skills (HOTS)

While the term “Higher-Order Thinking Skills” (HOTS) is relatively recent, it builds on the much older concept of critical thinking (Resnick, 1987; Anderson and Krathwohl, 2001). The philosophical roots of critical thinking extend to Socrates, Plato, and Aristotle, as discussed in the intellectual traditions of Western philosophy (Lewis and Smith, 1993). In modern education, formal recognition of critical thinking rose in the mid-20th century, with Cuban (1984) tracing this shift to B.O. Smith’s work in the 1950s. Today, HOTS is understood as a broader framework that includes critical thinking alongside creativity and problem solving (Anderson and Krathwohl, 2001; Resnick, 1987).

The concept of higher-order thinking has since garnered various interpretations and definitions in academic literature. Paul (1990) defines critical thinking as “taking charge of your own mind” (p.7), emphasizing the role of self-regulation and learning skills in personal development. Similarly, Resnick (1987) characterizes HOTS as involving complex, nonalgorithmic, and effortful thinking, leading to multiple solutions, nuanced judgments, and the application of multiple criteria between uncertainty and self-regulation. Newman (1990) distinguishes between lower-order (LOTS) and higher-

order thinking skills (HOTS). LOTS consist of memorization and routine tasks, and HOTS involve interpretation, analysis, and manipulation of information in more complex ways. Moreover, Thompson (2008) similarly categorizes thinking into lower-order and higher-order skills, associating the former with remembering and applying information in routine contexts. Despite different definitions, critical thinking and HOTS share common elements such as problem-solving, reasoning, and higher-order cognitive skills.

Research on HOTS has mainly addressed three areas: conceptualization, assessment, and pedagogy. Conceptually, HOTS involves cognitive operations like analyzing, evaluating, and creating—captured in Bloom’s Revised Taxonomy (Anderson and Krathwohl, 2001) and linked to both critical and creative thinking (Schraw and Robinson, 2011). Assessment tools range from complex, open-ended tasks requiring multi-step reasoning to structured, taxonomy-aligned tests measuring analysis, evaluation, and creation levels (Anderson and Krathwohl, 2001).

Creating environments that encourage critical thinking is essential. Effective pedagogical contexts support the transfer of knowledge and allow students to engage with ill-structured, real-world problems (Jonassen, 1997; Torp and Sage, 2002). Integrating problem-based learning (PBL) and STEM applications fosters interdisciplinary problem solving, innovation, and collaborative thinking (Capraro *et al.*, 2013).

Higher-order thinking skills (HOTS) in mathematics encompass the capacity to engage with complex, non-routine problem-solving tasks that require deep conceptual understanding, reasoning, and making connections between mathematical ideas (Schoenfeld, 1992; Anderson and Krathwohl, 2001).

Schoenfeld (1992) emphasizes that effective mathematical thinking involves sense-making, strategic planning, and metacognition—processes that transcend mere procedural fluency. Bloom’s revised taxonomy, as articulated by Anderson and Krathwohl (2001), highlights analysis, evaluation, and creation as higher-order cognitive domains,

framing mathematical HOTS as involving interpreting mathematical situations, evaluating solution strategies, and generating original methods or arguments.

A significant shift in the mathematics curriculum in Türkiye began with the 2005 program, aligning with constructivist educational theory and transitioning from a teacher-centered to a student-centered approach (İlhan and Aslaner, 2019). Recent revisions in the mathematics curriculum emphasize mathematical knowledge and also its application in real-life contexts, aiming to enhance critical thinking and problem-solving skills (MoNE, 2018). Despite these efforts, Turkish students' average scores in assessments like TIMSS and PISA remain below global averages (Arıkan *et al.*, 2016; Mullis *et al.*, 2016). Integrating learning methods that enhance higher-order thinking skills into mathematics lessons is essential to address this disparity. Problem-based learning and STEM approaches offer avenues for developing these skills across multiple disciplines, ultimately improving educational outcomes. It is essential to develop students' general abilities of HOTS. Therefore, mathematics is one of the disciplines that has the potential to enhance students' general HOTS abilities. From the literature, studies focused on three things to measure students' HOTS: critical thinking skills, mathematical thinking skills, and mathematical problem-solving skills. Therefore, this study focuses on developing students' higher-order thinking skills through critical thinking, mathematical thinking, and problem-solving skills.

2.2. Problem-Based Learning (PBL)

2.2.1. Origins of Problem-Based Learning

Problem-based learning (PBL) originated within the medical field due to inadequacies in traditional educational approaches, which focused on compartmentalizing learning of fundamental subjects such as psychology and anatomy rather than holistically integrating them (Rehmat, 2015). Recognizing the need for a more comprehensive educational strategy aligned with real-world contexts, a novel pedagogical approach emerged: problem-based learning (Barrows and Tamblyn, 1980). Subsequently, PBL

was found to be applicable in other disciplines such as engineering education, where it fostered problem-solving skills and facilitated interdisciplinary integration across various domains (Kolmos, 1996). Following its successful implementation in the medical education area, problem-based learning started to be adopted in different fields with K-16 education (Savery, 2006).

2.2.2. Definitions and Theoretical Framework for Problem-Based Learning

Problem-Based Learning (PBL) is a widely utilized student-centered pedagogy, though its applications can vary (Rehmat, 2015). Barrows and Tamblyn (1980) define PBL as a method where students engage in small group discussions centered around authentic problems, with teachers assuming the role of facilitators throughout the process. Hmelo-Silver (2004) characterizes PBL as an instructional methodology in which students acquire knowledge by addressing complex, real-world problems with multiple solutions. Within this framework, students work collaboratively in small groups, taking active roles in their learning process, while teachers serve as guides rather than transmitting knowledge (Hmelo-Silver, 2004). Savery (2006) clarifies PBL as a student-centered instructional approach necessitating research, interdisciplinary collaboration, and applying of theoretical concepts to practical problem-solving scenarios. The center of PBL methodology is the use of ill-structured problems. As Torp and Sage (2002) emphasized, PBL requires students to develop focused problem-solving skills and engage in experiential learning. Across the foundational literature, a consensus definition emerges: PBL is an instructional methodology where students, working in collaborative small groups, confront complex, authentic problems that lack simple solutions. This process requires students to engage in research, interdisciplinary thinking, and the application of theoretical concepts to practical scenarios. Central to this approach is the use of “ill-structured problems” that mirror real-world challenges, thereby fostering focused problem-solving skills and experiential learning. In this model, the teacher’s role shifts from a supplier of knowledge to that of a facilitator, guiding students in their learning process rather than dictating it (Barrows, 2000; Goodnough and Nola, 2008; Hmelo and Ferrari, 1997; Hmelo-Silver, 2004).

There are various strategies to implement PBL in educational settings, ranging from problem-centered lessons to environments fostering experiential learning and improved student relationships (Graaf and Kalmos, 2003). Hmelo and Ferrari (1997) delineate key characteristics of PBL, including engagement with ill-structured problems reflective of real-world processes, authentic problem-solving experiences, collaborative group work, facilitator-guided learning emphasizing cognitive and collaborative skills, and self-directed student inquiry. Gallagher *et al.* (1995) identify three fundamental aspects of PBL: the initiation of learning with a problem, the use of specifically designed ill-structured problems, and facilitator-led guidance that fosters student autonomy. Additionally, Duch *et al.* (2001) outlined a five step process for implementing PBL: identifying core concepts and learning objectives, and then design tasks and problems that actively engage students with the topic, integration of real-life cases into the tasks, potentially in consultation with subject matter experts to enhance authenticity, presenting problems to students with taking into account learning environments, providing teachers with guidelines for facilitating PBL sessions, including detailed lesson plans and instructional activities, and determination of the resources students need to address the problems posed within PBL lessons.

For this study, the problem-based cycle proposed by Hmelo-Silver (2004) was adopted as the guiding framework. This model, which consists of three recursive stages (1) identifying and generating hypotheses about a complex problem, (2) engaging in self-guided investigation and collaborative inquiry, and (3) reporting findings and reflecting on the learning process, was selected for its clear alignment with the goals of this research. Its emphasis on authentic, interdisciplinary challenges makes it particularly compatible with a STEM education approach. Moreover, the framework's structure provides a developmentally appropriate scaffold for 5th-grade students, empowering them to engage in the critical thinking and collaborative problem-solving necessary to cultivate higher-order thinking skills.

2.2.3. Problem-Based Learning in Education

The literature presents a nuanced picture of PBL's effectiveness. While some early meta-analyses suggested PBL students might lag in standardized knowledge tests compared to those in traditional classrooms, a larger body of research demonstrates PBL's superior impact on developing practical, higher-order skills such as critical thinking and clinical reasoning.

Problem-based learning is an educational method in many disciplines. Problem-based learning aims to give students problem-solving strategies with real-world cases and provide them with learning skills (Hmelo-Silver, 2004). Studies have been done to implement and investigate the effects of PBL. Several studies demonstrated that PBL negatively affected students' knowledge compared to traditional education (Berkson, 1993; Dochy *et al.*, 2003). Berkson (1993) conducted a meta-analysis, indicating that no studies showed a significant difference between traditional and PBL curricula. On the contrary, Vernon and Blake (1994) responded to Berkson's study (1993), explaining that Berkson misunderstood the papers analyzing the effects of PBL concerning traditional education. Vernon and Blake (1994) demonstrated that this study is an examination of the transferability of one assessment tool from one institution to another through students' performances in different sections and clinical practice; it is not an indicator of whether PBL significantly affects students' thinking abilities.

Goodnough and Cashion (2006) demonstrated that schoolteachers also have doubts about implementing problem-based learning. Their study revealed that school teachers struggle to implement problem-based learning regarding the design of the lessons, determining the topic, and the assessment procedure. Yet, the study also displays that students enjoy problem-based learning sessions since it enables students to be active learners, understand the real-world connections, and work with their peers. In alignment with this, Özel (2009) argued that these challenges should not be viewed as obstacles but rather as inherent aspects of shifting toward project-based and problem-based instructional models, suggesting that PBL requires teachers to rethink their

roles from knowledge transmitters to facilitators of learning, while simultaneously developing assessment approaches that capture students' problem-solving, creativity, and collaboration.

On the other hand, problem-based learning has also been seen to increase students' critical thinking skills (Tiwari *et al.*, 2006). Tiwari *et al.* (2006) investigated the impact of problem-based learning on students' critical thinking skill development. 14 The critical thinking dispositions of 79 nursing students were investigated through the California Critical Thinking Disposition Inventory. Forty students took lessons in the PBL method, and the other 39 had lecturing lessons over one academic year. For pre-test results, the two groups were not significantly different. After PBL lessons, the PBL students' results significantly improved compared to other students.

In another study by Tarmizi and Bayat (2012), the effects of PBL lessons were investigated in an Educational Statistics Course within ten weeks, in which a quasi-experimental post-test control group design was used. Six PBL Modules were used within ten weeks of lessons. PBL students worked as groups and did activities collaboratively; the other group took conventional lessons. According to the results, PBL students performed higher than the traditional group, and there was a significant difference between the two groups. Another study conducted by Derry *et al.* (2006) with pre-service teachers in educational psychology courses with technology integration also supports that PBL positively affects students. There were two different pre-service teachers, and the study was done in three semesters. The results showed that PBL lessons positively affected PBL students (Derry *et al.*, 2006).

Problem-based learning can also be integrated into other majors. Magsino (2014) conducted a qualitative design study and examined the Collaborative PBL method in an undergraduate course in marine biology. The study was done in the 2014-2015 academic year with 16 students. Before lessons started, students were given a course to remember facts, scientific methods, and applications of marine biology. After that, students became a group of four and were given a marine biology problem. They were

asked to create experimental designs to deal with the problem through the framework of the PBL Seven Step developed at the University of Maastricht (De Graaff and Kolmos, 2003). The study reveals that to improve students' critical thinking in the domains of analysis, synthesis, and evaluation in the top three domains of Bloom's Taxonomy, one of the effective methods is PBL. In addition, students also had competencies in demonstrating critical thinking skills (Magsino, 2014).

Klegeris *et al.* (2013) designed a pre/post-design quantitative study to observe the influence of tutor-less problem-based learning on students' problem-solving skills. Four different third-year courses, human kinetics, chemistry, sociology, and biochemistry, at the University of British Columbia, were selected to apply the study in the Fall 2011 term. Except for biochemistry, the other courses were delivered in traditional ways. The students taking the biochemistry course were in the experimental group, and the others were in the control group. Students took two problem-solving tests designed from International Student Assessment (PISA) questions at the beginning and the end of the semester. At the end of the study, it was seen that the scores of the experimental group were higher than those of the control group.

From a higher-order thinking and mathematics education perspective, several studies have measured whether PBL has enhanced students' HOTS in mathematics education. Suparman *et al.* (2021) did a meta-analysis study investigating the effects of PBL on students' higher-order thinking skills in mathematics learning in Indonesian students. They examined HOTS in three categories: mathematical critical thinking skills (MCriTS), mathematical creative thinking skills (MCreTS), and mathematics problem-solving skills (MPSS). The results reveal that applying PBL contributes to improving Indonesian students' HOTS (MCriTS, MCreTS, MPSS) in mathematics learning (Suparman *et al.*, 2021).

Yolanda (2019) examined the effects of problem-based learning on junior high school students' mathematical creative thinking skills. The study's design was quasi-experimental with a non-equivalent control group design. The research was done in

Bandung in the 2014-2015 academic year with 8th-grade students. There were two groups; one of the groups took PBL (experimental group), and the other group (control group) took lessons through a scientific approach. The study reveals that the average points of students from the PBL group were higher than those of the control group receiving the scientific approach (Yolanda, 2019).

2.3. STEM Education

2.3.1. Definitions of STEM

STEM is an acronym for Science, Technology, Engineering, and Mathematics that represents a cohesive educational framework for integrating these domains. Historically, the concept was first termed SMET (Science, Mathematics, Engineering, and Technology) before being adapted to the now-common acronym STEM by the National Science Foundation (NSF) (Sanders, 2009). This integrated approach is widely considered crucial for national economic development, leading many educators to prioritize enhancing STEM education within their curricula (Moore *et al.*, 2014).

To cultivate students' proficiency in these areas, it is essential to incorporate real-world-oriented topics and authentic tasks into instructional practices. Holmlund *et al.* (2018) emphasize that STEM education is defined by its interdisciplinary focus, its use of instructional practices, and its emphasis on engaging students in real-world problem solving. Similarly, Capraro *et al.* (2013) argue that STEM environments provide an effective framework for connecting disciplinary knowledge with authentic, ill-structured problems requiring well-defined solutions. Therefore, it fosters students' abilities to solve real-world problems and engage in critical thinking throughout K-12 education.

In Türkiye, for example, the 2018 update of the Science Curriculum introduced engineering and entrepreneurship practices, which laid a foundation for authentic, problem-oriented STEM applications in elementary and middle schools (Akaygün *et*

al., 2020). Similarly, a meta-synthesis of STEM-focused lesson plans revealed that Turkish teachers frequently employ project-based, inquiry-based, and problem-based learning (PBL) approaches, along with the 5E learning model, to connect disciplinary knowledge with real-life contexts and foster higher-order thinking (Özmen *et al.*, 2020).

Despite the widespread use of STEM education, the concept needs a universally accepted definition. White (2014) defined STEM education as aiming to equip all students with critical thinking skills essential for problem-solving in both professional environments and the marketplace. However, a distinction exists between STEM education as perceived within the educational domain and vocational purposes. Hence, educators are urged to specify “STEM Education” to denote its application within educational contexts (Sanders, 2009).

In Türkiye, STEM has been widely adopted under both the original acronym and the localized version “FeTeMM”, with numerous graduate theses, research projects, and teacher-training programs contributing to its national growth (Akaygün *et al.*, 2018). Moreover, the analysis of 82 STEM lesson plans demonstrated that authentic assessment practices—such as performance tasks and real-world problem-solving—are increasingly being embedded in Turkish classrooms. Notably, PBL activities (e.g., developing solutions for acid rain or energy efficiency problems) are widely used to help students apply STEM knowledge to authentic, complex challenges (Özmen *et al.*, 2020).

STEM education has been defined in multiple ways, reflecting its interdisciplinary nature and the ongoing evolution of educational practices. The National Research Council (2011) describes STEM education as the integration of science, technology, engineering, and mathematics in educational contexts to promote both content knowledge and higher-order thinking skills. Sanders (2009) emphasizes that STEM education involves the purposeful combination of these disciplines as pedagogical tools to enhance student learning and engagement. Similarly, Beers (2011) highlights the interdisciplinary and applied aspects of STEM education, noting its potential to pre-

pare students for complex, real-world challenges. Despite its broad adoption, scholars acknowledge that there is no universal agreement on a precise definition of STEM education, with interpretations varying across contexts (Breiner *et al.*, 2012). From an applied perspective, Wang *et al.* (2011) outline three approaches to STEM education: integration of science and mathematics through technology; career and technical education (CTE) that prepares students for workforce demands; and the extension of STEM principles into other academic and professional domains. In Türkiye, these applied perspectives have been mirrored through the establishment of STEM centers and the integration of structured frameworks for lesson planning (Akaygün *et al.*, 2018; Özmen *et al.*, 2020).

2.3.2. Theoretical Framework for STEM Education

Early attempts to define the core elements of K-12 STEM education were led by the NRC. In its foundational work, the NRC (2009) identified three key aspects for K-12 STEM: the importance of engineering design, the association of mathematics and science with technological knowledge, and an understanding of the nature of engineering.

Building on this, Moore *et al.* (2014) developed a more comprehensive, research-based framework to define quality K-12 engineering education. Their framework provides detailed guidance for curriculum development and consists of nine key indicators:

- (i) Complete Process Design (POD): Identifying problems, planning solutions, and design designs.
- (ii) Apply Science, Engineering, and Mathematics Knowledge (SEM): Applying interdisciplinary knowledge.
- (iii) Engineering Thinking (EThink): Encouraging creativity, systems thinking, and reflective problem-solving.
- (iv) Conceptions of Engineers and Engineering (CEE): Promoting an understanding of the engineering profession.

- (v) Engineering Tools, Techniques, and Processes (ETools): Familiarizing students with technical instruments and methodologies.
- (vi) Issues, Solutions, and Impacts (ISI): Fostering awareness of the societal and environmental consequences of engineering solutions.
- (vii) Ethics: Emphasizing ethical responsibility.
- (viii) Teamwork: Fostering collaboration.
- (ix) Communication Related to Engineering (Comm-Engr): Developing effective communication.

These foundational frameworks provide important context for the specific integrated STEM model from Honey *et al.* (2014) and Çorlu (2017) that were ultimately chosen to guide this study.

To further illustrate how STEM can be conceptualized, Kelley and Knowles (2016) proposed an integrated framework based on the analogy of a block and tackle pulley system. In this model, the “load” to be lifted is student learning, and the components of the system work together to achieve this goal:

- Pulley 1: Engineering Design. This component acts as the primary integrator of the STEM disciplines, engaging students in problem-solving and prototype creation through the application of scientific and mathematical reasoning.
- Pulley-2: Scientific Inquiry. This pulley involves engaging students in asking scientific questions and conducting investigations.
- Pulley-3: Technological Literacy. Means a deeper understanding of technology as human-designed solutions with societal, environmental, and ethical dimensions.
- Pulley-4: Mathematical Thinking. Encourages abstract and quantitative reasoning.
- The Rope is used to bind collaborative learning and social participation.

Honey *et al.*'s (2014) framework was used in the study since it is a suitable framework for Problem-Based Learning (Honey *et al.*, 2014). They stated an Integrated

STEM Education Framework (see Figure 2.1) emphasizing learning through real-world problems requiring interdisciplinary knowledge from science, technology, engineering, and mathematics.

The framework supports the use of ill-structured problems as authentic, real-world STEM challenges, initiating learning with complex problem contexts (Honey *et al.*, 2014, p. 32). It also gives importance to teacher facilitation, promoting student autonomy and self-directed learning to enable students to take control of their learning process.

While Honey *et al.*'s (2014) (see Figure 2.1) framework provides a comprehensive model for integrated STEM education, Çorlu's (2017) STEM: Integrated Teaching Framework offers a complementary perspective that enriches and extends these ideas. Both frameworks emphasize learning through authentic, real-world problems and highlight the importance of interdisciplinary integration across science, mathematics, engineering, and technology. Honey *et al.* (2014) stress the role of ill-structured problems, teacher facilitation, and student autonomy in developing 21st-century competencies, while Çorlu (2017) similarly emphasizes Knowledge-Based Life Problems as the foundation for learning, advocating for student-centered inquiry and problem-solving.

In addition, Honey *et al.* articulate detailed goals and outcomes for both students and teachers, whereas Çorlu (2017) provides guiding principles such as equity, relevance, interdisciplinarity, and rigor, as well as the importance of professional learning communities to sustain effective implementation.

Taken together, these two frameworks are complementary: Honey *et al.*, (2014) offer a structured conceptualization of integrated STEM, while Çorlu (2017) deepens this view by highlighting the philosophical, pedagogical, and practical elements needed to make such integration meaningful and sustainable.

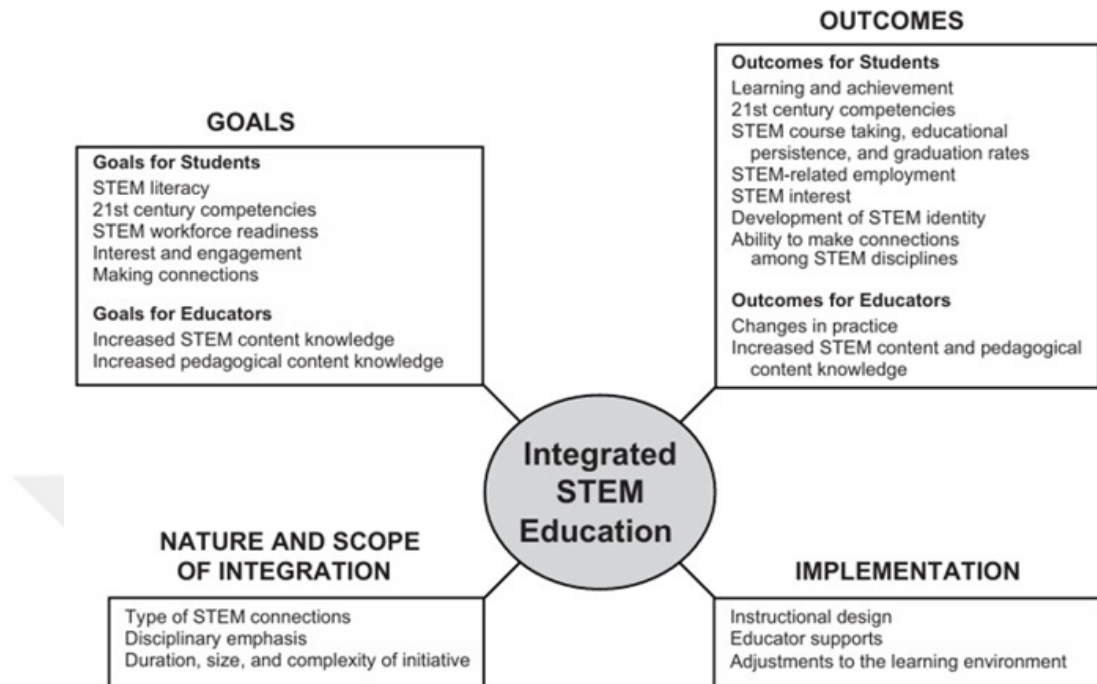


Figure 2.1. Conceptual framework for Integrated STEM Education. Adopted from:
(Honey *et al.*, 2014, p. 32).

As illustrated in Figure 2.1, the model is structured around four components:

(1) Goals: These are subdivided into five student-focused and two educator-focused objectives. The student goals include:

- STEM literacy, which refers to awareness of the roles of STEM in society, understanding of fundamental disciplinary concepts, and basic application fluency.
- 21st-century competencies, encompassing cognitive, interpersonal, and intrapersonal skills such as critical thinking, communication, collaboration, adaptability, and metacognition.
- Interest and engagement in STEM, especially among underrepresented groups, which is critical for long-term participation.
- Ability to make interdisciplinary connections, enabling students to transfer knowledge, combine practices, and synthesize understanding across STEM domains.

For educators, the framework emphasizes two goals: (1) increasing STEM content knowledge and (2) enhancing pedagogical content knowledge. These goals are particularly important for supporting interdisciplinary learning and preparing teachers for instructional challenges in both formal and informal educational contexts. While many STEM initiatives imply these goals without explicitly articulating them, the framework positions them as central to designing impactful integrated STEM programs (Honey *et al.*, 2014). Similarly, Çorlu (2017) emphasizes that teachers should act as co-educators of knowledge with students and develop flexible curricula that integrate multiple disciplines in response to authentic societal needs.

(2) Outcomes: Six key student outcomes are identified:

- Learning and achievement, typically measured through standardized or curriculum-based assessments.
- Development of 21st-century skills, including problem-solving, critical thinking, collaboration, and creativity, particularly in addressing ill-structured problems.
- Increased course-taking and persistence, as indicated by higher enrollment and graduation rates in STEM.
- Entry into STEM-related career pathways.
- Development of STEM interest and identity, referring to students' motivation and self-perception in relation to STEM.
- Ability to transfer knowledge across STEM disciplines, a marker of interdisciplinary learning.

For educators, outcomes include changes in instructional practice such as increased use of inquiry-based, student-centered strategies, and growth in both content and pedagogical knowledge. Although high-level outcomes like STEM identity or literacy are methodologically complex to measure, the framework underscores the importance of designing integrated STEM experiences with observable impacts on both students and educators. This aligns with Çorlu's (2017) emphasis on interdisciplinary rigor, equity, and relevance as guiding principles of integrated STEM.

(3) Nature and Scope of Integration: This dimension includes three elements:

- Type of STEM connections—ranging from concept integration across disciplines (e.g., using geometric principles in engineering design) to the fusion of disciplinary practices (e.g., combining scientific inquiry with engineering processes).
- Disciplinary emphasis, where one subject (often mathematics or science) may dominate, supported by others to deepen learning.
- Scope of initiatives, varying in duration and complexity—from single lessons to full-school models. Some efforts are limited pilot projects, while others are large-scale implementations involving extensive stakeholder networks. Integration can also occur in informal environments beyond traditional classrooms. The nature and scope of integration affect required resources, stakeholder involvement, expected outcomes, and the feasibility of evaluation.

(4) Implementation: Effective implementation requires careful attention to instructional design, educator support, and adaptations in the learning environment (Honey *et al.*, 2014). Instructional strategies can range from traditional methods to more student-centered approaches, such as problem-based learning and engineering design.

These often align with scientific inquiry and offer meaningful opportunities to apply STEM knowledge. Supporting educators through professional development and adjusting institutional structures—such as extending class periods or fostering cross-school partnerships—are essential. Documenting both the process and the outcomes helps determine what works and informs future program design (Honey *et al.*, 2014). Çorlu (2017) similarly emphasizes that teacher professional learning communities and long-term professional development are key drivers for sustainable integrated STEM practices in schools. In conclusion, the STEM-PBL lesson plans (see Appendix G) were developed in accordance with Honey *et al.*'s (2014) conceptual framework, complemented by Çorlu's (2017) STEM: Integrated Teaching Framework and Hmelo-Silver's (2004) problem-based learning cycle, which encompasses the stages of problem identification, self-directed investigation, and reporting.

2.3.3. STEM and Mathematics Education

In the 21st-century, there is an emphasis on promoting Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education at both national and global levels, driven by the recognition of its significant contribution to economic and social sustainability (Freeman *et al.*, 2019). STEM education plays a pivotal role in fostering interdisciplinary thinking among students, enabling them to address authentic, real-world challenges (Anderson *et al.*, 2020). Consequently, concerted efforts are being made to integrate STEM education into curricula and educational policies (Freeman *et al.*, 2014).

DeJarnette (2012) underscores the importance of incorporating engineering tasks into educational curricula for young learners to encourage their self-confidence in subsequent mathematics and science coursework. Notably, students generally exhibit lower performance in STEM disciplines compared to other fields, with American students particularly lagging behind their counterparts in Asian and European nations (McGee *et al.*, 2013).

STEM education fosters students' interest and competence in science and mathematics while simultaneously improving the quality of mathematics instruction through the integration of interdisciplinary connections (Anderson *et al.*, 2020). The "Maths Inside" project, conducted by Coupland *et al.* (2017), exemplifies this approach by explaining the role of mathematics across various domains. The project aimed to cultivate students' and educators' awareness of the practical applications of mathematics in real-world contexts. The findings highlighted that integrating mathematics into authentic scenarios fosters a perception among students that mathematical skills are inevitable for their future careers. Therefore, it increased the value attributed to mathematics education (Coupland *et al.*, 2017).

In another investigation, English *et al.* (2017) explored the role of STEM education in engineering design-based problem-solving tasks among sixth-grade students.

Their study focused on an earthquake scenario that integrated mathematics, science, and technology, highlighting the essential contribution of mathematics to engineering problem-solving endeavors. Furthermore, Beswick and Fraser (2019) conducted a project to enhance mathematics teachers' content knowledge and align their pedagogical practices with the demands of the 21st-century. They recognized the fundamental role of teachers in shaping students' attitudes toward mathematics. Then, the authors developed the STEM Critical Appraisal for Teachers (STEMCrAfT) framework to enlighten educators in planning lessons that integrate STEM principles and foster positive student engagement (Beswick and Fraser, 2019).

In light of these findings, integrating STEM education into mathematics courses emerges as an efficient way to integrate lessons with the real world, thereby enhancing student motivation, problem-solving abilities, and mathematics proficiency.

2.3.4. STEM and Higher-Order Thinking Skills

Various researchers have tried to define higher-order thinking skills (HOTS), encompassing critical and creative thinking with self-regulation and learning skills (Paul, 1990; Newman, 1990). Kek and Huijser (2011) explained that individuals with critical thinking can effectively analyze and solve problems, utilize information in different domains, and demonstrate superior higher-order cognitive abilities. From this, it is a necessity to establish student-centered, multidisciplinary learning environments to foster the development of students' higher-order thinking skills. Hence, STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education emerges as a strategic approach to facilitate deep learning and enhance HOTS (Ure, 2012).

STEM education, originating from integrating science, technology, and engineering into school curricula, engenders multidisciplinary collaboration, thereby engendering novel insights (Lantz, 2009). Consequently, STEM education is widely recognized as a means of equipping students with critical thinking and problem-solving abilities that are essential for success in contemporary professional and societal contexts (By-

bee, 2010; National Research Council, 2011; English, 2016). The primary objective of STEM education is to nurture 21st-century skills, prominently including critical thinking (NRC, 2009). Achieving this necessitates integrating problem-solving, reasoning, and decision-making into educational paradigms (Willingham, 2008).

Duran and Şendağ (2012) investigated students' critical thinking skills within the context of an IT/STEM project implemented in an urban high school setting. Utilizing the Test of Everyday Reasoning (TERS) test to evaluate pre-and post-intervention outcomes, they observed a significant enhancement in critical thinking skills among urban students. Similarly, Parno *et al.* (2019) investigated high school students' higher-order thinking skills as applying PBL with the STEM approach. Their findings showed a notable elevation in HOTS scores among students engaged in problem-based learning with STEM education. Despite evidence pointing to the positive impact of STEM education on HOTS development, there is still a lack of research for cultivating critical thinking skills within educational settings. Moreover, research in this area remains limited, particularly within specific educational contexts evaluating the combined efficacy of STEM education through PBL and its contributions to HOTS enhancement (Duran and Şendağ, 2012) a gap this thesis aims to address.

In summary, these studies collectively affirm the potential of STEM education to foster critical thinking skills. Moreover, the literature establishes HOTS as a critical goal of 21st-century education. Both PBL and STEM education, rooted in constructivist principles, have been individually shown to be effective in fostering these skills. However, a significant gap exists in understanding the synergistic effect of implementing STEM education through a PBL framework, especially within the Turkish middle school mathematics context. Therefore, this study is designed to investigate this intersection, providing empirical evidence on how a combined STEM-PBL approach impacts students' critical thinking, mathematical thinking, and problem-solving skills.

2.4. STEM and Problem-Based Learning (PBL)

Problem-Based Learning and STEM education are distinct pedagogical approaches, each with unique methodologies and objectives. PBL is an instructional strategy where students engage with complex, real-world problems, fostering skills such as critical thinking, problem-solving, and self-directed learning. It emphasizes inquiry, collaboration, and the application of knowledge to ill-structured scenarios (Savery, 2006).

STEM education, encompassing Science, Technology, Engineering, and Mathematics, is a curriculum framework designed to integrate these disciplines, emphasizing interdisciplinary learning, real-world applications, and preparing students for careers in technology-driven economies (Honey *et al.*, 2014). While STEM education often includes hands-on projects and collaborative activities, its instructional design may not always explicitly center on ill-structured problem-solving or inquiry processes inherent to PBL (Bybee, 2010).

Traditionally, PBL and STEM have been applied separately. Many PBL implementations occur in settings that are not explicitly STEM-focused, using problems from diverse domains such as social sciences, medicine, or humanities. Similarly, STEM programs often integrate hands-on and project-based activities without necessarily adopting the structured inquiry and collaborative problem-solving processes characteristic of PBL. This separation means that students may experience either PBL or STEM education, but rarely both simultaneously in a fully integrated manner. However, integrating PBL within a STEM framework offers significant educational advantages. PBL provides an instructional framework that encourages inquiry, self-directed learning, and the exploration of ill-structured problems, while STEM content offers rich, authentic contexts that require interdisciplinary knowledge and cognitive skill development (Hsu, 2015; Martin *et al.*, 2016). Using these approaches together enables students to apply STEM knowledge to real-world, complex problems, fostering higher-order thinking skills such as analysis, evaluation, creativity, and problem-solving.

Integrating PBL within STEM education is advantageous because it combines the strengths of both approaches. PBL enhances students' engagement, collaboration, and reflective thinking, while STEM provides the content and context for authentic problem-solving. Together, they create learning experiences that are not only content-rich but also process-oriented, promoting critical thinking, creativity, and the application of knowledge to real-world challenges. By leveraging both methodologies, educators can better prepare students for the complex demands of the 21st-century, equipping them with the skills necessary for lifelong learning, innovation, and adaptability (Kelley and Knowles, 2016).



3. METHODS

This chapter details the methodology used to investigate the effects of a STEM-integrated Problem-Based Learning (PBL) program on the higher-order thinking skills (HOTS) of 5th-grade students. This study employed a quasi-experimental, pre-test/post-test control group design. Quantitative data from three assessment instruments were collected to measure changes in students' mathematical thinking, critical thinking, and problem-solving skills. Additionally, qualitative data, including classroom observations and student worksheets, were gathered to provide deeper insights into the learning process. The following sections will outline the research design, participants and setting, data collection instruments, intervention procedures, and the methods used for data analysis.

3.1. Research Design

This study employed a quasi-experimental, pre-test/post-test control group design. This approach was chosen because it allows for the comparison of an experimental group and a non-equivalent control group, making it possible to assess the impact of an educational intervention when random assignment is not feasible. The design involves measuring key dependent variables before (pre-test) and after (post-test) the instructional period to determine the effects of the STEM-PBL program.

3.2. Participants and Settings

The study was conducted at a private middle school in Türkiye where the researcher was employed as a mathematics teacher. The participants were 5th-grade students, a grade level chosen as it marks the transition into middle school and the first year of instruction by specialist mathematics teachers (Hill *et al.*, 2005). A convenience sampling method was used, as the school was readily accessible to the researcher.

The entire 5th-grade 129 students were invited to participate in the study, with parental consent forms distributed prior to the research. From this initial pool, data from six students were excluded: three for whom parental consent was not granted, and three who had individualized education plans (IEP). This resulted in a final sample of 123 students, consisting of 55 females and 68 males between the ages of 10 and 12. The sample was divided into an experimental group ($n=60$) and a control group ($n=63$).

Participants were already distributed across six different 5th-grade classrooms, taught by a total of three mathematics teachers, with each teacher responsible for two of the classes. To control teacher-related variables such as teaching style or effectiveness, a balanced assignment strategy was implemented. For each of the three teachers, one of their two classrooms was randomly assigned to the experimental group and the other to the control group. This process resulted in three classrooms being assigned to the experimental (STEM-PBL) group, and three classrooms being assigned to the control group. This design was intended to ensure that any observed effects were more likely attributable to the teaching method rather than confounding teacher variables. While all students participated in the lesson activities as part of their regular instruction, only the data from students with parental consent were included in the final analysis.

3.3. Data Collection Instruments

To measure students' HOTS, three quantitative instruments were administered as pre-tests and post-tests. In addition, qualitative data were collected through classroom observations and student worksheets. Each instrument is described in detail below.

3.3.1. Mathematical Thinking Scale (MTS)

The Mathematical Thinking scale by Ersoy and Başer (2013) was used in this study (see Appendix A) to assess students' mathematical thinking levels. This scale was employed because it provides a comprehensive measure of students' disposition

and ability to engage in mathematical thinking—an essential element of higher-order thinking skills in mathematics education. The instrument consists of 25 items on a 5-point Likert scale, ranging from “Strongly Disagree” to “Strongly Agree” on four sub-domains - Higher-Order Thinking Tendency (HOTT), Reasoning, Mathematical Thinking Ability (MTA), and Problem-Solving (PS) - that directly correspond to the skills targeted in STEM-PBL learning environments. The developers reported a reliability coefficient of $\alpha = 0.78$, and for the current study, Cronbach’s alphas were calculated as 0.75 and 0.81, respectively, in pre-test and post-test in this study, indicating good reliability.

- Higher-Order Thinking Tendency (HOTT): $\alpha = 0.74$ (pre-test), $\alpha = 0.75$ (post-test).
- Reasoning : $\alpha = 0.65$ (pre-test), $\alpha = 0.66$ (post-test).
- Mathematical Thinking Ability (MTA): $\alpha = 0.62$ (pre-test), $\alpha = 0.63$ (post-test).
- Problem-Solving (PS): $\alpha = 0.70$ (pre-test), $\alpha = 0.73$ (post-test), demonstrating moderate and acceptable reliability (Cronbach, 1951).

By including this tool, the study was able to assess not only students’ demonstrated problem-solving performance but also their underlying thinking dispositions, thereby yielding a more holistic evaluation of their higher-order thinking skills.

3.3.2. Critical Thinking Skills Test (CTST)

The Critical Thinking Skills Test developed by Eğmir and Ocak (2016) was employed in this study to measure fifth-grade students’ critical thinking skills (see Appendix B). The instrument consists of 25 multiple-choice items, and it directly assesses cognitive processes that align with the definition of higher-order thinking skills, particularly in the domain of critical thinking.

Its subskills—identifying the problem, distinguishing between subjective and objective arguments, analyzing and evaluating arguments, and determining the reliability

of a source—are essential competencies for students engaging in STEM-PBL activities, where evaluating evidence, reasoning logically, and making justified decisions are integral to problem-solving. The developers established content validity through expert review and pilot testing. The original reliability coefficients were reported as KR-20= 0.61 and KR-21= 0.63, indicating acceptable internal consistency for the scale (Eğmir and Ocak, 2016).

In the current study, the scale demonstrated good reliability, with Cronbach's alpha coefficients calculated as $\alpha = 0.77$ for the pre-test and $\alpha = 0.79$ for the post-test. These values suggest that the instrument was reliable for use with the present sample. To score the assessment, the answer key provided by the test developers was used. Correct answers were coded as 1, while incorrect or unanswered items were coded as 0. Total scores were calculated by summing the number of correct responses.

3.3.3. Mathematical Problem-Solving Test (MPST)

The Mathematical Problem-Solving Test was selected to evaluate students' ability to apply mathematical knowledge in non-routine and multi-step problem situations—an essential aspect of higher-order thinking skills. Adapted from the well-established TIMSS framework, the test covers multiple content domains (data, measurement, geometric shapes, and measures and numbers) and incorporates attributes representative of authentic problem-solving processes (see Appendix C).

The test was composed of 8 items and an adaptation of the items from Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS, 1999, 2003, 2007, 2011) involving one or more characteristics for problem-solving processes (Özel, 2023). Cronbach's alphas were calculated as .80 and .86, respectively, in the pre-test and post-test in this study. Therefore, the test was found to be reliable for use as a measurement tool in this study. To interpret students' work and calculate the test scores, the researcher used a scoring guide prepared before for another study using TIMSS's codes (Bektaş, 2021) (see Appendix C). Its inclusion ensured that the study measured students' ca-

capacity to interpret, model, and solve complex mathematical problems, providing a robust indicator of their problem-solving proficiency within the STEM-PBL learning environment.

3.3.4. Classroom Observation

Observations took place in both the STEM-PBL group and the control group to provide deeper insights into quantitative findings. The observations were done in every class. The researcher here was both a teacher applying lesson plans for her classes and also an observer for the other classes, looking for the students' interaction in groups and between groups, the classroom environment, and the flow of the lessons. The other teachers were also in the observer role, especially for the lessons that the researcher could not participate in, to observe due to the schedule.

3.4. Procedures

Before the implementation of the study, the approvals from the sub-Ethics Committee of the Boğaziçi University (see Appendix D) and the Ministry of National Education (MoNE) (see Appendix E) were obtained. The school council and principal were informed about the study, and their permission was taken to apply the study. Then, for the consent of the parents, the Consent Form (see Appendix F) was sent to the parents and the students. The duration of the study was approximately 15 weeks. Students were assigned either the experimental (3 classes) or the control group (3 classes), as each mathematics teacher had one control and one experimental group. This study consisted of three main stages: Initial Assessment, Instructional Period, and Final Assessment.

Initial Assessment: The initial assessment stage started with sending the consent forms (Appendix F) to the students and their parents using an online platform as an announcement. If the parents did not consent to participate in the study, then the data from these students would not be used in this study. The names, gender, and

age information were collected from students through the school system. There were six different classrooms in 5th-grade, and there were also 3 different teachers for these classes. To control the teacher variable in the study, each teacher had one control and one experimental group. All participants took the Mathematical Thinking Scale (MTS) (Ersoy and Başıer, 2013), the Critical Thinking Skills Test (CTST) (Eğmir and Ocak, 2016), and the Mathematical Problem-Solving Test (MPST) (Özel, 2023) to establish baseline measures of higher-order thinking skills.

Instructional Period: The experimental group received four different STEM-PBL lessons for the problem-solving lesson hours (Appendix G), lesson plans spanned 15 weeks and took 3-4 lesson hours, while the control group received lessons covering the same topics involving individual problem-solving sessions using both worksheets and online platforms.

The STEM-PBL lessons were planned to include three stages: presentation of the problem to the groups, self-guided investigation, and reporting and explanation (Hmelo-Silver, 2004). For STEM integration, students solved engineering problems, and they created their prototypes for the solutions as in the STEM framework (Honey *et al.*, 2014).

The STEM-PBL lessons were planned especially for problem-solving hours in the school. All lessons for both groups in the school basically consisted of introductory activities aimed at discovering the mathematical concept encountered for the first time, generalization studies, and rule creation after the activity. From this perspective, lessons from both the experimental and control groups met the aspect of presentation of the problem and the self-guided investigation stages. The difference between the experimental and control group was that the experimental group students were exposed to ill-structured problems with the STEM-PBL approach, and in the problem-solving phase then they created a model for the solution of the problem, as in the STEM education framework. While the control group continued filling in the booklets created in parallel with the results obtained from the activity, common application, and individ-

ual or general routine problem-solving for the whole class. The control group did not take lessons from the STEM-PBL approach.

Final Assessment: After the instructional period, students from both groups retook the Mathematical Thinking Scale, Critical Thinking Skills Test, and Mathematical Problem-Solving Test as post-tests. This phase took 1 week. The design of the study is given in (see Figure 3.1).

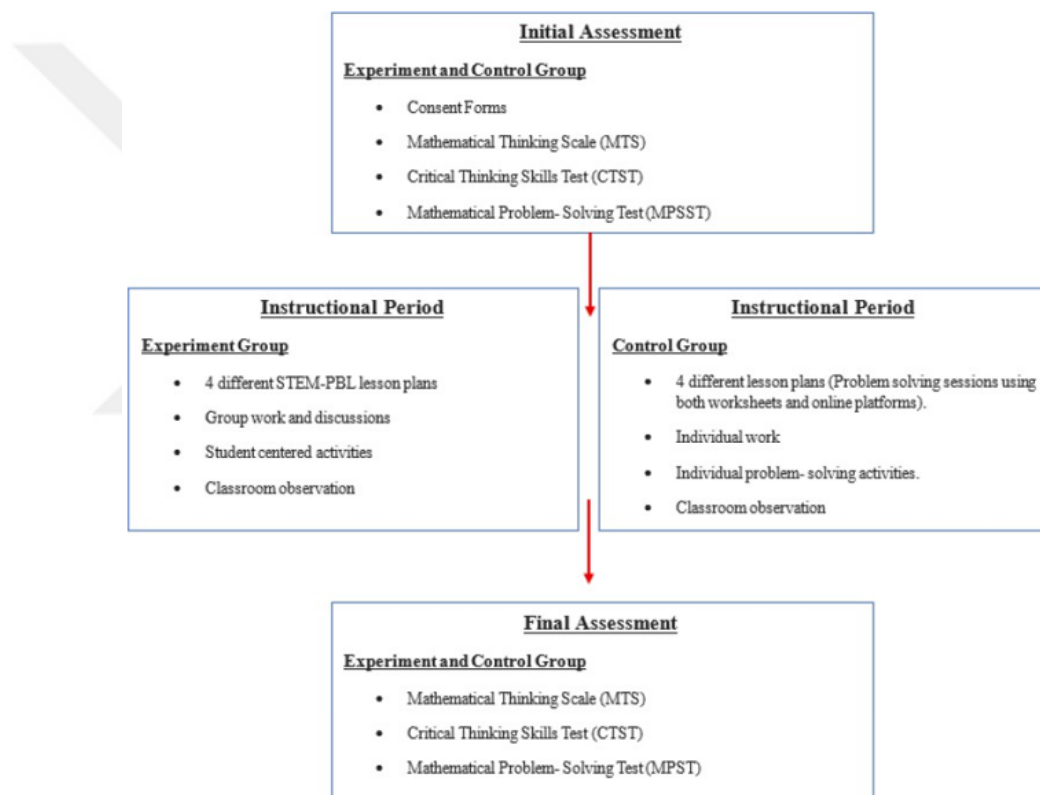


Figure 3.1. Design of the study.

Table 3.1. Timeline for experimental (STEM-PBL) and control group.

Activity	Time (W: Week of the school from beginning)
Initial Assessment	
Parental Consent Form	W 13
Mathematical Thinking Scale (MTS)	W 14

Table 3.1 Timeline for experimental (STEM-PBL) and control group. (cont.)

Activity	Time (W: Week of the school from beginning)
Critical Thinking Skills Test (CTST)	
Mathematical Problem-Solving Test (MPST)	(3 class hours)
Instructional Period	
Experimental Group (STEM-PBL) Lessons	
Lesson Plan 1 – Problem Scenario: A village rebirths, designing a village	W 14–15 (3–4 class hours)
Lesson Plan 2 – Problem Scenario: Streets without trash, designing dustbins	W 17–18 (3–4 class hours)
Lesson Plan 3 – Problem Scenario: Smart roof panels, designing roof panels	W 23–24 (3–4 class hours)
Lesson Plan 4 – Problem Scenario: Smart classrooms for energy saving, designing smart classrooms	W 27–28 (3–4 class hours)
Control Group – Non STEM-PBL Lessons	W 14–28
Final Assessment	
Mathematical Thinking Scale (MTS)	Week 29
Critical Thinking Skills Test (CTST)	(3 class hours)
Mathematical Problem-Solving Test (MPST)	

3.4.1. Study Implementation

The instructional period differed for the experimental and control groups. Six classes were assigned to either the experimental or the control group. Once this was complete, experimental group students worked in groups as assigned by the teachers. Student groups changed from plan to plan. While experimental group students were studying STEM-PBL lessons, control group students did individual problem-solving sessions and utilized an online application to solve related problems.

Experimental Group

The lessons for the experimental group were in line with the Integrated STEM Education framework (Honey *et al.*, 2014) and Hmelo-Silver's (2004) three stages, which are presentation of the problem to the groups, self-guided investigation, and reporting. For the first stage, the teachers introduced the ill-structured problem scenario and then showed a related video or educational material to students.

Then, students read the scenario again and started discussing the problem and filled in the "Design Worksheets" (Appendix K, L, M, N) prepared by the researcher, explaining limitations, criteria, and the final product students were expected to produce at the end. Then, students started writing their first plans and filling in the worksheet.

While students discussed the problem and filled in the worksheet, the teachers observed the groups and facilitated their ideas. When all the groups finished discussing, the teachers collected the worksheets and discussed the students' answers with the groups. Then, at the second stage, students started researching, conducting, and designing the projects they had planned in the earlier lessons. They could use various materials or online platforms (Tinkercad).

Depending on the students' speed, this stage took 1–2 lessons. For the final stage, students finished their work and completed their "Design-Worksheets", then started presenting their designs to the whole class and their solutions to the problem, and then students gave a reflection and discussed the group's solutions to the problem. The teachers always observed students' reactions.

Four STEM-PBL lesson plans were developed for experimental groups. All lesson plans were appropriate for fifth-grade students. Each plan was in line with the newly released Middle School Mathematics "Century of Türkiye Education Model" Curriculum (MoNE, 2024) (see Appendix O).

The first lesson plan (A village rebirths, designing a village) (see Appendix G) included the objective:

MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations (see Table 3.2).

During the first lesson plan, students tried to design a village with a limited budget given to students and compatible with other limitations given in the problem scenario. At the end, students created their own villages via the Tinkercad application as prototypes (see Figure 3.2), and they presented their work to their classmates as groups.

Table 3.2. Objectives for STEM-PBL lesson plan 1.

Learning Outcomes and Process Components	MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations
Content Skills	MAB2. Mathematical Problem Solving
Literacy Skills	OB1. Information Literacy, OB2. Digital Literacy, OB3. Financial Literacy, OB8. Sustainability Literacy
Interdisciplinary Relations	Social Studies, Science
Relationship Between Skills	MAB3. Mathematical Representation, MAB5. Working with Mathematical Tools and Technology

The second lesson plan (Streets without trash, designing dustbins) (see Appendix H) included the objectives:

MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations

MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle (see Table 3.3).

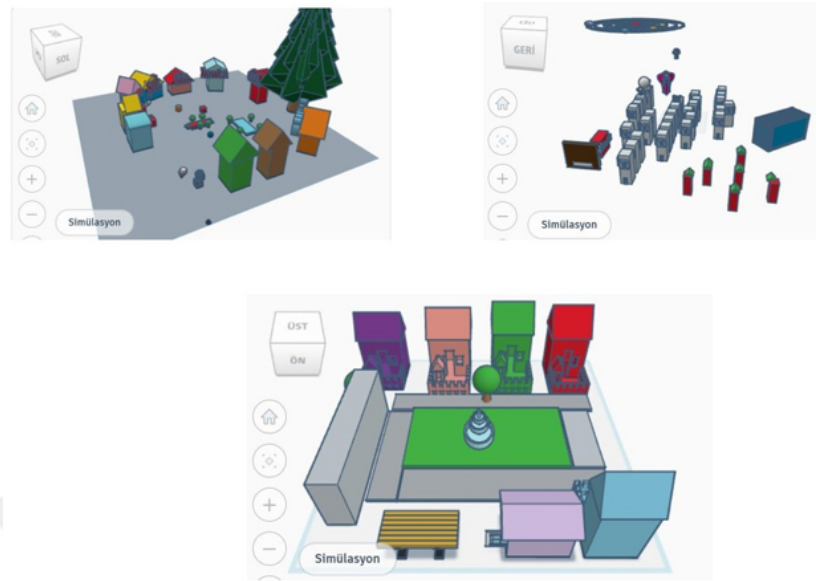


Figure 3.2. Village prototypes.

During the second lesson plan, students tried to design a dustbin (see Figure 3.3) with the given budget and in line with other limitations from the given problem scenario. At the end, students produced their prototype dustbins, and they shared their findings and presented their dustbins.

Table 3.3. Objectives for STEM-PBL lesson plan 2.

Learning Outcomes and Process Components	MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle
Content Skills	MAB2. Mathematical Problem Solving
Literacy Skills	OB1. Information Literacy OB2. Digital Literacy OB3. Financial Literacy OB4. Visual Literacy OB8. Sustainability Literacy
Interdisciplinary Relations	Social Studies Science Visual Science
Relationship Between Skills	MAB3. Mathematical Representation MAB5. Working with Mathematical Tools and Technology

The third lesson plan (Smart roof panels, designing roof panels) (Appendix I) included the objectives.

MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations.

MAT.5.1.3. Represent fractions in different ways that correspond to real-life situations.

MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle. (see Table 3.4).



Figure 3.3. Dustbin prototypes.

During the third lesson plan, students tried to design roof panels with a limited budget, again given to students, and compatible with other limitations in the problem scenario. At the end, students created their roof panels as prototypes (see Figure 3.4) and presented their work to their classmates as groups.

Table 3.4. Objectives for STEM-PBL lesson plan 3.

Learning Outcomes and Process Components	MAT.5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations. MAT.5.1.3. Represent fractions in different ways that correspond to real-life situations. MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle
Content Skills	MAB2. Mathematical Problem-Solving

Table 3.4 Objectives for STEM-PBL lesson plan 3. (cont.)

Literacy Skills	OB1. Information Literacy OB2. Digital Literacy OB3. Financial Literacy OB4. Visual Literacy OB7. Data Literacy OB8. Sustainability Literacy
Interdisciplinary Relations	Social Studies science Visual Science
Relationship Between Skills	MAB3. Mathematical Representation MAB5. Working with Mathematical Tools and Technology

The final lesson plan (Smart classrooms for energy saving, designing smart classrooms) (Appendix J) included the objectives;

MAT. 5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations.

MAT.5.5.1. Ability to work with categorical data and make data-based decisions.

MAT.5.5.2. Discuss statistical results or interpretations based on categorical data created by other people (see Table 3.5).



Figure 3.4. Roof panels.

In the final lesson plan, students tried to design a classroom in line with the given electronic devices and energy requirements. In the end, students created their classrooms via Tinkercad as prototypes and shared their productions with their classmates.

Table 3.5. Objectives for STEM-PBL lesson plan 4.

Outcomes and Process Components	MAT.5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations MAT.5.5.1. Ability to work with categorical data and make data based decisions MAT.5.5.2. Discuss statistical results or interpretations based on categorical data created by other people
Content Skills	MAB2. Mathematical Problem Solving MAB4. Working with Data and Decision Making
Literacy Skills	OB1. Information Literacy OB2. Digital Literacy OB3. Financial Literacy OB4. Visual Literacy OB7. Data Literacy OB8. Sustainability Literacy
Interdisciplinary Relations	Social Studies Science
Relationship Between Skill	MAB3. Mathematical Representation MAB5. Working with Mathematical Tools and Technology

Control Group

The control group took the same objectives but had different lessons from the experimental group.

Their lesson plans also involved various teaching methods such as introductory activities to discover the mathematical concept, generalization studies, and rule creation after the activity involving the presentation of the problem and a self-guided investigation.

However, they did not follow the presentation of the ill-structured problem, which had different solutions and criteria; they generally worked alone, and they did not create prototypes and use engineering skills as STEM education requires during the problem-solving process (see Table 3.6).

Table 3.6. Objectives for non-STEM-PBL lessons.

Objectives	Activities and Week
MAT.5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations	W 14–15 • PowerPoint slide explaining stages of problem solving and activities to explore problem-solving algorithms • Problem-solving activities (work-sheet, booklet)
MAT.5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle	W 17–18 • Exploratory activities for area and perimeter • PowerPoint slide explaining perimeter and area • Problem-solving activities (work-sheet, booklet)
MAT.5.1.2. Solve real-life problems involving natural numbers and operations MAT.5.1.3. Represent fractions in different ways that correspond to real-life situations MAT.5.4.4. Solve problems related to the perimeter and area of a rectangle MAT.5.5.2. Discuss statistical results or interpretations based on graphical data created by other people	W 23–24, 27–28 • Exploratory activities for different representations of fractions (equivalent fractions, percentages, decimals) • Watching videos for different representations • PowerPoint slides • Problem-solving activities (work-sheet, booklet) • Doing statistical research

After the instructional period, students from all groups took the tests, the Mathematical Thinking Scale (MTS), the Critical Thinking Skills Test (CTST), and the Mathematical Problem-Solving Skills Test (MPST) again as a post-test.

3.5. Data Analysis

This section outlines the procedures used to analyze the data collected in the study. The process involved three main stages: data preparation and reliability analysis, quantitative analysis to test the hypotheses, qualitative analysis to provide contextual understanding, and testing assumptions for MANCOVA analysis.

3.5.1. Data Preparation and Reliability

Before the main analysis, the quantitative data were cleaned and organized in the SPSS tool. Then, the total scores for the Mathematical Thinking Skills (MTS), the Critical Thinking Skills Test (CTST), and the Mathematical Problem-Solving Test (MPST) were calculated. A reliability analysis was conducted for each instrument to ensure internal consistency within the study's sample. The calculated Cronbach's alpha values were as follows:

- Mathematical Thinking Scale (MTS): $\alpha = 0.75$ (pre-test), $\alpha = .81$ (post-test)
- Critical Thinking Skills Test (CTST): $\alpha = 0.77$ (pre-test), $\alpha = 0.79$ (post-test)
- Mathematical Problem-Solving Skills Test (MPST): $\alpha = 0.80$ (pre-test), $\alpha = 0.86$ (post-test).

These values indicate good to excellent reliability for all instruments used in the study.

3.5.2. Quantitative Analysis

After data cleaning, data analysis was conducted to answer the main research question. To examine the effect of STEM-PBL lesson plans on students' higher-order

thinking skills, a multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was selected. This method was appropriate because the study involved two independent groups (ex-

perimental and control), three continuous dependent variables (mathematical thinking, critical thinking, and problem-solving skills), and corresponding pre-test scores used as covariates. Unlike ANOVA, which can only test group differences on a single dependent variable, or ANCOVA, which controls for covariates but still examines only one dependent variable, MANCOVA allows for the simultaneous examination of multiple dependent variables while statistically controlling for initial differences on the covariates. MANOVA, although suitable for multiple dependent variables, does not account for covariates, making it less appropriate for this quasi-experimental design where pre-test differences needed to be adjusted. Therefore, MANCOVA was the most suitable statistical method for this study, as it provided a multivariate approach that reduced the risk of Type I error, accounted for intercorrelations among dependent variables, and controlled for baseline differences between groups (Tabachnick and Fidell, 2019). Prior to conducting MANCOVA, a preliminary MANOVA was performed to check for significant differences between the groups' pre-test scores. Teachers' observations and notes students took in "Design Worksheets" was utilized to analyze and interpret the quantitative findings deeply. This information was used to aid in the interpretation of the statistical findings in the Discussion chapter.

3.5.3. Testing Assumptions

To address the research question, a multivariate analysis of variance MANCOVA was executed. The analysis part started by first examining the assumptions of the MANCOVA design. Normality was tested using the Kolmogorov-Smirnov tests to see whether the total pre-test and the total post-test Mathematical Thinking (MTS), Critical Thinking (CTST), and Mathematical Problem-Solving (MPST) scores were normally distributed (see Table 3.7).

According to Tabachnick and Fidell (2019), if the skewness and kurtosis coefficients are between -1.5 and +1.5, it is assumed that the data have a normal distribution.

Table 3.7. Kolmogorov-Smirnov test results.

Variable	N	K-S (p)	Skewness	Kurtosis.
PreMTS	123	<0.001	-1.464	4.651
PostMTS	123	0.01	-0.613	-0.149
PreCTST	123	0.077	0.116	-0.859
PostCTST	123	0.116	0.040	-0.830
PreMPST	123	0.052	-0.325	-0.421
PostMPST	123	0.015	-0.392	-0.547

While some K-S tests were significant, all skewness and kurtosis values fell within an acceptable range. Furthermore, parametric tests such as MANCOVA are known to be robust against minor violations of normality, particularly when sample sizes are large (Huck, 2012). Hence, the analyses proceeded with the assumption that the distributions were normal. The assumption of no significant univariate outliers was assessed using a z-score analysis for all variables. Following the convention that z-scores outside the range of 2.5 are potential outliers, the analysis identified five values (out of 738 total values) that exceeded this threshold. As this constituted less than 1% of the total data points, these few outliers were considered negligible and were retained in the dataset. Therefore, the assumption was deemed sufficiently met to proceed with the MANCOVA.

The assumption of linearity, which requires a linear relationship among all pairs of dependent variables and between each dependent variable and the covariate, was assessed through an examination of scatterplots and correlation matrices. The visual inspection of the scatterplots revealed no evidence of curvilinear patterns. Therefore, the assumption of linearity was considered satisfied for this analysis (Tabachnick and Fidell, 2019).

Another assumption was that there should be no significant multivariate outliers within the groups defined by the independent variable for each dependent variable. To check this, the Mahalanobis distance and p-value corresponding to the Chi-Square

value with 3 degrees of freedom were examined because there were three dependent, predictor variables. Any p-value less than .001 was an outlier. The results showed no outliers in this study; therefore, this assumption was also met.

The assumption of homogeneity of variances and covariances was checked. First, Levene's Test of Equality of Error Variance was conducted for each dependent variable, and the results were non-significant for all variables, indicating that the assumption of homogeneity of variance was met. Subsequently, Box's M Test of Equality of Covariance Matrices was performed. The result was non-significant, confirming that the assumption of homogeneity of covariance matrices was also met.

Tests of Between-Subjects Effects were conducted to examine the assumption of homogeneity of regression slopes for each dependent variable. The results indicated that the interaction between the covariate and the grouping variable was not statistically significant ($p > 0.05$), suggesting that the assumption was not violated and the regression slopes were homogeneous across groups. After confirming that all statistical assumptions were met, the analysis proceeded to investigate the effects of STEM-PBL lessons.

4. RESULTS

In this chapter, the outcomes of quantitative analyses, along with the research question of this study, will be presented. As outlined in the methods section, the quantitative research will measure the effects of STEM-PBL lessons on students' HOTS through mathematical thinking, critical thinking, and problem-solving skills, and the difference between the control and experimental groups. First, the participants' demographic information will be considered, and then the results of the quantitative data will be provided.

4.1. Demographics of Participants

This part of the study provides an overview of the participants and their demographic information (see Table 4.1). Out of 129 fifth-grade students in the school, 123 fifth-grade students participated in this study. There were 55 females and 68 males. The group population of the control group was 63, and the experiment group was 60. The students' ages ranged from 10-12.

Three mathematics teachers taught and proceeded with the lesson plans; one of them was the researcher of this study.

Table 4.1. Demographic information of the participants.

	n
Total Participants	123
Female	55
Male	68
Control Group	63
Experiment Group	60
Students' Ages	12 – 16 students 11 – 104 students 10 – 3 students

4.2. Descriptive Statistics

An initial examination of the data was conducted through descriptive statistics. Measures including the minimum, maximum, mean, median, and standard deviation provide a comprehensive overview of the MTS, CTST, and MPST scores. Table 4.2 displays the descriptive statistics for the study participants.

Table 4.2. Descriptive statistics for pre- and post-test scores of MTS, CTST, and MPST.

	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>	<i>SD</i>
PreMTS	123	69	113	95.51	97	10.22
PostMTS	123	66	117	96.63	99	11.46
PreCTST	123	2	22	11.65	11	4.79
PostCTST	123	3	23	12.84	13	4.88
PreMPST	123	0	20	11.82	12	4.27
PostMPST	123	1	21	12.80	13	5.00

A preliminary review of the descriptive statistics, presented in Table 4.3, indicated that the mean scores on all three instruments increased from pre-test to post-test for both the control and the experimental groups. The inferential analysis to determine the statistical significance of the difference between the groups is presented next.

Table 4.3. Pre- and post-test results.

	Groups	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
		Pre-Test		Post-Test	
MTS	Control	96.44	9.03	97.31	11.22
	Experimental	94.53	11.32	95.91	11.77
CTST	Control	10.53	4.47	11.33	4.65
	Experimental	12.83	4.87	14.43	4.63
MPST	Control	11.07	4.17	11.34	5.08
	Experimental	12.60	4.27	14.33	4.47

A review of the descriptive statistics in Table 4.3 indicates that both groups' mean scores increased from pre-test to post-test on all measures. Calculating the mean

gain scores reveals that the improvements were consistently larger for the experimental group. For the MTS, the experimental group had a mean gain of +1.38 points compared to +0.87 for the control group. This pattern was even more pronounced for the CTST (a gain of +1.60 vs. +0.80) and the MPST (a gain of +1.73 vs. +0.27). The specific pre- and post-test mean scores and standard deviations are presented in Table 4.3. When we look at mean values for subdomains of the Mathematical Thinking Scale, which are higher-order thinking tendency (HOTT), reasoning, mathematical thinking ability (MTA), and problem-solving (PS), we observe that the post-test results for the control group were higher than those of the experimental group. However, there was an increase for all domains in the experimental group, but there were decreases for the control group (see Table 4.4).

Table 4.4. Pre- and post-test results of MTS with sub-domains.

Sub-Domain	Groups	Pre-Test		Post-Test	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
HOTT	Control	24.77	3.96	24.76	4.17
	Experimental	24.31	4.08	24.66	3.74
Reasoning	Control	16.52	2.34	17.04	2.31
	Experimental	15.83	2.45	16.8	2.79
MTA	Control	28.79	2.75	28.68	2.97
	Experimental	28.41	3.38	28.55	3.11
PS	Control	26.34	3.54	26.82	3.91
	Experimental	25.96	4.85	25.9	4.53

Additionally, before doing MANCOVA analysis, MANOVA analysis was done to see whether there was a difference between the control group and the experimental group in pre-test scores of the test. After all the assumptions were held, the results revealed Pillai's Trace= 0.079, $F(3, 119) = 3.422$, $p = 0.020$, indicating there was a difference between student groups.

Tests of Between-Subjects Effects showed that there was not a statistically significant difference in pre-test results of MTS ($p = 0.030$) and MPTS ($p = 0.048$), since $p > 0.016$, this number is because of the Bonferroni Correction. On the other hand,

the experimental group's results were statistically higher than the control group's pre-CTST ($p= 0.008$). From this, we can conclude that groups were unequal before the study was implemented. Therefore, Pre-test results were taken as covariate factors.

4.3. Effects of STEM-PBL Lessons on Students' MTS, CTST, and MPST Scores

Research question: Does participation in a STEM education program based on Problem-Based Learning significantly affect students' mathematical thinking, problem-solving, and critical thinking skills, compared to a control group, after controlling their pre-test scores in each skill area?

Since the assumptions of multivariate normality were not fully met and the group sizes were not equal ($n_{control}= 63$, $n_{experiment}= 60$), Pillai's Trace was considered the most robust and appropriate test statistic for interpreting the multivariate effects (Huck, 2012; Olson, 1974). As shown in the Multivariate Test table (see Table 4.5), a multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was conducted to examine the effect of the STEM-PBL method on students' post-test scores of mathematical thinking skills, critical thinking skills, and problem-solving skills, while controlling for pre-test scores. Results demonstrated that there was a statistically significant difference between post-test scores of MTS, CTST, and MPST between the control and experimental group after controlling for their pre-test scores, Pillai's Trace= 0.085, $F(3, 116)= 3.598$, $p= 0.016$, partial $\eta_p^2= 0.085$.

Table 4.5. MANCOVA results.

Group	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Eta Squared
Pillai's Trace	0.85	3.598	3	116	0.016	0.085
Wilk's Lambda	0.915	3.598	3	116	0.016	0.085

Tests of Between -Subjects Effects Test (see Table 4.6) revealed statistically significant difference between groups in critical thinking skills $F(1, 116)= 5.882$, $p= 0.017$, partial $\eta_p^2= 0.047$ (see Figure 4.1) and problem-solving skills $F(1, 116)= 5.839$, partial $\eta_p^2= 0.047$ committing a difference with the effect of teaching program (see Figure 4.2). However, no significant difference was found in mathematical thinking scores, $F(1, 116)= 0.436$, $p= 0.510$, partial $\eta_p^2= 0.004$ (see Figure 4.3).

Table 4.6. Tests of between-subjects effects.

Test of Between-Subjects Effects				Partial Eta Squared
Group	df	F	Sig.	
Post-CTST	1	5.882	0.017	0.047
Post-MPST	1	5.839	0.017	0.047
Post-MTS	1	0.436	0.510	0.004

Although examining gender differences was not the primary aim of the study, analyses controlling for pre-test scores revealed no statistically significant differences between male and female students on the MTS, CTST, and MPST measures. Furthermore, the interaction effect between group and gender was not significant ($p= 0.739$), indicating that gender did not have a differential impact on student outcomes across groups.

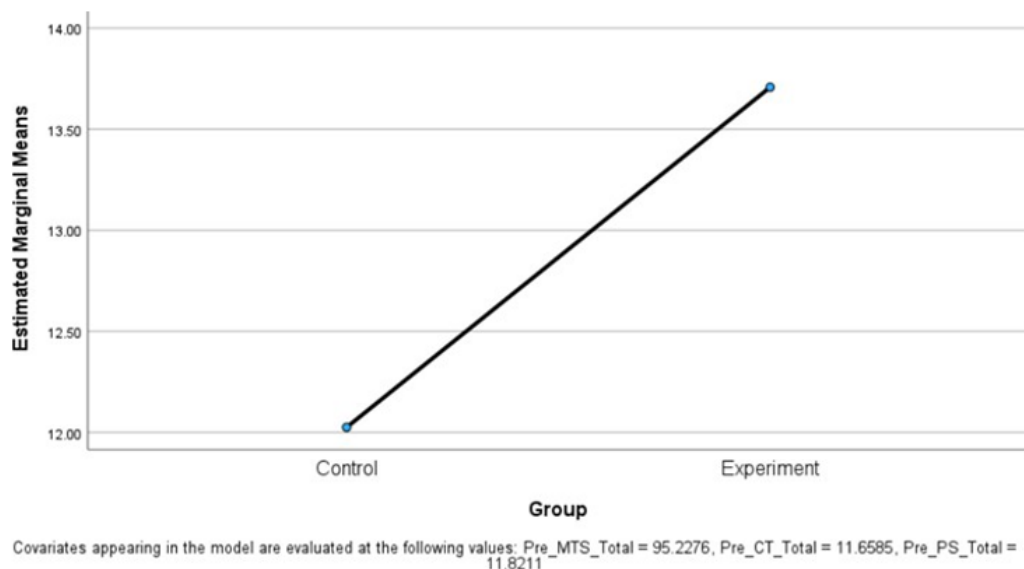


Figure 4.1. Estimated marginal means of post-CTST-total.

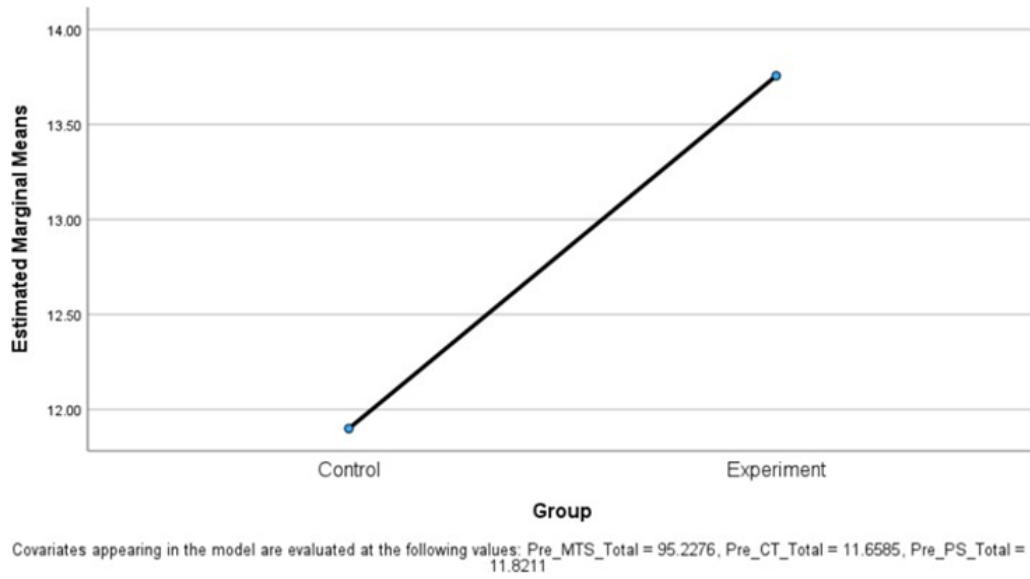


Figure 4.2. Estimated marginal means of post-MPST-total.

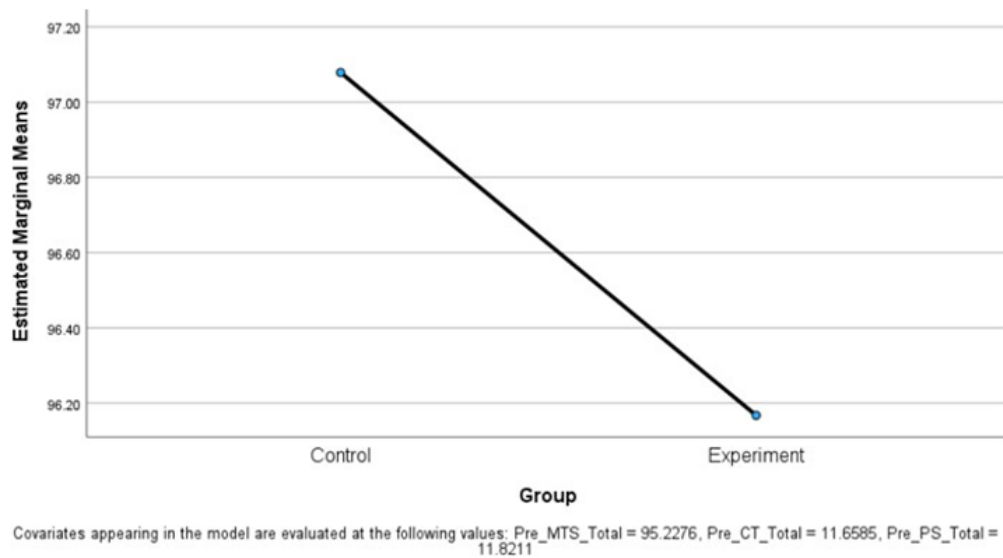


Figure 4.3. Estimated marginal means of post-MTS-total.

The partial eta squared value obtained for the CTST and MPST was $\eta_p^2 = 0.047$, which corresponds approximately to 0.44, indicating a medium effect size (Cohen, 1988). When compared with similar studies in the literature, this result falls within the moderate range of effect sizes reported for STEM and PBL interventions targeting higher- order thinking skills (see Table 4.7 for a summary of comparative effect sizes).

Table 4.7. Effect sizes of the similar studies.

Study	Approach	Effect Size
Present Study	STEM-PBL	0.44 (d)
Mergendoller <i>et al.</i> (2006)	PBL in HS	0.25 (d)
Parno <i>et al.</i> (2019)	STEM-PBL in Science	1.75 (d)
Suparman <i>et al.</i> (2021)	Meta Analysis (PBL in Math)	1.36 (g)
Tarmizi and Bayat (2012)	PBL in Math	0.14 (d)
Wang and Somasundram (2025)	Meta Analysis (STEM-PBL, Problem-Solving)	1.02 (d)

Overall, results showed a statistically significant difference between students' post-test scores on MTS, CTST, and MPST (Pillai's Trace= 0.085, $F(3, 116)= 3.598$, $p= 0.016$). When the results were analyzed independently, scores of the students' problem-solving skills during the post-test in the experimental group ($M= 14.33$; $SD= 4.47$) was significantly higher compared to the control group ($M= 11.34$; $SD= 5.08$), [$F(1, 116)= 5.839$, $p= 0.017$] and critical thinking skills of experimental group ($M= 14.43$; $SD= 4.63$), was also significantly higher than control group ($M= 11.33$; $SD= 4.65$), [$F(1, 116)= 5.839$, $p= 0.017$]. However, the scores of the control group for MTS ($M= 97.31$; $SD= 11.22$) were higher than those of the experimental group ($M= 95.91$; $SD= 11.77$) but this difference was not statistically significant [$F(1, 116)= 0.436$, $p= 0.510$].

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

In this chapter, the effects of implementing STEM-PBL lessons on students' higher-order thinking skills will be discussed further. The discussion of these results will also be examined through the observations of the researcher and the other teachers who implemented lesson plans. Lastly, the study's limitations and suggestions for future research will be discussed.

5.1. Restatement of the Purpose of the Study

The primary aim of this study is to investigate the effects of STEM-oriented problem-based learning on the development of higher-order thinking skills (HOTS) among fifth-grade students in middle school mathematics. In the context of contemporary education, where cultivating critical, creative, and problem-solving skills is essential for navigating complex, real-world challenges, traditional instructional approaches—particularly in countries such as Türkiye, dominated by high-stakes testing often fall short in fostering these competencies (Au, 2007; Klenowski and Wyatt-Smith, 2012). Mathematics, as a discipline that inherently promotes systematic and strategic thinking, provides an ideal context for enhancing students' HOTS through pedagogical innovations (Schoenfeld, 1992; Margot and Kettler, 2019).

Specifically, this study seeks to determine whether integrating STEM education with PBL can effectively enhance students' mathematical thinking, critical thinking, and problem-solving abilities, compared to conventional instruction (Hmelo-Silver, 2004; English, 2016; Capraro *et al.*, 2013). Fifth-grade students were selected as participants due to their developmental readiness for higher-order cognitive skills (Conklin, 2012; Piaget, 1972), the transitional nature of this grade into middle school, and the alignment with Türkiye's newly implemented curriculum emphasizing conceptual understanding, reasoning, and interdisciplinary learning (MoNE, 2024). By employing a quasi-experimental pre-test/post-test control group design, this research aims

to provide empirical evidence regarding the effectiveness of STEM-PBL in supporting the development of 21st-century competencies in mathematics education (Walker and Leary, 2009; Hung *et al.*, 2008; Strobel and van Barneveld, 2009).

5.2. The Effects of STEM-PBL Lessons

The findings of this study indicate that fifth-grade students who participated in a STEM-integrated Problem-Based Learning (STEM-PBL) on 5th-grade students' higher-order thinking skills (HOTS), including critical thinking, mathematical thinking, and mathematical problem-solving skills. The study demonstrated significant improvements in critical thinking and mathematical problem-solving skills compared to their peers in the control group, even after controlling for pre-test scores. Specifically, the experimental group outperformed the control group on the Critical Thinking Skills Test (CTST) and the Mathematical Problem-Solving Test (MPST), with moderate effect sizes ($\eta_p^2 = 0.047$), indicating meaningful educational gains. In contrast, overall scores on the Mathematical Thinking Scale (MTS) did not show statistically significant differences between groups, although subdomains such as higher-order thinking tendency, reasoning, mathematical thinking ability, and problem-solving increased for the experimental group while some decreased in the control group.

The significant improvement in critical thinking among students in the experimental group highlights the capacity of STEM-PBL to cultivate analytical reasoning and evaluative skills. Rooted in social constructivist theory (Vygotsky, 1978), PBL tasks require students to engage collaboratively, discuss multiple perspectives, and justify their solutions. These processes are aligned with the development of higher-order cognitive skills, particularly those emphasized in Bloom's taxonomy—analysis, evaluation, and synthesis (Anderson and Krathwohl, 2001). STEM-PBL pedagogy, which centers on real-life problems with multiple solutions, promotes critical analysis, decision-making, and strategic reasoning. Throughout the study, students engaged in tasks such as designing a sustainable village or a waste management system under real-world constraints. Furthermore, STEM-PBL allowed students to work in collaborative and self-

regulated environments. Peer discussion, group problem-solving, and design sharing encouraged metacognitive thinking, argument evaluation, and perspective-taking—all key elements of critical thinking (Facione and Facione, 1994). Teachers' observations also supported this, noting improvements in students' engagement and performance in post-tests.

The experimental group also demonstrated significant improvement in problem-solving abilities. The STEM-PBL framework exposed students to ill-structured, real-world problems that demanded multi-step reasoning, creativity, and iterative testing of solutions—skills directly aligned with the MPST assessment. This finding supports prior research indicating that problem-based and STEM-focused instruction promotes deeper learning through active engagement and practical application of knowledge (Hmelo-Silver, 2004; English, 2016).

While overall mathematical thinking scores did not show a significant difference between groups, the observed increases in the experimental group's subdomains suggest subtle improvements in higher-order aspects of mathematical thinking. The lack of a significant difference in mathematical thinking skills between groups brings further discussion. Several factors may explain this outcome. First, the self-report nature of the Mathematical Thinking Scale (MTS) may not accurately reflect students' actual thinking processes, especially at the elementary level, where metacognitive awareness is still developing (Zimmerman, 2002; Pintrich, 2002). Teacher observations indicated that students did not engage with the MTS as sincerely as they did with the other assessments.

Motivational factors likely played a role as well. Post-tests were administered during the final weeks of the academic year, a time when students tend to be less focused and more fatigued. Some students were influenced by situational elements, including student-teacher dynamics. For instance, one student drastically changed their MTS scores between pre- and post-tests, likely due to a negative relationship with the teacher rather than actual changes in cognitive skills. This reinforces the idea

that mathematical thinking may be more reliably assessed using performance-based tasks in conjunction with self-report measures (Schoenfeld, 1992). Additionally, the initial inequality in pre-test scores between groups likely influenced the overall impact of the intervention. As Slavin (1987) emphasized, students with lower starting points often show greater growth in response to student-centered approaches. Since the control group started at a lower level, they had more room for observable improvement, which may have limited the apparent magnitude of the experimental group's gains.

Moreover, while the experimental group received STEM-PBL lessons during the problem-solving stages, the control group still benefited from various instructional strategies such as exploratory activities and digital tools. This likely narrowed the gap in performance gains between the groups. If the control group had experienced conventional instruction without such enrichments, the effect size of the intervention may have been more pronounced.

The results of this study are consistent with previous literature demonstrating the effectiveness of PBL and STEM interventions in enhancing higher-order thinking skills. Hmelo-Silver (2004) emphasized that PBL improves critical thinking and problem-solving by placing students in authentic, ill-structured learning situations. Similarly, English (2016) and Capraro *et al.* (2013) highlighted that integrating STEM disciplines in problem-based learning fosters not only cognitive skills but also motivation and engagement. This study contributes to this literature by demonstrating that even in a fifth-grade cohort—a transitional stage into middle school—STEM-PBL can produce measurable gains in students' critical thinking and problem-solving abilities, while also creating a motivating learning environment that supports persistence and curiosity.

The outcomes are especially relevant in the context of Türkiye's revised mathematics curriculum (MoNE, 2024), which emphasizes mathematical literacy and problem solving from the 5th-grade onward. This study shows that incorporating STEM-PBL into mathematics instruction supports deeper cognitive engagement. Thus, educators and policymakers should consider integrating STEM-PBL approaches into K–12 lesson

plans to better equip students with the skills required in increasingly complex and interdisciplinary real-world contexts. This approach not only develops academic competencies but also nurtures the kind of critical, collaborative, and innovative thinking needed for future success.

Overall, the findings of this study explain the potential of STEM-PBL to enhance higher-order thinking skills. By engaging students in authentic, real-world problems, the STEM-PBL approach fosters cognitive skill development and the results align with constructivist principles, demonstrating that active, student-centered, and collaborative learning environments promote deeper understanding and more meaningful application of knowledge.

In the context of Türkiye's educational system, high-stakes testing often prioritizes procedural knowledge over higher-order competencies. However, recent curricular reforms aim to address this imbalance by integrating interdisciplinary approaches that promote critical thinking, creativity, and problem-solving abilities. The "Century of Türkiye Education Model" was introduced in 2024, represents a significant shift towards a skills-based curriculum, emphasizing competencies such as analytical thinking, collaboration, and innovation (MoNE, 2024). Therefore, this study highlights the value of integrating interdisciplinary, problem-based approaches into the mathematics curriculum.

Implementing STEM-PBL strategies can help bridge the gap between conceptual understanding and real-world application, equipping students with the cognitive and motivational tools necessary for success in the 21st-century. By demonstrating measurable gains in critical thinking and problem-solving skills at the transitional fifth-grade level, this research provides timely evidence supporting curriculum reforms that emphasize reasoning, conceptual understanding, and student-centered instruction.

5.3. Implications for Future Research

This study is a contribution to the literature showing how to improve students' higher-order thinking skills via STEM-integrated problem-based lessons in mathematics. Measurement tools were the Mathematical Thinking Scale (MTS), the Critical Thinking Skills Test (CTST), and the Mathematical Problem-Solving Test (MPST). This study could be implemented in different populations with different learning areas (i.e., primary school, students, high school students, physics, biology, etc.). Therefore, it would be an opportunity to see whether the results of the study are valid for other populations. This study can be turned into a longitudinal study. Longitudinal studies can provide deeper insights into whether the gains in higher-order thinking skills are sustained and expanded through the following years and high school.

Additionally, this study relies on quantitative pre- and post-test data. Future research may use qualitative or mixed-methods approaches utilizing more systematic classroom observations, student interviews, and teacher reflections to better understand the process that result in an increase in students' higher-order thinking skills.

Moreover, the role of teacher preparation and professional development in implementing STEM-PBL lessons and teachers' experience could be examined to determine how teachers' beliefs, training, and experiences influence the success of higher-order thinking skills.

Finally, cross-cultural or comparative studies could explore how different educational systems implement PBL within a STEM context and how other factors like curriculum, assessment policies, and classroom resources affect outcomes.

5.4. Limitations

In this study, the sampling was one of the limitations because it involved convenience sampling due to the researchers' accessibility. Therefore, it is a limitation for

the generalizability of the results. Another limitation of the study was the number of teachers implementing STEM-PBL methods. Three teachers were applying STEM-PBL methods in one of their classrooms, and the other classes took non-STEM-PBL lessons. However, since their background information was not as qualified as the researcher's and they were not mastered in the field and lesson plans, there were some differences in applying lesson plans.

In addition to that, school procedures also limited the application of the study. That is to say, if the school had assessment weeks, quiz weeks, or other special weeks or days, then STEM-PBL lessons could not be applied in those weeks, or if some of the classes lost some lessons because of those weeks or days, then it was hard to arrange those lesson losses and keep up with the common curriculum.

Additionally, students' willingness to participate actively in classroom activities was another limitation of the study. As students became groups, not all students showed eagerness to study. While some group members were participating in classroom activities, some students did not want to do anything during STEM-PBL lessons. The time period was also one of the factors affecting students' performance, especially in the Mathematical Thinking Scale, because students completed post assessments near the end of the school year, they were exhausted from the lessons and testing procedure, which influenced post-test scores.

REFERENCE

- Akaygün, S., F.A. Tutak and S. Özel, 2020, “Türkiye’de STEM Eğitiminde Araştırmalar ve Uygulamalar”, *Boğaziçi University Journal of Education*, Vol. 37, No. 1, pp. 1-2.
- Albanese, M.A., and S. Mitchell, 1993, “Problem-Based Learning: A Review of Literature on its Outcomes and Implementation Issues”, *Academic Medicine*, Vol. 68, No. 1, pp. 52–81.
- Anderson, L.W. and D.R. Krathwohl, 2001, *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, New York.
- Anderson, J., L.D. English, N. Fitzallen and D. Symons, 2020, “The Contribution of Mathematics Education Researchers to the Current STEM Education Agenda”, *Springer eBooks*, Vol. 1, No. 1, pp. 27–57.
- Arıkan, S., F.J.R. Van De Vijver and K. Yağmur, 2016, “Factors Contributing to Mathematics Achievement Differences of Turkish and Australian Students in TIMSS 2007 and 2011”, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 12, No. 8, pp. 2029–2059.
- Asghar, A., R. Ellington, E. Rice, F.W. Johnson and G. Prime, 2012, “Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts”, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 6, No. 2, pp. 85-125.
- Barrows, H.S., 2000, *Problem-Based Learning Applied to Medical Education*, Southern Illinois University: School of Medicine, Illinois.
- Barrows, H.S. and R.M. Tamblyn, 1980, *Problem-Based Learning: An Approach to*

Medical Education, Springer Publishing Company, New York.

Beers, S.Z., 2011, “21st Century Skills: Preparing Students for Their Future”, <https://www.yinghuaacademy.org/wpcontent/uploads/2014/10/21st-century>, accessed on August 15, 2025.

Bektaş, D.T., 2021, *The Effect of Game-Based Learning on Fourth-Grade Students' Number Sense Abilities*, M.S. Thesis, Boğaziçi University.

Breiner, J.M., Harkness, S.S., Johnson, C.C. and Koehler, C.M., 2012, “What is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships”, *School Science and Mathematics*, Vol. 112, No. 1, pp. 3-11.

Berkson, L., 1993, “Problem-Based Learning: Have the Expectations Been Met?”, *Academic Medicine*, Vol. 68, No. 10, pp. 79-88.

Beswick, K. and S. Fraser, 2019, “Developing Mathematics Teachers' 21st Century Competence for Teaching in STEM Contexts”, *Springer*, Vol. 51, No. 6, pp. 955-965.

Brooks, J.G., and M.G. Brooks, 1993, *In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*, Association for Supervision and Curriculum Development Publication, Virginia.

Bybee, R.W., 2010, “Advancing STEM education: A 2020 Vision”, *Technology and Engineering Teacher*, Vol. 70, No. 1, pp. 30-35.

Capraro, R.M., S.W. Slough, M.M. Capraro and J. Morgan, 2013, *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, Second Edition, Brill, USA.

- Cohen, J., 1988, *Statistical Power Analysis for The Behavioral Sciences*, Second Edition, Routledge, New York.
- Conklin, J., 2012, “Review of Review of A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives Complete Edition”, by L. W. Anderson, D. Krathwohl, P. Airasian, K.A. Cruikshank, R.E. Mayer, P. Pintrich, J. Raths and M.C. Wittrock, 2005, *Educational Horizons*, Vol. 83, No. 3, pp. 154-159.
- Çorlu, M.S. and E. Çallı, 2017, “STEM: “Bütünleşik Öğretmenlik Çerçevesi”, In Çorlu, M.S. and E. Çallı, (Eds.), *STEM Kuram ve Uygulamaları*, pp. 1-23, Second Edition, Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık, İstanbul.
- Coupland, M., M. Angelini, A. Prescott, S. Schuck, T. Rai and C. Lee, 2017, “Maths Inside: A Project to Raise Interest in Mathematics”, Mathematics Education Research Group of Australasia, <https://eric.ed.gov/?id=ED589474>, accessed on June 05, 2024.
- Cronbach, L.J., 1951, “Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests”, *Review of Educational Research*, Vol. 16, No. 3, pp. 297-334.
- Cuban, L., 1984, “Policy and Research Dilemmas in the Teaching of Reasoning: Unplanned Designs”, *Review of Educational Research*, Vol. 54, No. 4, pp. 655-681.
- De Graaff, E. and A. Kolmos, 2008, “Characteristics of Problem-Based Learning”, *International Journal of Electrical Engineering Education*, Vol. 19, No. 5, pp. 657-662.
- De Jarnette, N.K., 2012, “America’s Children: Providing Early Exposure to STEM (Science, Technology, Engineering and Math) Initiatives”, *Education*, Vol. 133, No. 1, pp. 77-84.

- Derry, S.J., C.E. Hmelo-Silver, A. Nagarajan, E. Chernobilsky and B.D. Beitzel, 2006, “Cognitive Transfer Revisited: Can We Exploit New Media to Solve Old Problems On a Large Scale?”, *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 35, No. 2, pp. 145-162.
- Dochy, F., M. Segers, P. Van den Bossche and D. Gijbels, 2003, “Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis”, *Learning and Instruction*, Vol. 13, No. 5, pp. 533-568.
- Duch, B.J., S.E. Groh and D.H. Allen, 2001, *The Power of Problem-Based Learning: A Practical “how to” for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*, Stylus Publishing, Virginia.
- Duran, M. and S. Şendağ, 2012, “A Preliminary Investigation into Critical Thinking Skills of Urban High School Students: Role of an IT/STEM Program”, *Creative Education*, Vol. 03, No. 02, pp. 241-250.
- Eğmir, E. and G. Ocağ, 2016, “Eleştirel Düşünme Becerisini Ölçmeye Yönelik Bir Başarı Testi Geliştirme”, *Turkish Studies*, Vol. 11, No. 19, pp. 337-360.
- English, L.D., 2016, “STEM Education K–12: Perspectives on Integration”, *International Journal of STEM Education*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-8.
- English, L.D., D. King and J. Smeed, 2017, “Advancing Integrated STEM Learning Through Engineering Design: Sixth-Grade Students’ Design and Construction of Earthquake Resistant Buildings”, *The Journal of Educational Research*, Vol. 110, No. 3, pp. 255-271.
- Ersoy, E. and N. Başer, 2013, “Matematiksel Düşünme Ölçeğinin Geliştirilmesi”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, Vol. 21, No. 4, pp. 1471-1486.

- Facione, N.C. and P.A. Facione, 1994, "The California Critical Thinking Skills Test and the National League for Nursing Accreditation Requirement in Critical Thinking", <https://eric.ed.gov/?id=ED380509>, accessed on August 15, 2024.
- Freeman, B., S. Marginson and R. Tytler, 2014, "Widening and Deepening the STEM Effect", *In The Age of STEM*, Vol. 1, No. 1, pp.1-21.
- Freeman, B., S. Marginson and R. Tytler, 2019, "An International View of STEM Education", In: Sahin, A., M. J. Mohr Schroeder, *STEM Education 2.0, Brill*, Vol. 1, No. 1, pp. 350-366.
- Gallagher, S.A., B.T. Sher, W.J. Stepien and D. Workman, 1995, "Implementing Problem-Based Learning in Science Classrooms", *School Science and Mathematics*, Vol. 95, No. 3, pp. 136-146.
- Goodnough, K. and B. Nolan, 2008, "Engaging Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge: Adopting Problem-Based Learning in the Context of Science Teaching and Learning", *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, Vol. 8, No. 3, pp. 197-216.
- Goodnough, K. and M. Cashion, 2006, "Exploring Problem-Based Learning in The Context of High School Science: Design and Implementation Issues", *School Science and Mathematics*, Vol. 106, No. 7, pp. 280-295.
- Gür, B.S., Z. Çelik and M. Özoğlu, 2012, "Policy Options for Turkey: A Critique of the Interpretation and Utilization of PISA Results in Turkey", *Journal of Education Policy*, Vol. 27, No. 1, pp. 1-21.
- Hill, H.C., B. Rowan and D.L. Ball, 2005, "Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement", *American Educational Research Journal*, Vol. 42, No. 2, pp. 371-406.

- Hmelo, C.E., 2004, "Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?", *Educational Psychology Review*, Vol. 16, No. 3, pp. 235-266.
- Hmelo, C.E. and M.D. Ferrari, 1997, "The Problem-Based Learning Tutorial: Cultivating Higher Order Thinking Skills", *Journal for the Education of the Gifted*, Vol. 20, No. 4, pp. 401-422.
- Holmlund, T.D., K. Lesseig and D. Slavit, 2018, "Making Sense of STEM Education in K-12 Contexts", *International Journal of STEM Education*, Vol. 5, No. 1, pp. 32-45.
- Honey, M., G. Pearson and H. Schweingruber, (Eds.), 2014, *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and An Agenda for Research*, The National Academies Press, Washington.
- Hsu, P-S., 2018, "Integrating STEM Education Through Problem-Based Learning: Designing Projects to Enhance Creativity and Problem-Solving Skills", *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 25, No. 3, pp. 293-310.
- Huck, S.W., 2012, *Reading Statistics and Research*, Sixth Edition, Pearson Education, Boston.
- Hung, W., Jonassen, D.H. and Liu, R., 2008, "Problem-Based Learning", In Sepektor, J.M., M.D. Merrill, J.J.G. van Merriënboer and M.P. Driscoll (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, Third Edition, pp. 485-506, Lawrance, Erlbaum Associates.
- İlhan, A. and R. Aslaner, 2019, "2005'ten 2018'e Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programlarının Değerlendirilmesi", *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Vol. 46, No. 46, pp. 394-415.

- Jonassen, D.H., 1997, “Instructional Design Models for Well-Structured and Ill- Structured Problem-Solving Learning Outcomes“, *Educational Technology Research and Development*, Vol. 45, No. 1, pp. 65-94.
- Kek, M.Y.C.A. and H. Huijser, 2011, “The Power of Problem-Based Learning in Developing Critical Thinking Skills: Preparing Students for Tomorrow’s Digital Futures in Today’s Classrooms”, *Higher Education Research and Development*, Vol. 30, No. 3, pp. 329-341.
- Kelly, T.R. and J.G. Knowles, 2016, “A Conceptual Framework for Integrated STEM Education”, *International Journal of STEM Education*, Vol. 3, No. 1, pp. 11-22.
- Klegeris, A., M. Bahniwal and Hurren, H., 2013, “Improvement in Generic Problem-Solving Abilities of Students by Use of Tutor-Less Problem-Based Learning in a Large Classroom Setting”, *CBE- Life Sciences Education*, Vol. 12, No. 1, pp. 73-79.
- Klenowski, V. and C. Wyatt-Smith, 2012, “The Impact of High Stakes Testing: The Australian Story”, *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, Vol. 19, No. 1, pp. 65-79.
- Kolmos, S.A., 1996, “Reflections on Project Work and Problem-Based Learning”, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 21, No. 2, pp. 141-148.
- Kwon, H. and Y. Lee, 2025, “A Meta-Analysis of STEM Project-Based Learning on Creativity”, *STEM Education*, Vol. 5, No. 2, pp. 275-290.
- Lantz, H B., 2009, “Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: What form? What function?”, <https://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/08/STEMEducationArticle.pdf>, accessed on August 08, 2024.

- Lewis, A. and D. Smith, 1993, "Defining Higher Order Thinking", *Theory Into Practice*, Vol. 32, No. 3, pp. 131-137.
- Magsino, R.M., 2014, "Enhancing Higher Order Thinking Skills in a Marine Biology Class Through Problem-Based Learning", *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, Vol. 2, No. 5, pp. 1-6.
- Margot, K. C. and T. Kettler, 2019, "Teachers' Perception of STEM Integration and Education: A Systematic Literature Review", *International Journal of STEM Education*, Vol. 6, No. 2, pp. 1-16.
- Martin, C., Sexton, C., Wagner, K., and J. Gerlovich, 2016, "Integrating STEM Education Through Project-Based Learning: A longitudinal Study", *School Science and Mathematics*, Vol. 116, No. 4, pp. 174-182.
- McGee, J., C. Wang. and D. Polly, 2013, "Guiding Teachers in the Use of a Standards Based Mathematics Curriculum: Teacher Perceptions and Subsequent Instructional Practices After an Intensive Professional Development Program", *School Science and Mathematics*, Vol. 113, No. 1, pp. 16-28.
- Mergendoller, J.R., N.L. Maxwell and Y. Bellisimo, 2006, "The Effectiveness of Problem-Based Instruction: A Comparative Study of Instructional Methods and Student Characteristics", *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 1, No. 2, pp. 49-69.
- Ministry of National Education (MoNE), 2018, "Matematik Dersi Öğretim Programı, Retrieved from Ministry of National Education: Center for Monitoring and Evaluation of Curricula", <https://mufredat.meb.gov.tr/>, accessed on August 15, 2024.
- Ministry of National Education (MoNE), 2024, "Matematik Dersi Öğretim Programı, Retrieved from Ministry of National Education: Center for Monitoring and Evalu

tion of Curricula”, <https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=329>, accessed on March 01, 2024.

Moore, T.J., A.W. Glancy, K.M. Tank, J.A. Kersten, K.A. Smith and M.S. Stohlmann, 2014, “A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development”, *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-13.

Mullis, I.V.S., M.O. Martin, P. Foy and A. Arora, 2012, *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*, International Association for the Evaluation of Educational Achievement, TIMSS and PIRLS International Study Center, Netherlands.

Mullis, I.V., M.O. Martin, P. Foy and M. Hooper, 2016, *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement, TIMSS and PIRLS International Study Center, Netherlands.

Mullis, I.V., M.O. Martin, P. Foy, D.L. Kelly and B. Fishbein, 2020, *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*, TIMSS and PIRLS International Study Center, Netherlands.

National Research Council, 2009, *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*, The National Academies, Washington, DC.

Newmann, F.M., 1990, “Higher Order Thinking in Teaching Social Studies: A Rationale for the Assessment of Classroom Thoughtfulness”, *Journal of Curriculum Studies*, Vol. 22, No. 1, pp. 41-56.

Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019, *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris.

Özel, S., 2009, “W3 of STEM Project-Based Learning: Who, Where, and When”,

- In Capraro, R. M. and S.W. Slough, *STEM Project-Based learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, pp. 41-49, Sense Publishers, Rotterdam.
- Özel, S., 2023, "Teaching Problem-Oriented Thinking and Project Cycle to Children from Disadvantages Neighborhood through Voluntary Young Adults", *Budapest CEU Conference on Cognitive Development*, Budapest.
- Özmen, N., S. Özel and T. Adigüzel, 2020, "A Framework for Stem-Focused Lesson Plans: A Meta-Synthesis Study", *Boğaziçi University Journal of Education*, No. 37, No. 1, pp. 123-154.
- Parno, Y.L. and B.Q. A. Ni'Mah, 2019, "The Influence of PBL-STEM on Students' Problem-Solving Skills in the Topic of Optical Instruments", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1171, No. 1, pp. 012013-012028.
- Paul, R., 1990, *Critical Thinking Handbook, 4Th-6Th Grades: A Guide for Remodelling Lesson Plans in Language Arts, Social Studies and Science*, Foundation for Critical Thinking, California.
- Piaget, 1972, "Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood", *Human Development*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-12.
- Pintrich, P.R., 2002, "The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing", *Theory Into Practice*, Vol. 41, No. 4, pp. 219-225.
- Rehmat, A.P., 2015, *Engineering the Path to Higher-Order Thinking in Elementary Education: A Problem-Based Learning Approach for STEM Integration*, Ph.D. Thesis, University of Nevada.
- Resnick, L.B., 1987, *Education and Learning to Think*, National Academy Press, Wash-

ington.

Robert, A., 2013, “Stem is Here. Now What?”, *Technology and Engineering Teacher*, Vol. 73, No. 1, pp. 22-45.

Sanders, M., 2009, “STEM, STEM Education, STEMMania”, *The Technology Teacher*, Vol. 68, No. 4, pp. 20-26.

Savery, J.R., 2006, “Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions”, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 9, No. 2, pp. 5-15.

Schraw, G. and D.H. Robinson, 2011, *Assessment of Higher-Order Thinking Skills*, Information Age Publishing, North Carolina.

Schoenfeld, A.H., 1992, “Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics”, In Grouws, D. A., *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, pp. 334-370, Macmillian.

Slavin, R.E., 1987, “Ability Grouping and Student Achievement in Elementary Schools: A Best-Evidence Synthesis”, *Review of Educational Research*, Vol. 57, No. 3, pp. 293-336.

Strobel, J. and A. van Barneveld, 2009, “When is PBL More Effective? A Meta-Synthesis of Meta-Analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms”, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 33, No. 1, pp. 44-58.

Suparman, S., D. Juandi and M. Tamur, 2021, “Does Problem-Based Learning Enhance Students’ Higher Order Thinking Skills in Mathematics Learning? A Systematic Review and Meta-Analysis”, *4th International Conference on Big Data and Education*, London.

- Tabachnick, B.G. and L.S. Fidell, 2019, *Using Multivariate Statistics*, Seventh Edition, Pearson, Boston.
- Tarmizi, R.A. and S. Bayat, 2012, "Collaborative Problem-Based Learning in Mathematics: A Cognitive Load Perspective", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 32, No. 2012, pp. 344-350.
- Thompson, T., 2008, "Mathematics Teachers' Interpretation of Higher-Order Thinking in Bloom's Taxonomy", *International Electronic Journal of Mathematics Education*, Vol. 3, No. 2, pp. 96-109.
- Trends in International Mathematics and Science Study 2011 Released Items, 2013, <https://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-released-items.html>, accessed on June 8, 2024.
- Tiwari, A., Y.M. Lai, M.K.P. So and K.H. Yuen, 2006, "A Comparison of the Effects of Problem-Based Learning and Lecturing on the Development of Students' Critical Thinking", *Medical Education*, Vol. 40, No. 6, pp. 547-554.
- Torp, L. and S. Sage, 2002, *Second Edition, Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-16 Education*, Association for Supervision and Curriculum Development, Virginia.
- Ure, H., 2012, *The Effect of the Engineering Design Process on the Critical Thinking Skills of High School Students*, M.S. Thesis, Brigham Young University.
- Vernon, D.T. and R.L. Blake, 1993, "Does Problem-Based Learning Work? A Meta-Analysis of Evaluative Research", *Academic Medicine*, Vol. 68, No. 7, pp. 550-563.
- Vernon, D.T. and R.L. Blake, 1994, "Responses to "Problem-based learning: Have the Expectations Been Met?", *Academic Medicine*, Vol. 69, No. 6, pp. 472-473.

- Vygotsky, L.S., 1978, *Mind in Society: The Development of Higher Order Processes*, Harvard University Press, Cambridge.
- Wang, H.H., T.J. Moore, G.H. Roehrig and M.S. Park, 2011, “STEM Integration: The Impact of Professional Development on Teacher Perception and Practice”, *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-13.
- Wang, J. and P. Somasundram, 2025, “Effect of STEM-PBL Advanced Mathematics Course on Engineering Students’ Problem-Solving Ability in Higher Vocational College”, *Frontiers in Education*, Vol. 10, No. 1, pp. 1628482-1628499.
- White, D.W., 2014, “What is STEM Education and Why is It Important?”, *Florida Association of Teacher Educators Journals*, Vol. 1, No. 14, pp. 1-9.
- Walker, A. and H. Leary, 2009, “A Problem-Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels”, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 3, No. 1, pp. 12-43.
- Willingham, D.T., 2008, “Critical Thinking: Why is it so Hard to Teach?”, *Arts Education Policy Review*, Vol. 109, No. 4, pp. 21-32.
- Yolanda, F., 2019, “The Effect of Problem-Based Learning on Mathematical Critical Thinking Skills of Junior High School Students”, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1397, No. 1, pp. 012082-012099.
- Zimmerman, B.J., 2002, “Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview”, *Theory Into Practice*, Vol. 41, No. 2, pp. 64-70.

APPENDIX A: MATHEMATICAL THINKING SKILLS TEST

Mathematical thinking skills test.

Matematiksel Düşünme Ölçeği

Sevgili Öğrenciler,

Bu ölçek sizin Matematiksel Düşünme düzeyinizi ölçmek için hazırlanmıştır. Her soruyu okuduktan sonra sağ tarafta yer alan beş cevap seçeneğinden size en uygun olanını (X) şeklinde işaretleyerek belirtiniz.

Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç katılmıyorum
A	B	C	D	E

1	Matematiksel düşünme becerisine sahip olan birey, bütün etmenleri dikkate alarak akıcı bir sonuca ulaşma becerisini (akıl yürütme) kazanmış demektir.	A	B	C	D	E
2	Akıl yürütmeyi kullanarak günlük yaşam problemlerini çözebilen birey düzey düşünme becerisini kazanmış demektir.	A	B	C	D	E
3	Her birey farklı bir akıl yürütme becerisine sahiptir.	A	B	C	D	E
4	Bir birey birden çok akıl yürütme yaklaşımını bir arada kullanabilirse matematiksel düşünme becerisini kazanmıştır.	A	B	C	D	E
5	Matematik dersinde, zor bir problem karşısında sistemli bir çözüm bulmak için uğraşırım.	A	B	C	D	E
6	Matematiksel düşünme için bilgi etkin bir biçimde kullanılmalıdır.	A	B	C	D	E
7	Birey analiz ve sentez gibi üst düzey bilişsel becerileri kazanmadan da matematiksel düşünme yetisine ulaşabilir.	A	B	C	D	E
8	Üst düzey düşünme becerisini geliştirmede matematiksel düşünme önemli yer tutar.	A	B	C	D	E
9	Zor bir problem çözerken yeni şeyler keşfeden birey üst düzey düşünme becerisi kazanmış demektir.	A	B	C	D	E
10	Matematiksel düşünme becerisine sahip birey, problemleri alışılmışın dışında yollar kullanarak çözmeye çalışır.	A	B	C	D	E
11	Mantıksal düşünerek çözüme yaklaşamamak yaptığım çözümü zorlaştırır	A	B	C	D	E
12	Problem çözerken kendim formül oluşturabilirim.	A	B	C	D	E
13	Bireyin problem çözerken, herkesin çözdüğünden farklı bir çözüm önermesi matematiksel düşünme becerisini kazandığının göstergesidir.	A	B	C	D	E
14	Problem çözerken yaratıcılık yeteneğini kazanan birey matematiksel düşünme becerisini kazanmıştır.	A	B	C	D	E
15	Matematiksel düşünme günlük yaşam problemlerimin çözümünde yardımcı olmaz.	A	B	C	D	E
16	Günlük yaşam problemlerini mantıksal bir yaklaşımla çözemeyen birey üst düzey düşünme becerisini kazanamamıştır.	A	B	C	D	E

Figure A.1. Mathematical thinking skills test.

17	İyi bir matematikçi yaratıcı düşünme düzeyi yüksek olandır.	A	B	C	D	E
18	Yaratıcı düşünme becerisine sahip olan birey matematiksel düşünme becerisini daha kolay kazanır.	A	B	C	D	E
19	Rasyonel(Akılcı) düşünebilen birey matematiksel düşünme becerisini kazanabilmiştir.	A	B	C	D	E
20	Grup çalışması bireylere matematiksel düşünme becerisi kazandırmaz.	A	B	C	D	E
21	Yeni bilgileri yapılandırırken eski bilgiler arasında bağ kuramayan birey matematiksel düşünemiyor demektir.	A	B	C	D	E
22	Güç problemlerde tahmin yapmadan matematiksel çözüme ulaşılmaz.	A	B	C	D	E
23	Bilimsel çalışmalarda bir olayın matematiksel modelini oluşturabilen birey matematiksel düşünme becerisi kazanmış demektir.	A	B	C	D	E
24	Günlük yaşamda bilgiyi etkin bir biçimde kullanmak önemli bir özelliktir	A	B	C	D	E
25	Üretilen bilgileri yeni durumlara aktarabilme üst düzey düşünme becerilerinin göstergesidir.	A	B	C	D	E

Figure A.2. Mathematical thinking skills test-2.

APPENDIX B: CRITICAL THINKING SKILLS TEST

Critical thinking skills test.

ELEŞTİREL DÜŞÜNME BECERİSİ TESTİ

Sevgili öğrenci, bu test sizlerin eleştirel düşünme becerinizi değerlendirmek için hazırlanmıştır. Testteki soruları ve seçenekleri dikkatlice okuyunuz ve size en doğru gelen şıkkı işaretleyiniz. Katılımınızdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

1) Aşağıda ulaşılmak istenen amaçlar ve bu amaca ulaşmaya çalışırken ortaya çıkabilecek engeller eşleştirilmiştir. Sizce hangi eşleştirme uygun değildir?

- a. Ders çalışmak istiyorsunuz-Evde gürültü var.
- b. Sağlıklı olmak istiyorsunuz-Asitli içecekler tüketiyorsunuz.
- c. Arkadaşınızla buluşmaya yetişmek istiyorsunuz-Cep telefonunuzu evde unuttunuz.
- d. Ödevlerinizi zamanında bitirmek istiyorsunuz-Plansız hareket ediyorsunuz.

2) Aşağıda verilenlerden hangisi sizce bir problem durumu değildir?

- a. Yeni bilgisayarınızı alıp eve getirdiğinizde kutunun içinde bazı parçaların olmadığını gördünüz.
- b. Bugün önemli bir sınav olacağınız dersin hocası hastalığından dolayı okula gelemedi.
- c. Fotoğrafçıdan fotoğraflarınızı almaya gittiğinizde gördünüz ki fotoğraflar başkasına ait.
- d. Bir ödev hazırlayacaksınız ancak ödevle ilgili yeterli kadar kaynak bulamadınız.

3) Lisede başarılı bir öğrenci olan Faruk üniversite sınavı sonrası ailesinin ısrarı ile ve mezun olduktan sonra maaşı iyi olduğu için Mühendislik bölümünü seçmiştir. Ancak okula başladıktan sonra dersler ilgisini çekmemiş ve ona zor gelmiştir. Faruk zamanla mühendislikten başka mesleklere ilgisi olduğunu fark etmiştir.

Size göre aşağıda belirtilen durumlardan hangisi Faruk'la ilgili en temel problemidir?

- a. Faruk derslerine doğru yöntemle çalışmamaktadır.
- b. Faruk isteyerek okuyacağı bir bölüm tercihi yapmamıştır.
- c. Faruk tercih döneminde bölüm hakkında bilgi edinmemiştir.
- d. Faruk bölümdeki derslerin daha kolay olacağını düşünmüştür.

4) İlinizdeki hava kirliliğinin nedenlerini belirlemek için aşağıdaki bilgilerden hangisine ihtiyaç duymazsınız?

- a. İlinizde hava kirliliğine neden olan ısınma türleri ne sıklıkta kullanılıyor
- b. İlinizdeki iklim şartlarının hava kirliliğine olan etkisi nedir
- c. İlinizde hava kirliliğine dönük önlemler ne seviyede alınıyor
- d. İliniz ülke çapında yapılan hava kirliliği sıralamasında kaçınıcı sırada

Figure B.1. Critical thinking skills test.

- 5) Odanızda baktığınız çiçek bir miktar büyüdüktan sonra yavaş yavaş solmaya ve kurumaya başladı. Bu durumun nedenlerini belirlemek için aşağıdaki bilgilerden hangisine ihtiyac duymazsınız?
- Çiçeğin uygun miktarda güneş ışığı alıp almadığı
 - Çiçeğin yerinin zaman içinde değiştirilip değiştirilmediği
 - Çiçeğin odaya konulduktan ne kadar sonra solmaya başladığı
 - Çiçeğin toprağının büyüme esnasında yenilenip yenilenmediği
- 6) Arkadaşın Mine dün izlediği filmi sana anlatırken aşağıdaki ifadeleri kullanıyor. Bu ifadelerden hangisi kanıtlanabilir bir gerçektir?
- Filmdeki başrol oyuncusu başarılı bir oyunculuk yapmış.
 - Filmdeki hikâye Ege'de küçük bir kasabada geçiyor.
 - Film son zamanlarda izlediğim en komik Türk filmiydi.
 - Filmin çekimi için daha farklı yerler tercih edilebilirdi.
- 7) Aşağıdaki cümleler fikir veya gerçek olmalarına göre eşleştirilmiştir. Sizce eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?
- Osmanlı Devleti 1299 yılında Osman Gazi tarafından kurulmuştur -GERÇEK
 - Herkesin en az bir yabancı dil bilmesi zorunlu olmalıdır -FİKİR
 - Süt ürünleri bizim için sebzelerden daha önemli bir besindir -GERÇEK
 - Öğrenciler de öğretmenlere sene sonu başarı notu vermelidir -FİKİR

Çıkarım: Bir iddia ve bu iddiayı kanıtlamaya yönelik nedenler içeren ifadelere çıkarım denir. Çıkarımlar bizi bir iddianın doğru veya yanlış olduğuna ikna etmek içindir. Örneğin; “yarın yağmur yağacak” ifadesi bir iddiadır. Bu iddiayı kanıtlamak için cümleye sebep veya sebepler eklersek o zaman çıkarım yapmış oluruz. Örneğin; “yarın yağmur yağacak çünkü dün hava durumunda dinledim”. Burada çıkarımın “yarın yağmur yağacak” bölümü çıkarımın **sonuç** bölümü; sonucu destekleyen nedenleri ortaya koyan “dün hava durumunda dinledim” bölümü de çıkarımın **neden** bölümüdür.

Aşağıdaki 8.-11. soruları yukarıdaki bilgilere göre cevaplayınız.

- 8) Aşağıdaki ifadelerden hangisi bir çıkarım değildir?
- Hastalığım için tedaviye gittiğim doktor birkaç gün evde dinlenmemi söyledi.
 - Aslı ile Mine iyi arkadaşlar, bu sebeple aynı grupta olurlarsa daha iyi çalışırlar.
 - Darda kalan insanlara yardım etmek gerekir, çünkü bu ahlaklı bir davranıştır.
 - Bugünlerde havalar soğuk olduğu için daha kalın elbiseler giymemiz gerek.
- 9) “Semih başarılı bir koşucudur...” cümlesi hangisi ile tamamlanırsa bir çıkarım olmaz?
- Bu sene katıldığı turnuvalarda dereceye girdi.
 - Bu spora henüz sekiz yaşındayken başlamıştır.
 - Bu alanda kazandığı madalyalar vardır.
 - Uzmanlar tarafından övgü almaktadır.

Figure B.2. Critical thinking skills test-2.

10) Aşağıda çıkarımlar öğelerine ayrılmıştır. Sizce hangisi yanlıştır?

a. Anıl ailedeki tek erkek çocuk. Çünkü Anıl'ın iki kız kardeşi var.

Sonuç

Neden

b. Proje ödevinden 90 aldım. Düşüncem o ki öğretmen yaptığım ödevi beğendi.

Neden

Sonuç

c. İbrahim'in en sevdiği arkadaşı benim. Bu nedenle benim yaptığım uyarıları dikkate alır.

Sonuç

Neden

d. Sabah kalktığımda boğazlarım şişmişti. Yatmadan önce içtiğim buzlu su dokundu galiba.

Neden

Sonuç

11) Aşağıda çıkarımlar öğelerine ayrılmıştır. Sizce hangisi yanlıştır?

a. Ehliyet almak için 18 yaşını doldurmak gerekir. Demet artık ehliyet alabilir. Çünkü dün 18 yaşını doldurdu.

Neden

Neden

Sonuç

b. Bu mahallede en düşük kira 700 Türk Lirası. Selim ise kiraya 500 liradan fazla vermek istemiyor. O yüzden Selim bu mahallede kiralık ev bakmayacaktır.

Neden

Neden

Sonuç

c. Bu dersi geçemeyeceğim. Dersten geçmem için en az 50 almam lazımdı. Ben ise sınavdan 40 aldım.

Sonuç

Neden

Neden

d. Bu işe başvurmak için şartları sağlıyorum. Şirket başvuru için yabancı dil istiyor. Ben de İngilizce biliyorum.

Sonuç

Neden

Neden

12) Bir adam bir çocuğu bir dükkândan koşarak çıkarken görüyor. Çocuk çıkarken kapıda bir kıza çarpıyor ve ona yardım etmek için durmuyor. Buna göre aşağıdaki sonuçlardan hangileri kesindir?

- a. Kız dükkâna girmek üzeredir.
- b. Çocuk birtakım sebeplerden dolayı geç kalmıştır.
- c. Çocuk biraz önce dükkânda bulunmaktaydı.
- d. Adam kızın yere düştüğünü görmüştür.

13) Sokakta dili dışına çıkmış bir köpek gördüğümüzü düşünelim. Bu bilgiden hareketle aşağıdaki sonuçlardan hangisi kesindir?

- a. Köpek bir hayli susamıştır.
- b. Köpek hızlı bir koşu yapmıştır.
- c. Köpeğin bir yeri acıyordur.
- d. Köpek dilini dışarı sarkıtmıştır.

Figure B.3. Critical thinking skills test-3.

14) Yaşamak için başka bir şehre taşınmak isteyen Mehmet'in aşağıdaki noktalardan hangisini göz önüne alması en az gereklidir?

- a. Taşınacağı şehrin kendisi ve ailesi için güvenli bir yer olması
- b. Taşınacağı şehirde sosyal ve kültürel aktivitelerin yoğun olması
- c. Taşınacağı şehrin tanınmış doğal güzelliklerinin olması
- d. Taşınacağı şehirde kazancıyla geçinebilecek olması

Varsayım: Henüz yeteri derecede kanıtlanmamış ancak kanıtlanması umulan düşünce ve iddialara varsayım denmektedir. Örneğin bir kimse elinde kanıt olmadığı halde "Öğretmen benim projeme düşük not verdi nedenini öğretmene sormadım ama bence konumu beğenmedi" diyorsa bir varsayımda bulunuyor demektir. Çünkü düşük not almasının sebebini hocasına sormamış ve bu düşüncesine dair bir kanıt elde etmemiştir.

Aşağıdaki 15 ve 16. soruları yukarıdaki bilgiye göre cevaplayınız.

15) Aşağıdaki ifadelerden hangisi bir varsayımdır?

- a. Hakan ikinci bir iş arıyor çünkü paraya ihtiyacı olduğunu söyledi.
- b. Karşıdaki mağaza çok kalabalık; bence orada iyi bir indirim var.
- c. Dengeli beslenmek için her besin grubundan yememiz gerek.
- d. Kayıtlara göre ilimizdeki termal otellere tatilde birçok insan geliyor.

16) Aşağıdaki ifadelerden hangisi bir varsayım değildir?

- a. Karşıdaki kız kaldırıma oturmuş ağlıyor; arkadaşıyla tartıştı galiba.
- b. Benim gösterdiğim yoldan gitseydik şimdi eve varmıştık.
- c. Binaya ısı yalıtımı yapıldığından beri evimiz daha sıcak oluyor.
- d. Geçtiğimiz yıl gitar kursuna gitmesem notlarım daha yüksek olurdu.

17) Okulda üye olduğunuz kulüp ile il genelinde maddi durumu yetersiz olan öğrenciler için bir etkinlik gerçekleştirmek istiyorsunuz. Bu etkinliği planlamak için yaptığınız toplantıda cevap aradığınız en önemli soru ne olabilir?

- a. Etkinliğin dikkat çekmesi için ismi ne olsun?
- b. Etkinliğin verimli olması için neler yapalım?
- c. Etkinliği insanlara hangi yollarla duyuralım?
- d. Etkinlik için hangi kurumlardan izin alalım?

18) "Ortaokul derslerini geçmek için planlı bir şekilde çalışmak gerekir" diyen bir arkadaşınıza aşağıdaki sorulardan hangisini sorarsanız onun bu düşüncesine dair daha az bilgi elde edersiniz?

- a. Hangi dersler plan yapmaya en uygundur?
- b. Nasıl bir plan yapmaktan bahsediyorsun?
- c. Plansız çalışmanın zararları neler olabilir?
- d. Planlı çalışmak için önerilerin nelerdir?

Figure B.4. Critical thinking skills test-4.

- 19) “Sınıf arkadaşım Levent her sabah okula geldiğinde uykulu oluyor. Bence ya geceleri geç yatıyor ya da evi uzak olduğundan derse yetişmek için erken kalkıyor” çıkarımında hatalı olan nokta nedir?
- Hiçbir hata yoktur.
 - Bu iki durum dışında üçüncü bir olasılık da doğru olabilir.
 - Levent’in okula nasıl geldiği cümlede ifade edilmemektedir.
 - Levent’in okula uykulu gelmediği sabahlar da vardır.
- 20) Aşağıdaki çıkarımlardan hangisi size göre mantıklıdır?
- Afyon’da akşam herkes gezmek için dışarı çıktığında ya Özilek’e gidiyor ya da ParkAfyon’a.
 - Bu marketten iki sefer karpuz aldım ve ikisi de kötü çıktı. Başka marketlerden alırsam kesin güzel çıkacaktır.
 - Geçen sınav Hande ile oturmuştum ve sınavım iyi geçti. Yine sınavım iyi geçsin diye onun yanına oturacağım.
 - Deniz ürünlerine alerjim var; karnımı ağrıtıyor. Midye de bir deniz ürünü midye de yemiyorum.
- 21) Aşağıdaki çıkarımlardan hangisi size göre mantıklıdır?
- Ankara’da kaldığım üç gün boyunca iki trafik kazası gördüm. Tüm Ankaralıları kötü araba kullanıyor.
 - Hava açık olduğunda evden Afyon Kalesi’ni görebiliyorum. Eğer yarın da hava açık olursa yine görebilirim.
 - Alt komşularımızın ikisi de doktor ve çocukları yaramaz. Doktor çocukları hep yaramaz olur.
 - Filmin afişini gördüm ve bana çok ilginç ve dikkat çekici geldi. Bence film de kaliteli ve güzeldir.
- 22) “Öğrencilere okulda ne zaman isterlerse bir şeyler yiyip içebilmeleri için izin verilmelidir” ifadesine katılmadığınızı belirtmek için aşağıdaki cevaplardan hangisini kullanırsınız?
- Böylece tüm öğrenciler kendilerini daha özgür hissedeceklerdir.
 - Bu yolla öğrencilerin yeterli şekilde beslenmesi sağlanabilir.
 - Böyle olursa ders esnasında öğrencilerin dikkati dağılacaktır.
 - Bu durumda öğrenciler okulda daha mutlu olacaklardır.
- 23) “Okullarda öğrencileri eleştirel düşünmeye yöneltecek ders ve etkinliklere önem verilmelidir” ifadesine katılmadığınızı belirtmek için aşağıdaki cevaplardan hangisini kullanırsınız?
- Düşünme insanların hayat kalitesini arttıran bir eylemdir.
 - Düşünen insanlar başkaları tarafından daha zor kandırılırlar
 - Düşünürsek daha önceden göremediğimiz birçok şeyi fark edebiliriz.
 - Programda düşünme ile ilgili derslerden daha da önemli dersler vardır.

Figure B.5. Critical thinking skills test-5.

- 24) Araştırmacılar öğrencilerin TV izlemesinin okuma davranışlarını etkileyip etkilemediğini belirlemek istemişlerdir. Araştırmada içerisinde 1-6 yaş arası çocukların yaşadığı evlerin % 33'ünde nerede ise günün tamamına yakınında TV açık kalmaktadır. Bu çocuklar daha çok TV izleyip daha az kitap okumaktadırlar. Buna göre, verilen ilişki çalışmasından çıkarılabilecek uygun sonuç aşağıdakilerden hangisidir?
- TV sahibi olursanız 6 yaşındaki çocuğunuz kitap okumak istemeyecektir.
 - Evinde hiç TV olmayan çocuklar daha çok okumaktadırlar.
 - Zamanının çoğunda TV izlemek çocukların üçte birinde az okumaya yol açmaktadır.
 - Eğitim programları izleyenler çizgi film izleyen çocuklardan daha çok kitap okumaktadırlar.
- 25) Size birisi en iyi çikolata Cicim marka çikolata dese siz bu bilgiyi verenin güvenilir bir kaynak olup olmadığına karar vermek için aşağıdakilerden sorulardan hangisi önemli değildir?
- Bu kişi bu marka çikolatayı hiç yemiştir mi?
 - Bu kişi bu bilgiyi nereden edinmiştir?
 - Bu kişi hangi tür çikolataları seviyor?
 - Bu ürünü deneyen başkalarının görüşlerini almış mı?

Figure B.6. Critical thinking skills test-6.

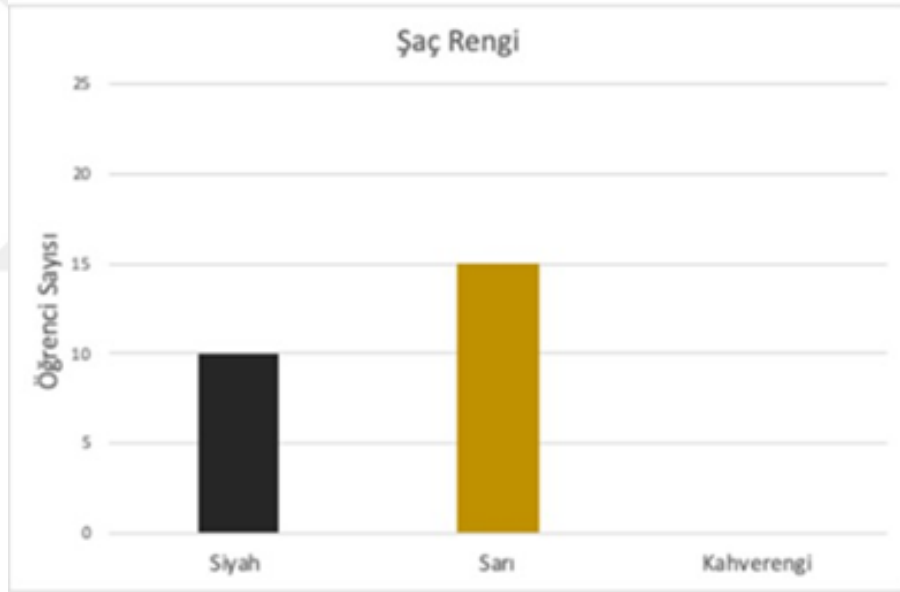
APPENDIX C: MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING SKILLS TEST

Mathematical problem-solving skills test.

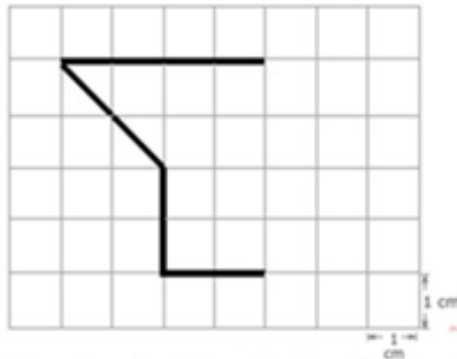
Sevgili öğrenciler, aşağıdaki soruları tüm dikkatiniz ve içtenliğinizle cevapladığınız ve çalışmamıza katkı sağladığınız için hepinize çok teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Serkan Özel

1. 30 kişilik bir sınıfta 10 kişi siyah saçlı, 15 kişi sarı saçlı ve geri kalanları da kahverengi saçlıdır. Aşağıdaki grafiği tamamlayınız.



- 2.



Yukarıdaki şekildeki her bir kare 1 santimetrekaredir. Alanı 13 santimetrekare olacak şekilde şekli çizgiler kullanarak tamamlayınız.

Figure C.1. Mathematical problem-solving skills test.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

3. Aşağıdaki 3 soruyu cevaplayınız.

A. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 1 doğrusal çizgi çizerek 2 üçgen oluşturun.



B. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 1 doğrusal çizgi çizerek 2 dikdörtgen oluşturun.



C. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 2 doğrusal çizgi çizerek 1 dikdörtgen ve 2 üçgen oluşturun.



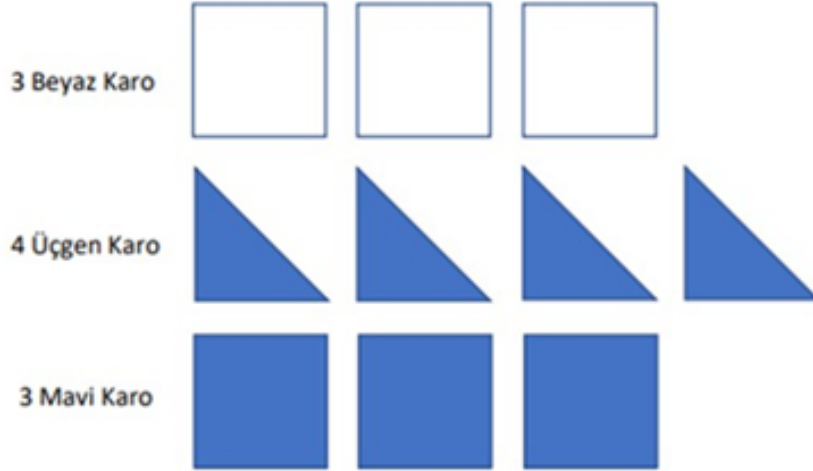
4. Burak aklında bir sayı tutmuştur. Daha sonra bu sayıyı 2 ile çarpıp 4 eklemiştir. Burak'ın elde ettiği sonuç 16'dır. Burak'ın tuttuğu ilk sayı kaçtır? İşlemlerinizi de gösteriniz.

Figure C.2. Mathematical problem-solving skills test-2.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

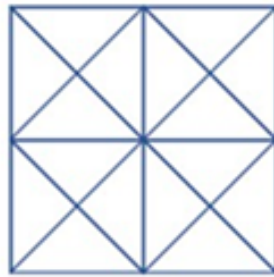
5. Bu soru için size aşağıda gösterilen gibi 10 şekil verilmiştir.



A. Üçgenlerden 2 tanesini kullanarak daha büyük bir üçgen oluşturun. Daha sonra bu üçgenlerle oluşturduğunuz üçgeni aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.



B. Üçgenlerin 4 tanesini de kullanarak bir kare oluşturun. Daha sonra bu üçgenlerle oluşturduğunuz kareyi aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.

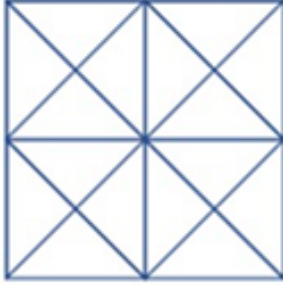


C. B şıkkındaki soruda oluşturduğunuz şeklin boyalı kısımlarına karşılık gelen kesri yazın.

Cevap:

Figure C.3. Mathematical problem-solving skills test-3.

- D. Üçgen karoları KULLANMADAN 4 karo yerleştirerek aşağıdaki şeklin $\frac{1}{2}$ 'nin boyalı olmasını sağlayın. Daha sonra oluşturduğunuz şekli aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.



- E. 8 karo kullanarak aşağıdaki şeklin $\frac{5}{8}$ 'inin boyalı olmasını sağlayın. Daha sonra oluşturduğunuz şekli aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.

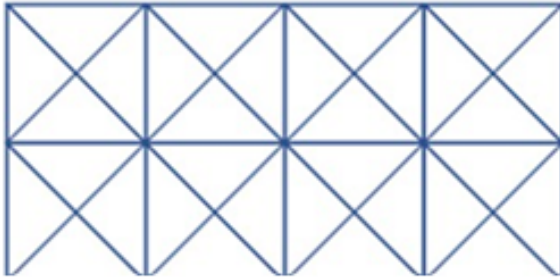
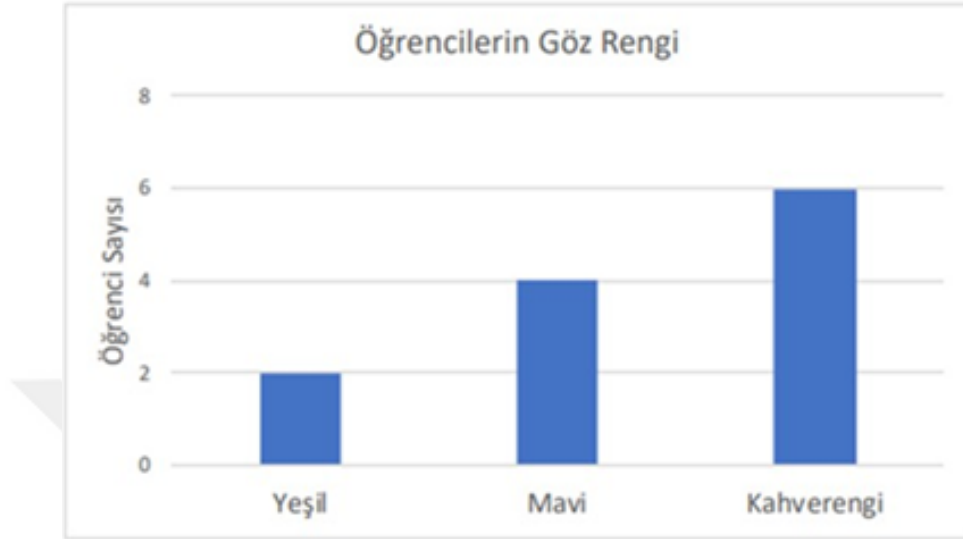


Figure C.4. Mathematical problem-solving skills test-4.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____



6. Yukarıdaki grafik Züleyha Hanım'ın korosundaki öğrencilerin göz renklerini göstermektedir.

A. Züleyha Hanım'ın korosunda kaç öğrenci vardır?

Cevap:

B. Züleyha Hanım'ın korosunun kaçta kaçının göz rengi mavidir?

Cevap:

Figure C.5. Mathematical problem-solving skills test-5.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

7. Aşağıdaki sorular için size verilen karton cetveli kullanınız.



Soruları çözmek için aşağıdaki haritayı ve cetvelinizi kullanınız.

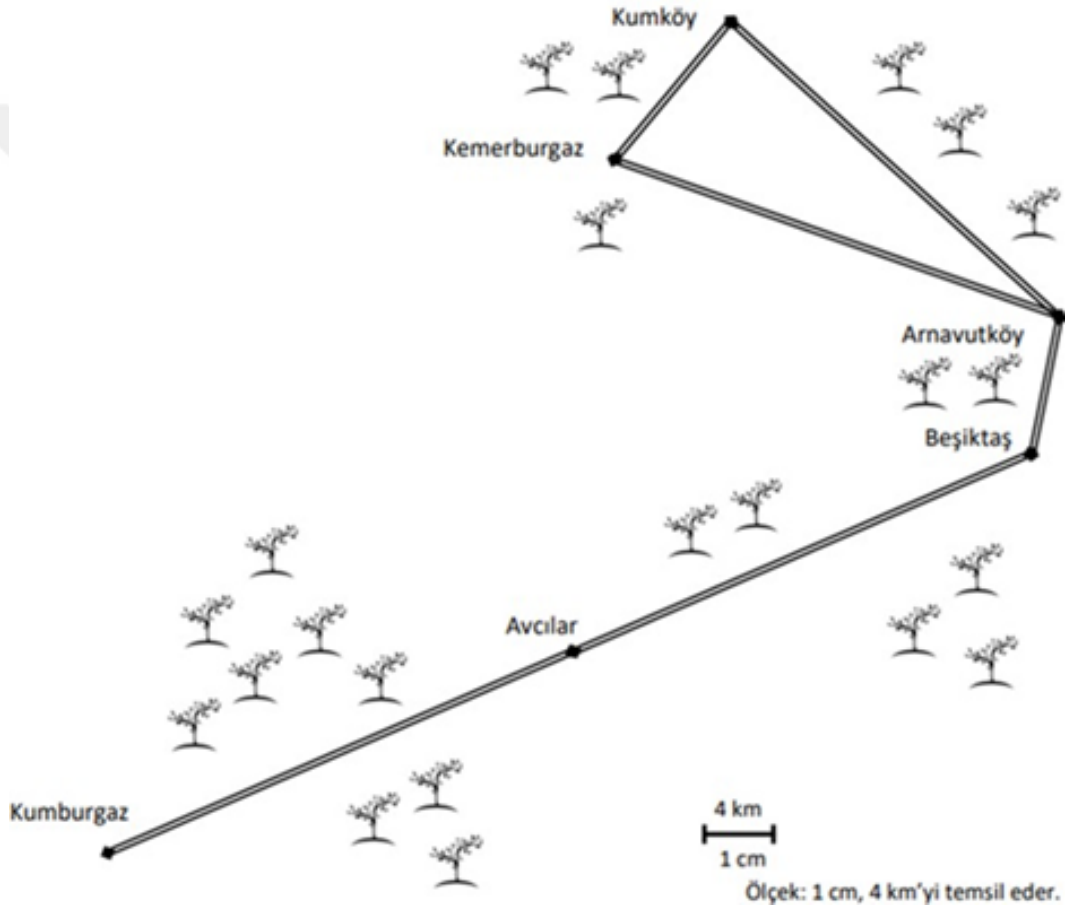


Figure C.6. Mathematical problem-solving skills test-6.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

İlçeler Arası Seyahat

- A. Kumburgaz ve Beşiktaş arası harita üzerinde kaç santimetredir?

Cevap: santimetre (cm)

- B. Kumburgaz ve Beşiktaş arası kaç kilometredir?

Cevap: kilometre (km)

- C. Kumburgaz'dan Beşiktaş'a, Avcılar üzerinden bir saatte gidiliyor. Aynı hızla, Kumburgaz'dan Avcılar'a ne kadar sürede gidilir?

Cevap:

Arnavutköy'e Mesafeler

- D. Arnavutköy'e, Kemerburgaz mı yoksa Kumköy mü daha yakın?

Cevap:

- E. Harita üzerinde kaç santimetre daha yakın?

Cevap: santimetre (cm)

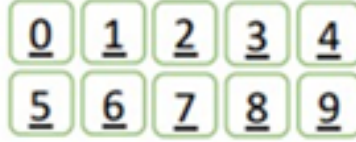
- F. Bahçeköy'ün Arnavutköy'e mesafesi Kemerburgaz'ın Arnavutköy'e mesafesi ile aynıdır. Bahçeköy'ün harita üzerinde nerede olabileceğini işaretleyin. X işareti koyun ve altına Bahçeköy yazın.

Figure C.7. Mathematical problem-solving skills test-7.

Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

8. Bu soru için aşağıda gördüğünüz gibi üzerinde sayılar yazılı 10 kare verilmiştir.

**YİRMİ OYUNU**

İki çocuk, Elif ve Emre, birlikte "20 oyunu"nu oynuyorlar. Oyunun kuralları şu şekilde.

Kart Çek: Her oyuncu üç kart çeker.
Kartları Topla: Her oyuncu kartlarındaki sayıları toplamı 20'ye en yakın olacak şekilde toplama işlemi yapar.

Örneğin, elinde 1, 4 ve 5 kartları olan kişinin kartlarını yerleştirmesi için dört yol:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cc} 5 & 1 \\ + & 4 \end{array} \\
 \hline
 55
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{cc} 4 & 5 \\ + & 1 \end{array} \\
 \hline
 46
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{cc} 1 & 5 \\ + & 4 \end{array} \\
 \hline
 19
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{c} 5 \\ 1 \\ + 4 \end{array} \\
 \hline
 10
 \end{array}$$

Bu oyuncu, ¹⁹ toplamını seçmeli çünkü 20'ye en yakın toplam 19'dur.

EN BÜYÜK SAYIYI BULMA OYUNU

Elif ve Emre, sayı kartları ile yeni bir oyun oynuyorlar. Bu oyunda en büyük sayıyı oluşturmaları gerekiyor.

A. 1, 5 ve 9 kartlarını aşağıdaki toplama işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 + \square \\
 \hline
 \end{array}$$

B. 2, 3 ve 9 kartlarını aşağıdaki çıkarma işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 - \square \\
 \hline
 \end{array}$$

C. 1, 4 ve 5 kartlarını aşağıdaki çarpma işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 \times \square \\
 \hline
 \end{array}$$

Figure C.8. Mathematical problem-solving skills test-8.

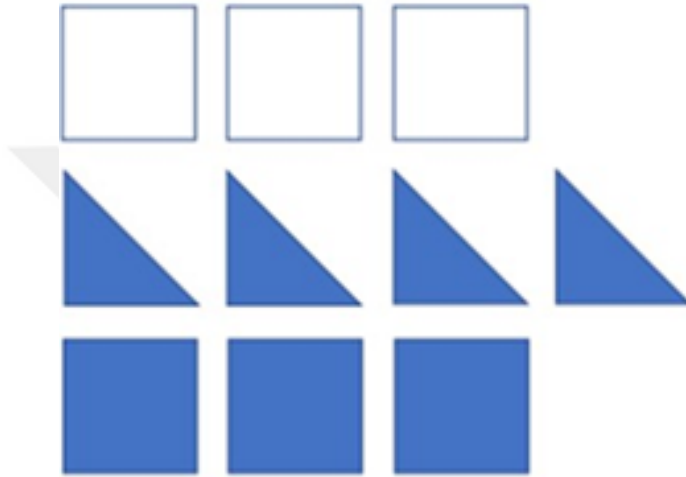
Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

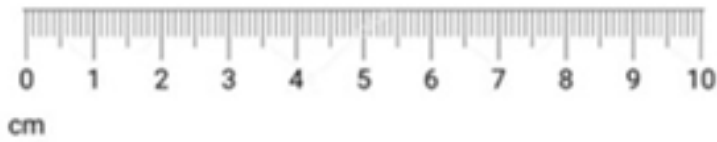
SORULARI ÇÖZERKEN KULLANILACAK MATERYALLER

Burada verilen materyaller öğrenciler tarafından kesilip ilgili soru için kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Soru 5:



Soru 7:



Soru 8:

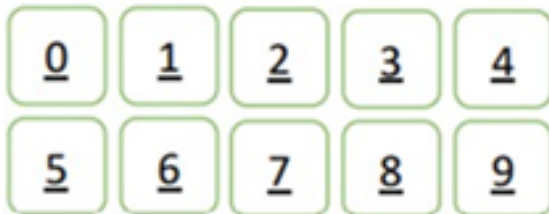


Figure C.9. Mathematical problem-solving skills test-9.

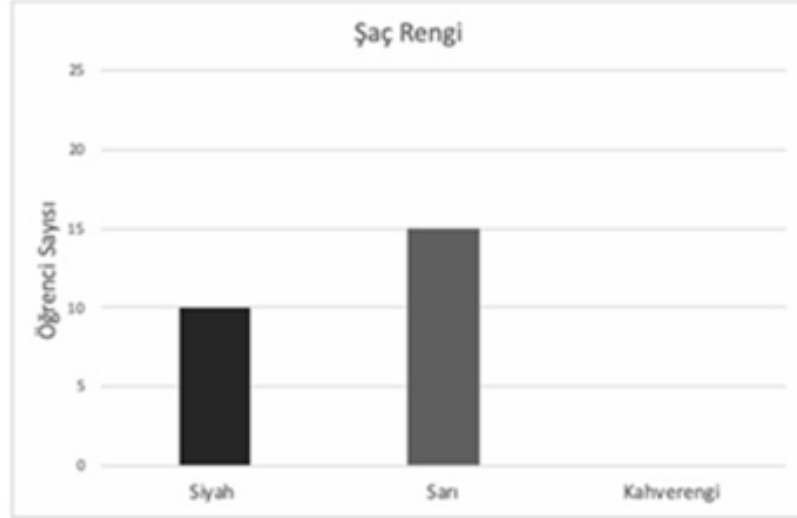
Ad-Soyad: _____

Doğum Tarihi: _____

Sevgili öğrenciler, aşağıdaki soruları tüm dikkatiniz ve içtenliğinizle cevapladığınız ve çalışmamıza katkı sağladığınız için hepinize çok teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Serkan Özel

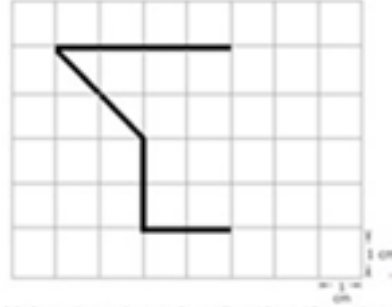
1. 30 kişilik bir sınıfta 10 kişi siyah saçlı, 15 kişi sarı saçlı ve geri kalanları da kahverengi saçlidir. Aşağıdaki grafiği tamamlayınız.



Kod	Cevap	Madde:1
	Doğru Cevap	
10	5 yatay çizgisine kadar çizilmiş sütun	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar (üstü çizili / silinmiş, rastgele koyulmuş işaretler, okunaksız veya konu dışı)	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.10. Mathematical problem-solving skills test-10.

2.



Yukarıdaki şekildeki her bir kare 1 santimetrekaredir. Alanı 13 santimetrekare olacak şekilde şekli çizgiler kullanarak tamamlayınız.

Kod	Cevap	Madde:2
	Doğru Cevap	
10	13 birim kareye tamamlayacak doğru parçalarının çizilmesi	
	Yanlış Cevap	
70	Yarım kareleri tam kare olarak sayma hatasından kaynaklanan yanlış.	
71	Bir doğru parçasının şekli kapatmak için çizilmesi	
72	Şeklin simetrik görüntüsünün çizilmesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

3. Aşağıdaki 3 soruyu cevaplayınız.

A. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 1 doğrusal çizgi çizerek 2 üçgen oluşturun.



B. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 1 doğrusal çizgi çizerek 2 dikdörtgen oluşturun.



C. Aşağıdaki dikdörtgenden, üzerine 2 doğrusal çizgi çizerek 1 dikdörtgen ve 2 üçgen oluşturun.



Figure C.11. Mathematical problem-solving skills test-11.

A: İki üçgen oluşturma görevi için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 3A
	Doğru Cevap	
10	Bir köşenin çizilmesi 	
	Yanlış Cevap	
70	Yatay ve dikey doğru parçasının çizilmesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

B: İki dikdörtgen oluşturma görevi için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 3B
	Doğru Cevap	
10	Bir dikey veya yatay doğru parçasının çizilmesi 	
	Yanlış Cevap	
70	Yatay ve dikey doğru parçasının çizilmesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

C: Bir dikdörtgen ve iki üçgen oluşturma görevi için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 3C
	Doğru Cevap	
10	Daha küçük olan dikdörtgeni ve iki üçgeni göstermek için iki doğru parçasının doğru olarak çizilmesi 	
	Yanlış Cevap	
70	İki doğru parçasının çizilmesi ancak çizgilerin iki dikdörtgen ve köşegen çizilerek ulaşılan üçgeni göstermemesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.12. Mathematical problem-solving skills test-12.

4. Burak aklında bir sayı tutmuştur. Daha sonra bu sayıyı 2 ile çarpıp 4 eklemiştir. Burak'ın elde ettiği sonuç 16'dır. Burak'ın tuttuğu ilk sayı kaçtır? İşlemlerinizi de gösteriniz.

Cevap: _____

Kod	Cevap	Madde: 4
	Doğru Cevap	
10	6	
	Yanlış Cevap	
70	2, 4, 10	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

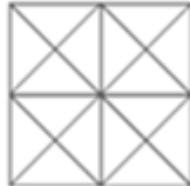
5. Bu soru için size aşağıda gösterilen gibi 10 şekil verilmiştir.



- A. Üçgenlerden 2 tanesini kullanarak daha büyük bir üçgen oluşturun. Daha sonra bu üçgenlerle oluşturduğunuz üçgeni aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.



- B. Üçgenlerin 4 tanesini de kullanarak bir kare oluşturun. Daha sonra bu üçgenlerle oluşturduğunuz kareyi aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.

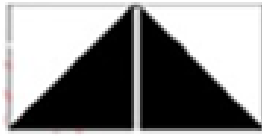
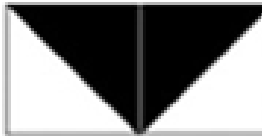


- C. B şikindaki soruda oluşturduğunuz şeklin boyalı kısımlarına karşılık gelen kesri yazın.

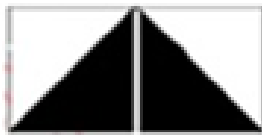
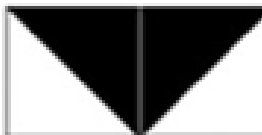
Cevap: _____

Figure C.13. Mathematical problem-solving skills test-13.

A: Üçgen örüntüsü için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 5A
	Doğru Cevap	
10	 ya da 	
	Yanlış Cevap	
70	İki üçgen kullanarak iki küçük üçgen elde edilmesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

B: Kare örüntüsü için kodlar

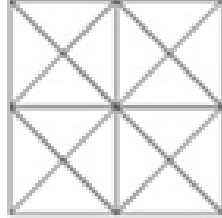
Kod	Cevap	Madde: 5B
	Doğru Cevap	
10	 ya da 	
	Yanlış Cevap	
70	İki üçgen kullanarak iki küçük üçgen elde edilmesi	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

C: Şekil örüntüsünün kesri için kodlar

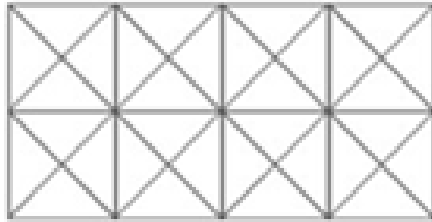
Kod	Cevap	Madde: 5C
	Doğru Cevap	
10	$\frac{1}{2}$ ya da denk kesri	
11	B sorusunun yanlış cevabındaki şekli kullanarak doğru cevaplanması	
	Yanlış Cevap	
70	$\frac{1}{4}$ ya da denk kesri	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.14. Mathematical problem-solving skills test-14.

- D. Üçgen kareleri KULLANMADAN 4 karo yerleştirilerek aşağıdaki şeklin $\frac{1}{2}$ 'nin boyalı olmasını sağlayın. Daha sonra oluşturduğunuz şekli aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.



- E. 8 karo kullanarak aşağıdaki şeklin $\frac{5}{8}$ 'inin boyalı olmasını sağlayın. Daha sonra oluşturduğunuz şekli aşağıdaki şekil üzerinde boyayarak gösteriniz.



D: Üçgenler olmadan 4- Karo örüntüsü için kodlar

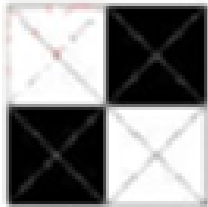
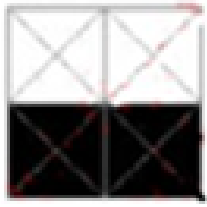
Kod	Cevap	Madde: 5D
	Doğru Cevap	
10	2 siyah karo ve 2 beyaz karo kullanarak örüntünün oluşturulması. Aşağıdaki örneklere bakınız.	
	 ya da 	
	Yanlış Cevap	
70	$\frac{1}{2}$ ' nin taranması ancak üçgen karelerin kullanılması	
71	$\frac{1}{4}$ ' ünün taranması	
72	$\frac{3}{4}$ ' ünün taranması	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.15. Mathematical problem-solving skills test-15.

A: Sütun grafiğinde verinin tam sayısını bulmak için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 6A
	Doğru Cevap	
10	12	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar (üstü çizili / silinmiş, rastgele koyulmuş işaretler, okunaksız veya konu dışı)	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

B: Sütun grafiğinde bir veri grubunun tüm veriye oranını belirlemek için kodlar

Kod	Cevap	Madde: 6B
	Doğru Cevap	
10	4/12 (12'de 4'ü) veya denk kesirler	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar (üstü çizili / silinmiş, rastgele koyulmuş işaretler, okunaksız veya konu dışı)	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

7. Aşağıdaki sorular için size verilen karton cetveli kullanınız.



Soruları çözmek için aşağıdaki haritayı ve cetvelinizi kullanınız.

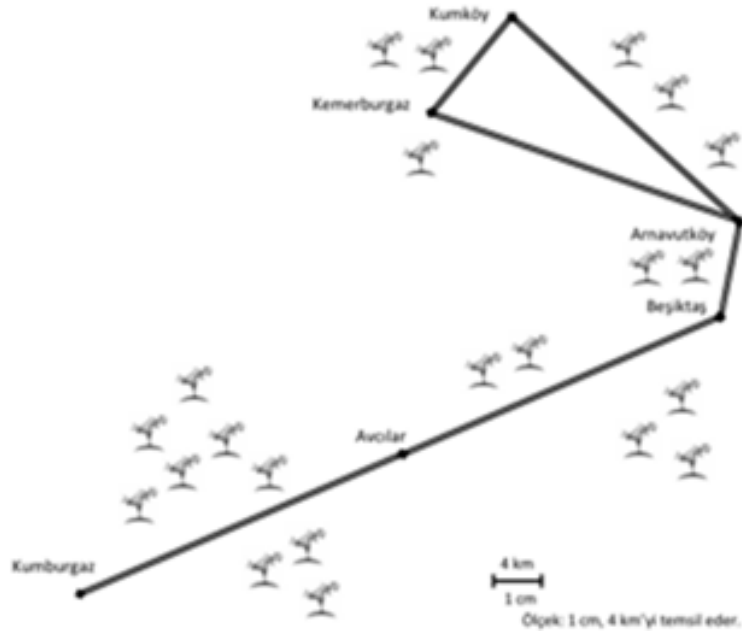


Figure C.16. Mathematical problem-solving skills test-16.

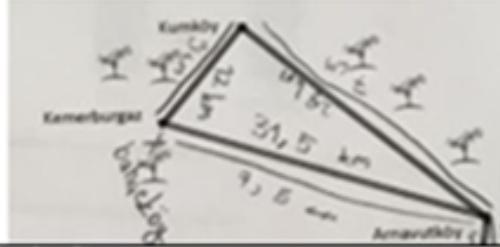
Kod	Cevap	Madde: 7B
	Doğru Cevap	
10	60	
11	Önceki sorudaki yanlışın 4 katının bulunması	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Kod	Cevap	Madde: 7C
	Doğru Cevap	
10	30 dakika	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Kod	Cevap	Madde: 7D
	Doğru Cevap	
10	Kumköy	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Kod	Cevap	Madde: 7E
	Doğru Cevap	
10	0,5 cm ya da yarım santimetre	
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.17. Mathematical problem-solving skills test-17.

Kod	Cevap	Madde: 7F
	Doğru Cevap	
10	7,5 cm	
		
	Yanlış Cevap	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

8. Bu soru için aşağıda gördüğünüz gibi üzerinde sayılar yazılı 10 kare verilmiştir.



YİRMİ OYUNU

İki çocuk, Elif ve Emre, birlikte "20 oyunu"nu oynuyorlar. Oyunun kuralları şu şekilde.

Kart Çek: Her oyuncu üç kart çeker.
Kartları Topla: Her oyuncu kartlarındaki sayıları toplama işlemi yapar.

Örneğin, elinde 1, 4 ve 5 kartları olan kişinin kartlarını yerleştirmesi için dört yol:

$$\begin{array}{r}
 5 \\
 + 1 \\
 + 4 \\
 \hline
 10
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 4 \\
 + 5 \\
 + 1 \\
 \hline
 10
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 1 \\
 + 5 \\
 + 4 \\
 \hline
 10
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 5 \\
 + 4 \\
 + 1 \\
 \hline
 10
 \end{array}$$

Bu oyuncu, 10 toplamını seçmeli çünkü 20'ye en yakın toplam 10'dur.

EN BÜYÜK SAYIYI BULMA OYUNU

Elif ve Emre, sayı kartları ile yeni bir oyun oynuyorlar. Bu oyunda en büyük sayıyı oluşturmaları gerekiyor.

- A. 1, 5 ve 9 kartlarını aşağıdaki toplama işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 + \square \\
 \hline
 \end{array}$$

- B. 2, 3 ve 9 kartlarını aşağıdaki çıkarma işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 - \square \\
 \hline
 \end{array}$$

- C. 1, 4 ve 5 kartlarını aşağıdaki çarpma işleminin sonucunun en büyük olmasını sağlayacak şekilde yerleştirin.

$$\begin{array}{r}
 \square \square \\
 \times \square \\
 \hline
 \end{array}$$

Figure C.18. Mathematical problem-solving skills test-18.

A: Toplama işleminin belirli rakamları düzenleyerek en büyük sayıyı elde etme

Kod	Cevap	Madde: 8A
	Doğru Cevap	
10	91 + 5 veya 95 + 1	
11	91 + 5 veya 95 + 1 yazılması ancak toplama işleminin yapılmış olması	
	Yanlış Cevap	
70	1, 5 ve 9 rakamlarının diğer kombinasyonları	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

B: Çıkarma işleminde belirli rakamları düzenleyerek en büyük sayıyı elde etme

Kod	Cevap	Madde: 8B
	Doğru Cevap	
10	<u>93</u> - 2	
11	93 - 2'nin yazılması ancak çıkarma işleminin yanlış yapılması	
	Yanlış Cevap	
70	<u>92</u> - 3	
71	2, 3 ve 9 rakamlarının diğer kombinasyonları	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

C: Çarpma işleminde belirli rakamları düzenleyerek en büyük sayıyı elde etme

Kod	Cevap	Madde: 8C
	Doğru Cevap	
10	41 x 5	
11	41 x 5'in yazılması ancak çarpma işleminin yanlış yapılması	
	Yanlış Cevap	
70	51 x 4	
71	1, 4 ve 5 rakamlarının diğer kombinasyonları	
79	Diğer tür yanlışlar	
	Cevaplanmamış	
99	Boş	

Figure C.19. Mathematical problem-solving skills test-19.

APPENDIX D: ETHICS COMMITTEE APPROVAL

Ethics Committee approval.



T.C.
BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Fen Bilimleri ve Mühendislik Alanları İnsan Araştırmaları Etik Kurulu
(Fminarek)



Sayı : E-84391427-050.04-193715
Konu : 2024/26 Kayıt no'lu başvurunuz hakkında

15.08.2024

Sayın Doç. Dr. Serkan ÖZEL

"Effects of STEM Education Through Problem Based Learning (PBL) on Students' Higher Order Thinking Skills (HOTS)" başlıklı projeniz ile Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri ve Mühendislik Alanları İnsan Araştırmaları Etik Kurulu (FMINAREK)'e yaptığınız 2024/26 kayıt numaralı başvuru 05.08.2024 tarihli ve 2024/08 No.lu kurul toplantısında incelenerek etik onay verilmesi uygun bulunmuştur.

Bu karar tüm üyelerin toplantıya on-line olarak katılımıyla ve oybirliği ile alınmıştır. Onay mektubu tüm üyeler adına Komisyon Başkanı tarafından e-imzalanmıştır. Bilginize sunarız.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. Tınaz EKİM AŞICI
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : 0EBY-2YOU-6UO1 Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/bogazici-universitesi-ebys>

Adres:
Telefon No:
e-Posta:
Kep Adresi: bogaziciuniversitesi@hs01.kep.tr

Faks No:
İnternet Adresi: www.bogazici.edu.tr

Bilgi için: Nuriye MÜNAR
Mühendis
Tel No:



Figure D.1. Ethics Committee Approval.

APPENDIX E: MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION APPROVAL

Ministry of National Education approval.




Başvuru No: MEB.TT.2024.003676

Uygulama Yapılacak MEB Teşkilatının Kurum Kodu: 99952686

T.C. Kimlik No: 30815235366

Adı Soyadı: TUĞBA DÖRTER

Araştırmanın Adı: STEM Eğitimi ve Problem Temelli Öğrenme Yoluyla Eğitimin Öğrencilerin Üst Düzey Düşünme Becerileri Üzerindeki Etkileri

Araştırmanın Niteliği: Yüksek Lisans Tezi

Araştırmanın Örneklem / Çalışma Grubu: Öğrenci

Uygulama Yapılacak MEB Teşkilatı:

Uygulama Yapılacak Birim: Özel Türk Ortaokulu

Uygulama Yapılacak İl: İSTANBUL

Veri Toplama Aracının Başlığı: Matematiksel Problem Çözme Testi, Matematiksel Düşünme Ölçeği, Eleştirel Düşünme Ölçeği

Araştırma Uygulama İzninin Kabul Tarihi: 25.10.2024

Araştırmanın Uygulama İzninin Bitiş Tarihi: 25.10.2025

Yukarıda kimliği yazılı araştırmacı "Araştırma Uygulama İzinleri Genelgesine (2024/41)" göre belirtilen kapsamda araştırmasını yapmayı taahhüt etmiştir. Araştırmacının bilgi ve belgelerinin uygunluğu kontrol edilmiş olup araştırma uygulama izni İSTANBUL İl Millî Eğitim Müdürlüğü tarafından onaylanmıştır.

NOT: Okul/kurum yöneticileri tarafından "Araştırma Uygulama İzni" belgesinin ve veri toplama araçlarının (araçlardaki maddelerinin) modüle yer alan belge ve araçlarla aynı olduğu kontrol edilmelidir. Aynı olmadığı durumda araştırma uygulama izni verilmeyecektir.

* Başvuru detayını görüntülemek ve belgeyi doğrulamak için <https://arastirmaiznleri.meb.gov.tr/belge-dogrula> bağlantısını kullanınız.

- Araştırma Uygulama İzinleri Başvuru ve Değerlendirme Modülü -

Figure E.1. Ministry of National Education Approval.

APPENDIX F: CONSENT FORM

Consent form.

**T.C.
BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİK ALANLARI
İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
KATILIMCI BİLGİ ve ONAM FORMU**

Araştırmayı destekleyen kurum: Boğaziçi Üniversitesi

Araştırmanın adı: STEM Eğitimi ve Problem Temelli Öğrenme Yoluyla Eğitimin Öğrencilerin Üst Düzey Düşünme Becerileri Üzerindeki Etkileri

Proje Yürütücüsü/Araştırmacının adı: Serkan Özel

Adresi: Boğaziçi Üniversitesi ETA-B Blok 412, Bebek, İstanbul 34342

E-mail adresi: ozels@bogazici.edu.tr

Telefonu: 212-359-6592

Sayın veli,

Boğaziçi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Serkan Özel "STEM Eğitimi ve Problem Temelli Öğrenme Yoluyla Eğitimin Öğrencilerin Üst Düzey Düşünme Becerileri Üzerindeki Etkileri" adı altında bilimsel bir araştırma projesi yürütmektedir. 21. yüzyılda yaşamak, hayatın her alanında üst düzey düşünme becerisine sahip olmayı gerektirmektedir. Matematik dersi, öğrencilerin hem matematiksel düşünme hem de genel düşünme becerilerini geliştiren temel disiplinlerden biridir.

Bu nedenle eğitimcilerin, öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini geliştirmek için matematik derslerinde yeni ve yenilikçi yöntemler oluşturmaları gerekmektedir. Bu çalışmada matematik derslerinde STEM eğitimi ve Probleme Dayalı öğrenme metotları kullanılarak öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde sınıfınızda ders planlarında kullandığımız 3 ölçeğin sonucu araştırmamızda kullanılacaktır. Öğrencilerin bu ölçekleri araştırmanın başında ve sonunda olmak üzere toplamda 2 kez yanıtlayacaklardır. Ölçeklerden biri toplamda 25 sorudan oluşan öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerine bakış açılarını gösteren bir ankettir, bu anketin tamamlanması toplamda 10 dk sürmektedir. Bir diğer ölçek, çoktan seçmeli 25 sorudan oluşan bir testtir bu testin cevaplanması 20 dk sürmektedir. Bu testin sonunda çocukların üst düzey düşünme becerilerinin ölçülmesi hedeflenmektedir. Öğrenciler son olarak da toplamda açık uçlu 8 sorudan oluşan bir test olacaklardır bu testin cevaplanması toplamda 30 dk sürmektedir. Bu testteki amaç öğrencilerin matematik sorularına bakış açılarını değerlendirmektir 3 ölçek çocuklara bir anda verilmeyecek olup ölçekler çocuklara 2 haftalık bir süre içerisinde derslerde kullanılmak üzere ders planlarının içerisinde sunulacaktır.

Bu araştırma bilimsel bir amaçla yapılmaktadır ve katılımcı bilgilerinin gizliliği esas tutulmaktadır. Çocukların ölçeklerde ve testlerde verdiği yanıtlar araştırma projemiz boyunca proje yürütücüsünde tutulacaktır ve araştırma sonunda silinecektir. Çocukların yanıtları daha sonrasında bilimsel araştırmalarda kullanılabilir. Bu araştırmaya katılmak tamamen isteğe bağlıdır. Katıldığınız takdirde çalışmanın herhangi

Figure F.1. Consent form.

bir aşamasında herhangi bir sebep göstermeden onayınızı çekmek hakkına da sahiptir. Bu durumda verileriniz silinecektir.

Çalışmaya katılım öğrencimizin ders notlarına ya da herhangi bir akademik yaşantısına ekstra bir etkisi olmayacaktır. Araştırma projesi hakkında ek bilgi almak istediğiniz takdirde lütfen Boğaziçi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü öğretim üyesi Bölümü Öğretim Üyesi Dr. Serkan Özel ile temasa geçiniz (Telefon: 0212 359 6592, Adres: Boğaziçi Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 34342 Bebek, İstanbul).

Bu formu imzalamadan önce, çalışmayla ilgili sorularınız varsa lütfen sorunuz. Daha sonra sorunuz olursa, sorularınızı ozels@bogazici.edu.tr adresine mail atarak sorabilirsiniz. Araştırmayla ilgili haklarınız konusunda Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri ve Mühendislik Alanları İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'na (fminarek@bogazici.edu.tr) danışabilirsiniz.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya velisi bulunduğum öğrencinin kendi isteğiyle, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Formun bir örneğini aldım / almak istemiyorum (bu durumda araştırmacı bu kopyayı saklar).

Katılımcının Adı-Soyadı:.....

VELİSİNİN Adı-Soyadı:.....

İmzası:.....

... Tarih (gün/ay/yıl):...../...../.....

Figure F.2. Consent form-2.

APPENDIX G: LESSON PLAN 1

Lesson plan 1.

Seviye: 5. Sınıf

Konu: MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme.

Materyaller:

-Tablet

-Kalemlik

1.ders: Doğal sayılar ve problemler

S Akış paylaşımı ve yoklama

S Grupların Dağılımı (Öğretmen bu derste gruplara ayrılarak çalışacaklarını öğrencilere söyler ve sınıfı önceden hazırlanmış 5 heterojen gruba ayırır, öğrenciler önceden hazırlanmış gruplara bakıp kendi grup sıralarına göre sınıfta yerleşirler.

S Öğretmen bu derste gruplara bir problem senaryosu vereceğini ve öğrencilerden bu problem senaryosuna çözüm üretmelerini isteyeceğini sınıfa söyler, problemi dikkatli bir şekilde okumaları gerektiğini ve okuduktan sonra problemle ilgili ne bildiklerini ve bilmeleri gerektiğini birazdan gruplara dağıtacağı çalışma kağıtları üzerine yazmaları gerektiğini söyler.

Link açılır ve problem senaryosu sınıfa tanıtılır.

https://www.canva.com/design/DAGY0-1h2yA/W8zZ_GdJldXwQ9HB2QuJew/edit?utm_content=DAGY0-1h2yA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

1S Öğretmen problem senaryosunu gruplarla paylaşır ve öğrenciler problemi okuyarak probleme çözüm üretmeye çalışırlar. Öğrencilere tasarım-taslak sınıf çalışmaları dağıtılır ve

Figure G.1. Lesson plan 1.

öğrenciler problemi okuyup kendi şehir tasarımlarına başlarlar. Bu sırada öğretmen grupları dolaşır ve her bir gruba yaptıkları çalışmalarla ilgili geri dönüt vererek öğrencileri yönlendirir. Öğrenciler planlama yaparak bu dersi bitirirler.

S: Öğretmen dersin sonunda her bir grubun tasarım-taslak sınıf çalışmalarını bir sonraki derste kullanmak için toplar ve öğrencilerden geri bildirim alır.

Problem Senaryosu: "Şehir Yeniden Doğuyor: Yeni Bir Başlangıç"

Senaryo: Bir zamanlar oldukça popüler ve canlı olan küçük bir şehir, uzun yıllar boyunca bakımsız kalmış ve eski ihtişamını yitirmişti. Şehrin belediye başkanı, kasabayı yeniden canlandırmak ve eski güzelliklerine kavuşturmak için bir proje başlatmaya karar verdi. Bu projede, şehrin çeşitli yapılarını yeniden inşa edecek ve halkın kullanımına sunacak bir grup yaratıcı ve yetenekli öğrenciye ihtiyaç vardı. Siz ve arkadaşlarınız bu önemli görevi üstlenmek için seçildiniz!

Şehrin yeniden inşası için belirli bir bütçeniz var ve bu bütçeyi aşmadan işleri tamamlamanız gerekiyor. Ancak, bazı malzemeler sınırlı miktarda mevcut, bu yüzden kaynakları dikkatli bir şekilde yönetmelisiniz. Belediye başkanı, özellikle çocukların ve ailelerin keyifle vakit geçirebileceği güvenli ve estetik bir şehir olmasını istiyor.

Görev:

Şehrin belirli yapılarını yeniden inşa edin ve dört işlem problemlerini çözerek bütçenizi yönetin.

Planlayacağınız şehrin nüfusuna göre yapıları tasarlamanız gerekmektedir. Her 1000 kişiye 2 okul ve 10 tane ev yapılmak zorundadır.

Yapılacak Yapılar ve Maliyetler:

- **Okul:**
 - Tuğla Maliyeti: 2 TL / Tuğla
 - Pencere Maliyeti: 400 TL/pencere

Figure G.2. Lesson plan 1-2.

- Çatı Maliyeti: 1200 TL
- Okul için toplamda 40 tuğla, 5 pencere ve 1 çatı gereklidir.
- **Park:**
 - Ağaç Maliyeti: 80 TL/ağaç
 - Bank Maliyeti: 120 TL/bank
 - Park için toplamda 8 ağaç ve 3 bank gereklidir.
- **Evler :**
 - Tuğla Maliyeti: 2 TL/ Tuğla
 - Pencere Maliyeti: 500 TL/pencere
 - Çatı Maliyeti: 1200 TL
 - Her ev için toplamda 25 tuğla, 3 pencere ve 1 çatı gereklidir.
- **Market:**
 - Tuğla Maliyeti: 2TL/tuğla
 - Pencere Maliyeti: 500 TL/pencere
 - Çatı Maliyeti: 1000 TL
 - Market için toplamda 35 tuğla, 4 pencere ve 1 çatı gereklidir.

Bütçe ve Kısıtlamalar:

- **Toplam Bütçe:** 143 000 TL
- **Kısıtlı Malzemeler:**
 - Toplamda sadece 160 tuğla kullanılabilir.
 - Pencere sayısı toplamda 20 ile sınırlıdır.

Figure G.3. Lesson plan 1-3.

- Çatı sayısı toplamda 6 ile sınırlıdır.
- Ağaç sayısı toplamda 10 ile sınırlıdır.
- Bank sayısı toplamda 4 ile sınırlıdır.

Konu: MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme

2.ders: Doğal sayılar ve problemler

5': Akış paylaşımı ve yoklama

10': Grupların dağılımı, öğrenciler eski gruplarına yerleşirler. Her bir gruba tasarım-taslak kağıtlarının dağılımı ve yapılan kasaba planlamalarına göre malzeme planlaması.

25': Gruplar, planladıkları şehirleri, verilen malzemeleri kullanarak tasarlarlar. Dersin sonunda tasarlanan projeler sınıfın bir köşesinde toplanır.

-Tinkercat uygulaması kullanılır.

Konu: MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme

3.ders: Doğal sayılar ve problemler

5': Akış paylaşımı ve yoklama

30': Her grup kendi projelerini sınıfa sunar.

5': Dersle ilgili öğrencilerden geri bildirim alınır ve derste öğrendikleri ile ilgili kısa bir özet yapılır.

Figure G.4. Lesson plan 1-4.

APPENDIX H: LESSON PLAN 2

Lesson plan 2.

Seviye: 5. Sınıf

Konu: MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme.

Çevre ve alan hesaplamaları yapar.

MAT.5.4.4. Dikdörtgenin çevre uzunluğu ve alanı ile ilgili problemleri çözebilme

- Karton
- Renkli kağıtlar
- Alüminyum folyo
- Dil çubukları
- Kıl veya oyun hamuru, ahşap çubuk, pipet, kürdan
- Yapıştırıcı, bant

1.ders: Doğal sayılar ve problemler , Dikdörtgenin çevre ve alanı

S Akış paylaşımı ve yoklama

S Grupların Dağılımı (Öğretmen bu derste gruplara ayrılarak çalışacaklarını öğrencilere söyler ve sınıfı önceden hazırlanmış maksimum 5 kişilik gruplara ayırır, öğrenciler önceden hazırlanmış gruplara bakıp kendi grup sıralarına göre sınıfta yerleşirler.

30' Öğretmen bu derste gruplara bir problem senaryosu vereceğini ve öğrencilerden bu problem senaryosuna çözüm üretmelerini isteyeceğini sınıfa söyler, çalışma kağıtları öğrencilere dağıtılır ve problem senaryosu öğrencilerle incelenir. Öğrencilerle kağıttaki kriterler paylaşılır planlama ve taslak yaparak bu dersi bitirirler.

Figure H.1. Lesson plan 2.

https://www.canva.com/design/DAGcYsUVwvk/OxBPwM0zZfXMbGNRjh1_Pw/edit?utm_content=DAGcYsUVwvk&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Fotoğraflar çocuklara gösterilir. Çöpsüz sokaklar için ne yapmamız gerektiği çocuklarla tartışılır. Problemin tanıtımı yapıldıktan sonra kriterler çalışma kağıdı açılarak beraber incelenir.

Problem Senaryosu: "Çöpsüz Sokaklar"

Sıcak bir iklime sahip bölgelerde sıcakların artması sebebiyle özellikle yaz aylarında çöplerden yayılan kötü kokunun, hastalık yapıcı bakterilerin artması ve çevre kirliliğine sebep olması. Sokaklardaki çöp kutuları etrafa yayılabilecek koku ve sıvı atıkları önleyici nitelikte değildirler. İnsanlara hijyenik bir çevre sunabilmek için sizlerden dayanıklı ve çevresine koku, sıvı gibi atıkların yayılmasını önleyici nitelikte çöp kutuları tasarlamanızı bekliyoruz.

Senaryo

Bir belediye, yaz aylarında artan sıcaklıklarla birlikte çöplerden yayılan kötü kokular ve sıvı atıkların neden olduğu çevre kirliliği ve sağlık sorunlarıyla mücadele etmeye karar verdi.

Belediye başkanı, şehrin dört bir yanına yerleştirilecek yeni nesil hijyenik ve dayanıklı çöp konteynerleri tasarlamak için bir yarışma düzenledi.

Siz ve ekibiniz, bu yarışmaya katılan yaratıcı gruplardan birisiniz. Göreviniz, bütçe ve malzeme kısıtlamalarına uygun şekilde çevreye duyarlı, teknolojik ve sürdürülebilir bir çöp konteyneri tasarlamak. Tasarımınızın, hem sokakları temiz tutması hem de bakterilerin ve kötü kokuların yayılmasını engellemesi gerekiyor.

Figure H.2. Lesson plan 2-2.



Tasarlayacağınız çöp kutularında dikkat edilmesi gereken kriterler

- Görünürde olmamalı (toprağın altına yerleştirilebilir veya gizlenebilir bir tasarım).
- Çöp sıvılarını kanalizasyona aktarabilecek bir sıvı drenaj mekanizması olmalı.
- Çöp sıvılarının akması için tabanı ızgara ile kaplanmalıdır.
- Dayanıklı ve aşınmaz bir dış yüzeye sahip olmalı.
- Kokuları önlemek için bir soğutma sistemi içermeli.

1. Görev: Kriterler -Hesaplama

Kriterler

Nüfus ve Çöp (Kg)

- Köydeki her kişi ortalama günlük 2 kg çöp oluşturmaktadır.

Çöp Kutusunun Kapladığı Alan

- Model çöp kutusunun üst ve alt taban alanı en fazla 800 santimetrekare olabilir.
- Çöp kutusunun tabanının her 200 santimetrekaresi 1 kg çöp taşıyabilmektedir.

Figure H.3. Lesson plan 2-3.

- Çöp kutusunun tabanının her **100 santimetrekaresi 1 tane ızgara** ile kaplanmalıdır.
- Her ızgara da en fazla **5 tane** çubuk kullanılabilir.

Dış Kaplama Malzemesi (Tüm alanlar)

- Toplam dış yüzey alanı en fazla **3200 santimetrekaresi** olabilir.

Sıvı Drenaj Borularının Uzunluğu

- Sıvı atıkları kanalizasyona taşıyacak boruların uzunluğu **maksimum 100 cm** olmalıdır.

Sofutma Sistemi

- Çöp kutusundaki sıcaklık seviyesini düşürerek kokuları azaltmak için kullanılmazdır.
- Her bir çöp kutusunda bir tane olmak zorundadır.
- Çöp kutusu taban alanının her **200 santimetrekaresi için çöpe 1 tane pervane** yerleştirilmelidir.
- Her pervane en fazla **3 tane** pervane başlığından oluşabilir.

Malzeme ve Bütçe:

Alt, üst taban (Mukavva vb)	Mukavva: 3 TL/ santimetrekaresi	En fazla 800 santimetrekaresi
--------------------------------	------------------------------------	-------------------------------

Figure H.4. Lesson plan 2-4.

Yan alanlar kaplama (Mukavva, alüminyum folyo vb)	Mukavva: 3 TL/ santimetrekare Alüminyum folyo: 5 TL /santimetrekare	En fazla 3200 santimetrekare
Sıvı Drenaj Boruları	5 TL /santimetre	En fazla 100 cm
Izgaralar (Çubuklar)	2 TL / adet	Her 100 santimetrekareye 1 ızgara
Soğutucu Sistem (Pervane)	8 TL / adet (Pervane başlığı)	Her 200 santimetrekareye 1 tane
Bütçe (Toplam çöp kutusu sayısı için)	500 000 TL	

Hesaplama: Bu alanda gerekli hesaplamaları yapınız.

Nüfus:	
--------	--

Figure H.5. Lesson plan 2-5.

Üretilen çöp miktarı ve gerekli çöp kutusu sayısı::	
Çöp kutusunun alt ve üst taban alanı toplamı ve maliyeti:	
Çöp kutusunun geriye kalan alanları toplamı ve kaplayacağınız malzemeye göre maaliyeti:	
Sıvı drenaj boruları (Çöp kutusu çevresi boyunca) uzunluğu ve maaliyeti:	
Izgara miktarı ve maaliyeti:	

Figure H.6. Lesson plan 2-6.

2.ders: Doğal sayılar, problemler ve alan ve çevre

5: Akış paylaşımı ve yoklama

10: Grupların dağılımı, öğrenciler eski gruplarına yerleşirler. Her bir gruba tasarım-taslak kağıtlarının dağılımı ve yapılan kasaba planlamalarına göre malzeme planlaması.

25: Gruplar, planladıkları şehirleri, verilen malzemeleri kullanarak tasarlarlar. Dersin sonunda tasarlanan projeler sınıfın bir köşesinde toplanır.

3.ders: Doğal sayılar ve problemler alan ve çevre

5: Akış paylaşımı ve yoklama

30: Her grup kendi projelerini sınıfa sunar.

5: Dersle ilgili öğrencilerden geri bildirim alınır ve derste öğrendikleri ile ilgili kısa bir özet yapılır.

Figure H.7. Lesson plan 2-7.

APPENDIX I: LESSON PLAN 3

Lesson plan 3.

Bu proje kapsamında, güneş panelleriyle elektrik üreten çatı sistemleri geliştirilecek. Ancak her bina için çatı alanı, bütçe ve enerji verimliliği farklı olduğu için en iyi tasarımı en düşük bütçe ile yapmak sizin göreviniz!

2. Görev: Kriterler ve Hesaplama

Ekibiniz, bir evin çatısına güneş panelleri yerleştirerek en uygun enerji üretim sistemini tasarlayacaktır. Çatılarınızı tasarlarken size verilen çatı alanı, bütçe ve verimlilik oranı gibi kriterleri dikkate alarak tasarlamalısınız.

Kriterler

- Çatı alanı (cm^2)

Toplam kullanılabilir çatı alanı en fazla 2400 santimetrekare (cm^2) olabilir.

Çatıya yerleştirilebilecek her bir güneş paneli 200 santimetrekare (cm^2) alan kaplamaktadır.

Yerleştirilecek güneş panelleri çatı alanının en fazla $\frac{80}{100}$ (%80) 'lık kısmını kaplayabilir.

Bu verilene göre oluşturduğunuz çatının alanını ve kaç tane güneş paneli yerleştirilebileceğini hesaplayınız?

- Güneş Paneli Verimliliği (kWh)

Bir evin günlük elektrik ihtiyacı evde yaşayan kişi başına toplam 4 Kwh'dır.

Her bir güneş paneline Güneş'ten ortalama günlük 50 Kwh enerji gelir ve her bir güneş paneli gelen güneş enerjisinin $\frac{10}{100}$ (%10)'unu elektriğe çevirir.

- Bütçe Kısıtlaması (kWh)

Toplam bütçe: 45 000 TL

1 panel: 6 000 TL

Ekstra kablolama ve montaj maliyeti: Panel başına $\frac{10}{100}$ (%10) ek masraf eklenir.

Figure I.1. Lesson plan 3.

Bu proje kapsamında, güneş panelleriyle elektrik üreten çatı sistemleri geliştirilecek. Ancak her bina için çatı alanı, bütçe ve enerji verimliliği farklı olduğu için en iyi tasarımı en düşük bütçe ile yapmak sizin göreviniz!

2. Görev: Kriterler ve Hesaplama

Ekibiniz, bir evin çatısına güneş panelleri yerleştirerek en uygun enerji üretim sistemini tasarlayacaktır. Çatılarınızı tasarlarken size verilen çatı alanı, bütçe ve verimlilik oranı gibi kriterleri dikkate alarak tasarlamalısınız.

Kriterler

- **Çatı alanı (cm^2)**

Toplam kullanılabilir çatı alanı en fazla 2400 santimetrekare (cm^2) olabilir.

Çatıya yerleştirilebilecek her bir güneş paneli 200 santimetrekare (cm^2) alan kaplamaktadır.

Yerleştirilecek güneş panelleri çatı alanının en fazla $\frac{80}{100}$ (%80) 'lik kısmını kaplayabilir.

Bu verilere göre oluşturduğunuz çatının alanını ve kaç tane güneş paneli yerleştirilebileceğini hesaplayınız?

- **Güneş Paneli Verimliliği (kWh)**

Bir evin günlük elektrik ihtiyacı evde yaşayan kişi başına toplam 4 Kwh'dır.

Her bir güneş paneline Güneş'ten ortalama günlük 50 Kwh enerji gelir ve her bir güneş paneli gelen güneş enerjisinin $\frac{10}{100}$ (%10)'unu elektriğe çevirir.

- **Bütçe Kısıtlaması (kWh)**

Toplam bütçe: 45 000 TL

1 panel: 6 000 TL

Ekstra kablolama ve montaj maliyeti: Panel başına $\frac{10}{100}$ (%10) ek masraf eklenir.

Figure I.2. Lesson plan 3-2.

Hesaplama: Bu alanda gerekli hesaplamaları yapınız.

Hane Halkı ve enerji ihtiyacı:	
Çatının kapladığı alan (Santimetrekare):	
Çatiya yerleştirilecek panel sayısı ve üretilen toplam enerji miktarı:	
Çatiya yerleştirilecek güneş paneli sayısı:	
Panel sayısına göre toplam bütçe miktarı:	

Figure I.3. Lesson plan 3-3.

2.ders: Doğal sayılar, problemler ve alan ve çevre ve yüzdelere

5': Akış paylaşımı ve yoklama

10': Grupların dağılımı, öğrenciler eski gruplarına yerleşirler. Her bir gruba tasarım-taslak kağıtlarının dağılımı ve yapılan kasaba planlamalarına göre malzeme planlaması.

25': Gruplar, planladıkları şehirleri, verilen malzemeleri kullanarak tasarlarlar. Dersin sonunda tasarlanan projeler sınıfın bir köşesinde toplanır.

3.ders: Doğal sayılar ve problemler alan ve çevre ve yüzdelere

5': Akış paylaşımı ve yoklama

30': Her grup kendi projelerini sınıfa sunar.

5': Dersle ilgili öğrencilerden geri bildirim alınır ve derste öğrendikleri ile ilgili kısa bir özet yapılır.

Figure I.4. Lesson plan 3-4.

APPENDIX J: LESSON PLAN 4

Lesson plan 4.

Seviye: 5. Sınıf

Konu:

MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme.

Çevre ve alan hesaplamaları yapar.

MAT.5.5.1. Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme

MAT.5.5.2. Başkaları tarafından oluşturulan kategorik veriye dayalı istatistiksel sonuç veya yorumları tartışabilme

Materyaller

Tablet

Kalem

Silgi

1.ders:

MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme.

MAT.5.5.1. Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme

5 Akış paylaşımı ve yoklama

5 Grupların Dağılımı (Öğretmen bu derste gruplara ayrılarak çalışacaklarını öğrencilere söyler ve sınıfı önceden hazırlanmış maksimum 5 kişilik gruplara ayırır, öğrenciler önceden hazırlanmış gruplara bakıp kendi grup sıralarına göre sınıfta yerleşirler.

30 Öğretmen bu derste gruplara bir problem senaryosu vereceğini ve öğrencilerden bu problem senaryosuna çözüm üretmelerini isteyeceğini sınıfa söyler, çalışma kağıtları öğrencilere dağıtılır ve problem senaryosu öğrencilerle incelenir. Öğrencilerle kağıttaki kriterler paylaşılır planlama ve taslak yaparak bu dersi bitirirler.

Öğretmen çocuklara aşağıdaki videoyu açar ve enerji verimliliği nasıl gerçekleştirilebilir sorusunu sorar.

https://nimetfahrioksuzmtal.meb.k12.tr/icerikler/enerji-verimliliği-ile-ilgili-kamu-spotu-gorsel-ve-videolarini-izlemek-icin-tiklayiniz_15856182.html?utm_source=chatgpt.com

Gruplar dağıldıktan sonra gruplarda görev paylaşımı yapılır ve bazı öğrenciler hesaplama bazıları ise sınıflarda enerji verimliliği nasıl gerçekleştirilir sorusu ile ilgili soruları yanıtlar.

Figure J.1. Lesson plan 4.

Çalışma Kağıdı

Problem Senaryosu: Enerji Tasarrufu – Akıllı Sınıflar Projesi

Okulunuzda elektrik tüketimi son zamanlarda oldukça arttı. Bu durum hem okul bütçesini zorluyor hem de çevreye zarar veriyor. Okul yöneticileri, her sınıftan enerji tüketimini azaltacak bir sistem geliştirmesini istedi.

Sizden, sınıfınızın **elektrik tüketimini analiz ederek**, ihtiyaçlar doğrultusunda **en fazla enerji tasarrufu sağlayacak “Akıllı Sınıf Sistemi”ni** tasarlamansız bekleniyor.

Ancak dikkat etmeniz gereken bazı **kısıtlamalar ve belirsizlikler** var.

Kriterler

Ekibiniz, bir sınıfta enerji tasarrufu sağlayacak en uygun tüketim yöntemini planlayacaksınız. Tüketim planlamalarınızı yaparken size verilen kısıtlamalar ve sınıfta kullanılan cihazların elektrik tüketim miktarları gibi kriterleri dikkate alarak tasarlamalısınız.

Tablo: Sınıfta kullanılan Cihazlar ve Enerji Tüketimleri

Cihaz	Günlük Ortalama Kullanım Süresi	Güç Tüketim (Watt /saat)
LED Lamba	6	15
Bilgisayar	4	250
Projeksiyon	2	300
Klima	4	1500
Fan	5	75
Akıllı Tahta	3	400

Not: 1 kWh = 1000 Watt saat.

- Toplam günlük enerji tüketimi 3 kWh'yi geçmemelidir.
- Projeksiyon ya da akıllı tahtadan sadece biri kullanılabilir.
- Klima ve fan aynı anda çalıştırılmaz.
- Bazı ders saatlerinde bilgisayar mutlaka açık kalmalıdır (günde en az 2 saat).
- Sınıfta minimum 3 lamba çalışmalıdır.

Figure J.2. Lesson plan 4-2.

Görev Dağılım Tablosu

Roller	İsimler
Enerji Analisti: Verilen tabloyu inceler, cihazların ne kadar enerji tükettiğini hesaplar, grubun enerji sınırına uyup uymadığını kontrol eder ve gerekirse bazı cihazları kısıtlamak için öneri getirir.	
İhtiyaç Planlayıcısı: Sınıfın ders saatlerine göre hangi cihazlara ne kadar süre ihtiyaç olduğunu belirler, günlük kullanım önceliklerini sıralar, en verimli kombinasyonu oluşturur.	
Sistem Sorumlusu: Grubun karar verdiği enerji planını tabloya döker. Hangi saatlerde hangi cihazların çalışacağını gösteren bir çizelge hazırlar.	
Araştırmacı: Verilen sorulara yanıtlara kaynakları kullanarak yanıtlar arar.	
Sunum sorumlusu: Yapılan projeyi sınıfa sunar.	
Tasarım Uzmanı: Tasarlanan sistemi dijital olarak görselleştirir.	

Figure J.3. Lesson plan 4-3.

Planlama yaparken araştırmacıların yanıtlaması gereken sorular:

1) Enerji tüketimini azaltmak neden önemlidir?



2) Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları okullarda nasıl kullanılabilir?



3) Akıllı sınıf teknolojileri nelerdir? Bunların enerji kullanımına etkisi nedir?

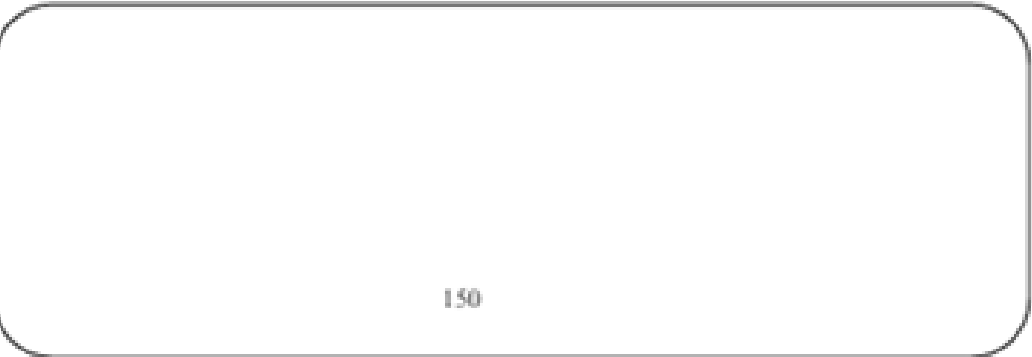


Figure J.4. Lesson plan 4-4.

Görevler:

- 1) Cihazların bir günde ne kadar enerji harcadığını hesaplayınız ve bunu uygun bir tablo (sıklık, sütun, daire grafiği) kullanarak gösteriniz. (Not: Grafiği oluştururken Excel, Codap gibi yazılımlar kullanabilirsiniz.)

- 2) Toplam enerji tüketimi 3kWh'yi geçmeyecek şekilde sınıfınıza uygun bir kullanım planı oluşturunuz.

Figure J.5. Lesson plan 4-5.

- 3) Hangi cihazı hangi saatlerde kullanacağınızı gösteren bir enerji planı çizelgesi hazırlayınız.

(Not: Çizelgeyi oluştururken Excel, ~~Çodap~~ gibi yazılımlar kullanabilirsiniz.)

- 4) Oluşturduğunuz sistemin neden en uygun sistem olduğunu açıklayınız.

Taslak Çizimi:

Akıllı Sınıf Sistemi için bir prototip ya da görsel plan tasarlayınız. (~~Tinkercad~~ ya da başka bir uygulama kullanabilirsiniz).

2.ders: Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme,

Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme

5¹: Akış paylaşımı ve yoklama

10¹: Grupların dağılımı, öğrenciler eski gruplarına yerleşirler. Her bir gruba tasarım-taslak kağıtlarının dağılımı ve yapılan kasaba planlamalarına göre malzeme planlaması.

25¹: Gruplar, planladıkları sınıf tasarımlarını, ~~tinkercad~~ veya lego uygulaması, tabloları da ~~excel~~ ya da ~~çodap~~ ile yaparlar.

3.ders: Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme,

Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme

5¹: Akış paylaşımı ve yoklama

30¹: Her grup kendi projelerini sınıfa sunar.

5¹: Dersle ilgili öğrencilerden geri bildirim alınır ve derste öğrendikleri ile ilgili kısa bir özet yapılır.

Figure J.6. Lesson plan 4-6.

APPENDIX K: DESIGN WORKSHEET 1

Design worksheet 1.

DERS, KONU: Matematik, Şehir Yeniden Doğuyor	TARİH:
SOYADI, ADI:	SÜRE: 30'

Problem Senaryosu: "Şehir Yeniden Doğuyor: Yeni Bir Başlangıç"

Senaryo: Bir zamanlar oldukça popüler ve canlı olan küçük şehir, uzun yıllar boyunca bakımsız kalmış ve eski ihtişamını yitirmişti. Şehrin belediye başkanı, kasabayı yeniden canlandırmak ve eski güzelliklerine kavuşturmak için bir proje başlatmaya karar verdi. Bu projede, kasabanın çeşitli yapılarını yeniden inşa edecek ve halkın kullanımına sunacak bir grup yaratıcı ve yetenekli öğrenciye ihtiyaç vardı. Siz ve arkadaşlarınız bu önemli görevi üstlenmek için seçildiniz!

Şehrin yeniden inşası için belirli bir bütçeniz var ve bu bütçeyi aşmadan işleri tamamlamanız gerekiyor. Ancak, bazı malzemeler sınırlı miktarda mevcut, bu yüzden kaynakları dikkatli bir şekilde yönetmelisiniz. Belediye başkanı, özellikle çocukların ve ailelerin keyifle vakit geçirebileceği güvenli ve estetik bir şehir olmasını istiyor.

Görev:

Şehrin belirli yapılarını yeniden inşa edin ve dört işlem problemlerini çözerek bütçenizi yönetin.

Planlayacağınız şehrin nüfusuna göre yapıları tasarlamamız gerekmektedir. Her 1000 kişiye 2 okul ve 10 tane ev yapılmak zorundadır.

Yapılacak Yapılar ve Maliyetler:

- **Okul:**
 - Tuğla Maliyeti: 2 TL/Tuğla
 - Pencere Maliyeti: 400 TL/pencere
 - Çatı Maliyeti: 1200 TL
 - Okul için toplamda 40 tuğla, 5 pencere ve 1 çatı gereklidir.



Figure K.1. Design worksheet 1.

- **Park:**
 - Ağaç Maliyeti: 80 TL/ağaç
 - Bank Maliyeti: 120 TL/bank
 - Park için toplamda 8 ağaç ve 3 bank gereklidir.
- **Evler :**
 - Tuğla Maliyeti: 2 TL/Tuğla
 - Pencere Maliyeti: 500 TL/pencere
 - Çatı Maliyeti: 1200 TL
 - Her ev için toplamda 25 tuğla, 3 pencere ve 1 çatı gereklidir.
- **Market:**
 - Tuğla Maliyeti: 2TL/tuğla
 - Pencere Maliyeti: 500 TL/pencere
 - Çatı Maliyeti: 1000 TL
 - Market için toplamda 35 tuğla, 4 pencere ve 1 çatı gereklidir.

Bütçe ve Kısıtlamalar:

- **Toplam Bütçe:** 143 000 TL
- **Kısıtlı Malzemeler:**
 - Toplamda sadece 1600 tuğla kullanılabilir.
 - Pencere sayısı toplamda 198 ile sınırlıdır.
 - Çatı sayısı toplamda 57 ile sınırlıdır.
 - Ağaç sayısı toplamda 48 ile sınırlıdır.
 - Bank sayısı toplamda 18 ile sınırlıdır.

Figure K.2. Design worksheet 1-2.

Grup Adı:

Grup Üyeleri:

Şehri Tasarlarken Dikkat Etmeniz Gerekenler

Malzeme Listesi ve Maaliyet Hesaplaması:

- 1) Tasarlayacağınız şehrin nüfusunu planlayınız.
- 2) İnşa edilecek her bir yapının maaliyeti ve malzeme ihtiyacı hesaplayınız.
- 3) Kısıtlı malzemelerin sayısına ve yapıları inşa etmek için gerekli olan malzeme sayılarına dikkat ediniz.
- 4) Kısıtlı bütçeniz olduğunu unutmayınız.

Toplam maaliyet hesaplandıktan sonra bütçe, kısıtlamalar ve şehrin olası nüfusuna göre şehrin genel tasarımını (Hangi yapıdan kaç tane, nüfus ve bütçe planlaması) aşağıdaki alanda hesaplayınız ve her bir yapıdan kaç tane yapacağınızı detaylı bir şekilde gerekçelendiriniz. Gerekçelendirdikten sonra tasarladığınız şehrin taslağını arka sayfaya çiziniz.

Figure K.3. Design worksheet 1-3.

APPENDIX L: DESIGN WORKSHEET 2

Design worksheet 2.

DERS, KONU: Matematik, Çöpsüz Sokaklar	TARİH:
SOYADI, ADI:	SÜRE:

Grup Adı:

Grup Üyeleri:

1. Görev: Problem Senaryosu

Küçük bir köy belediyesi, yaz aylarında artan sıcaklıklarla birlikte çöplerden yayılan kötü kokular ve sıvı atıkların neden olduğu çevre kirliliği ve sağlık sorunlarıyla mücadele etmeye karar verdi. Belediye başkanı, şehrin dört bir yanına yerleştirilecek yeni nesil hijyenik ve dayanıklı çöp konteynerleri tasarlamak için bir yarışma düzenledi.



Siz ve ekibiniz, bu yarışmaya katılan yaratıcı gruplardan birisiniz. Göreviniz, bütçe ve malzeme kısıtlamalarına uygun şekilde çevreye duyarlı, teknolojik ve sürdürülebilir bir çöp konteyneri tasarlamak. Tasarımınızın hem sokakları temiz tutması hem de bakterilerin ve kötü kokuların yayılmasını engellemesi gerekiyor.

Tasarlayacağınız çöp kutularında dikkat edilmesi gereken kriterler

- Görünürde olmamalı (toprağın altına yerleştirilebilir veya gizlenebilir bir tasarım).
- Çöp sıvılarını kanalizasyona aktarabilecek bir **sıvı drenaj mekanizması** olmalı.
- Çöp sıvılarının akması için tabanı ızgara ile kaplanmalıdır.
- Dayanıklı ve aşınmaz bir dış yüzeye sahip olmalı.
- Kokuları önlemek için bir soğutma sistemi içermeli.

2. Görev: Kriterler -Hesaplama

Kriterler

Nüfus ve Çöp (Kg)

- Köydeki her kişi ortalama günlük 2 kg çöp oluşturmaktadır.

Figure L.1. Design worksheet 2.

Çöp Kutusunun Kapladığı Alan

- Model çöp kutusunun üst ve alt taban alanı en fazla **800 santimetrekare** olabilir.
- Çöp kutusunun tabanının her **200 santimetrekaresi 1 kg** çöp taşıyabilmektedir.
- Çöp kutusunun tabanının her **100 santimetrekaresi 1 tane ızgara** ile kaplanmalıdır.
- Her ızgara da en fazla **5 tane** çubuk kullanılabilir.

Dış Kaplama Malzemesi (Tüm alanlar)

- Toplam dış yüzey alanı en fazla **3200 santimetrekare** olabilir.

Sıvı Drenaj Borularının Uzunluğu

- Sıvı atıkları kanalizasyona taşıyacak boruların uzunluğu **maksimum 100 cm** olmalıdır.

Soğutma Sistemi

- Çöp kutusundaki sıcaklık seviyesini düşürerek kokuları azaltmak için kullanılmazdır.
- Her bir çöp kutusunda bir tane olmak zorundadır.
- Çöp kutusu taban alanın her **200 santimetrekaresi için çöpe 1 tane pervane** yerleştirilmelidir.
- Her pervane en fazla **3 tane** pervane başlığından oluşabilir.

Malzeme ve Bütçe:

Alt, üst taban (Mukavva vb)	Mukavva: 3 TL/ santimetrekare	En fazla 800 santimetrekare
Yan alanlar kaplama (Mukavva, alüminyum folyo vb)	Mukavva: 3 TL/ santimetrekare Alüminyum folyo: 5 TL /santimetrekare	En fazla 3200 santimetrekare
Sıvı Drenaj Boruları	5 TL /santimetre	En fazla 100 cm

Figure L.2. Design worksheet 2-2.

İzgaralar (Çubuklar)	2 TL / adet	Her 100 santimetrekareye 1 ızgara
Soğutucu Sistem (Pervane)	8 TL / adet (Pervane başlığı)	Her 200 santimetrekareye 1 tane
Bütçe (Toplam çöp kutusu sayısı için)	500 000 TL	

Hesaplama: Bu alanda gerekli hesaplamaları yapınız.

Nüfus:	
Üretilen çöp miktarı ve gerekli çöp kutusu sayısı::	
Çöp kutusunun alt ve üst taban alanı toplamı ve maliyeti:	
Çöp kutusunun geriye kalan alanları toplamı ve kaplayacağınız malzemeye göre maliyeti:	

Figure L.3. Design worksheet 2-3.

Sıvı drenaj boruları (Çöp kutusu çevresi boyunca) uzunluğu ve maaliyeti:	
Izgara miktarı ve maaliyeti:	
Pervane başlığı miktarı ve maaliyeti:	
Toplam planlanan bütçe (Nüfusa göre planladığınız toplam çöp kutusu için):	

Figure L.4. Design worksheet 2-4.

APPENDIX M: DESIGN WORKSHEET 3

Design worksheet 3.

DERS, KONU: Matematik, Akıllı Çatı Panelleri	TARİH:
SOYADI, ADI:	SÜRE:

Grup Adı:

Grup Üyeleri:

1. Görev: 🌱 Yeşil Enerji İçin Akıllı Çatı Panelleri Projesi 🌍

Problem Senaryosu

Şehrin enerji tüketimi her geçen yıl artarken, sürdürülebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç da büyüyor. Enerji Bakanlığı, evlerde güneş enerjisi kullanımını artırmak amacıyla, "Yeşil Enerji İçin Akıllı Çatılar" projesini başlattı.



Bu proje kapsamında, güneş panelleriyle elektrik üreten çatı sistemleri geliştirilecek. Ancak her bina için çatı alanı, bütçe ve enerji verimliliği farklı olduğu için en iyi tasarımı en düşük bütçe ile yapmak sizin göreviniz!

2. Görev: Kriterler ve Hesaplama

Ekibiniz, bir evin çatısına güneş panelleri yerleştirerek en uygun enerji üretim sistemini tasarlayacaktır. Çatılarınızı tasarlarken size verilen çatı alanı, bütçe ve verimlilik oranı gibi kriterleri dikkate alarak tasarlamalısınız.

Kriterler

- Çatı alanı (cm^2)

Toplam kullanılabilir çatı alanı en fazla 2400 santimetrekare (cm^2) olabilir.

Çatıya yerleştirilebilecek her bir güneş paneli 200 santimetrekare (cm^2) alan kaplamaktadır.

Yerleştirilecek güneş panelleri çatı alanının en fazla $\frac{80}{100}$ (%80) 'lik kısmını kaplayabilir.

Bu verilere göre oluşturduğunuz çatının alanını ve kaç tane güneş paneli yerleştirilebileceğini hesaplayınız?

Figure M.1. Design worksheet 3.

- **Güneş Paneli Verimliliği (kWh)**

Bir evin günlük elektrik ihtiyacı evde yaşayan kişi başına toplam 4 Kwh'dır.

Her bir güneş paneline Güneş'ten ortalama günlük 50 Kwh enerji gelir ve her bir güneş paneli gelen güneş enerjisinin $\frac{10}{100}$ (%10)'unu elektriğe çevirir.

- **Bütçe Kısıtlaması (kWh)**

Toplam bütçe: 45 000 TL

1 panel: 6 000 TL

Ekstra kablolama ve montaj maaliyeti: Panel başına $\frac{10}{100}$ (%10) ek masraf eklenir.

Hesaplama: Bu alanda gerekli hesaplamaları yapınız.

Hane Halkı ve enerji ihtiyacı:	
Çatının kapladığı alan (Santimetrekare):	
Çatıya yerleştirilecek panel sayısı ve üretilen toplam enerji miktarı:	

Figure M.2. Design worksheet 3-2.

Çatıya yerleştirilecek güneş paneli sayısı:	
Panel sayısına göre toplam bütçe miktarı:	

Figure M.3. Design worksheet 3-3.

APPENDIX N: DESIGN WORKSHEET 4

Design worksheet 4.

Design Worksheet 4- Problem Scenario: Smart classrooms for energy saving, designing smart classrooms)

Soyadı, Adı:

Tarih:

Ders, Konu: Enerji Tasarrufu – Akıllı Sınıflar

Grup Adı:

Grup Üyeleri:

Problem Senaryosu:  **Enerji Tasarrufu – Akıllı Sınıflar Projesi**

Okulunuzda elektrik tüketimi son zamanlarda oldukça arttı. Bu durum hem okul bütçesini zorluyor hem de çevreye zarar veriyor. Okul yöneticileri, her sınıftan enerji tüketimini azaltacak bir sistem geliştirmesini istedi.

Sizden, sınıfınızın **elektrik tüketimini analiz ederek**, ihtiyaçlar doğrultusunda **en fazla enerji tasarrufu sağlayacak "Akıllı Sınıf Sistemi"**ni tasarlamanız bekleniyor. Ancak dikkat etmeniz gereken bazı **kısıtlamalar ve belirsizlikler** var.



Kriterler

Ekipiniz, bir sınıfta enerji tasarrufu sağlayacak en uygun tüketim yöntemini planlayacaksınız. Tüketim planlamalarınızı yaparken size verilen kısıtlamalar ve sınıfta kullanılan cihazların elektrik tüketim miktarları gibi kriterleri dikkate alarak tasarlamalısınız.

Tablo: Sınıfta kullanılan Cihazlar ve Enerji Tüketimleri

Cihaz	Günlük Ortalama Kullanım Süresi	Güç Tüketim (Watt /saat)
LED Lamba	6	15
Bilgisayar	4	250
Projeksiyon	2	300
Klima	4	1500
Fan	5	75
Akıllı Tahta	3	400

Not: 1 kWh = 1000 Watt saat.

- Toplam günlük enerji tüketimi 3 kWh'yi geçmemelidir.
- Projeksiyon ya da akıllı tahtadan sadece biri kullanılabilir.
- Klima ve fan aynı anda çalıştırılmaz.

Figure N.1. Design worksheet 4.

- Bazı ders saatlerinde bilgisayar mutlaka açık kalmalıdır (günde en az 2 saat).
- Sınıfta minimum 3 lamba çalışmalıdır.

Görev Dağılım Tablosu

Roller	İsimler
Enerji Analisti: Verilen tabloyu inceler, cihazların ne kadar enerji tükettiğini hesaplar, grubun enerji sınırına uyup uymadığını kontrol eder ve gerekirse bazı cihazları kısıtlamak için öneri getirir.	
İhtiyaç Planlayıcısı: Sınıfın ders saatlerine göre hangi cihazlara ne kadar süre ihtiyaç olduğunu belirler, günlük kullanım önceliklerini sıralar, en verimli kombinasyonu oluşturur.	
Sistem Sorumlusu: Grubun karar verdiği enerji planını tabloya döker. Hangi saatlerde hangi cihazların çalışacağını gösteren bir çizelge hazırlar.	
Araştırmacı: Verilen sorulara yanıtlara kaynakları kullanarak yanıtlar arar.	
Sunum sorumlusu: Yapılan projeyi sınıfa sunar.	
Tasarım Uzmanı: Tasarlanan sistemi dijital olarak görselleştirir.	

Figure N.2. Design worksheet 4-2.

Planlama yaparken araştırmacıların yanıtlaması gereken sorular:

1) Enerji tüketimini azaltmak neden önemlidir?



2) Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları okullarda nasıl kullanılabilir?



3) Akıllı sınıf teknolojileri nelerdir? Bunların enerji kullanımına etkisi nedir?



Figure N.3. Design worksheet 4-3.

2) Toplam enerji tüketimi 3kWh'yi geçmeyecek şekilde sınıfınıza uygun bir kullanım planı oluşturunuz.

3) Hangi cihazı hangi saatlerde kullanacağınızı gösteren bir **enerji planı çizelgesi** hazırlayınız.

(Not: Çizelgeyi oluştururken Excel, Codap gibi yazılımlar kullanabilirsiniz.)

4) Oluşturduğunuz sistemin neden en uygun sistem olduğunu açıklayınız.

Taslak Çizimi:

Akıllı Sınıf Sistemi için bir prototip ya da görsel plan tasarlayınız. (Tinkercad ya da başka bir uygulama kullanabilirsiniz).

Figure N.4. Design worksheet 4-4.

4) Oluşturduğunuz sistemin neden en uygun sistem olduğunu açıklayınız.

Taslak Çizimi:

Akıllı Sınıf Sistemi için bir prototip ya da görsel plan tasarlayınız. (Tinkercad ya da başka bir uygulama kullanabilirsiniz).

Figure N.5. Design worksheet 4-5.

APPENDIX O: MATHEMATICS CURRICULUM

Mathematics curriculum.

5. SINIF	
1.TEMA: SAYILAR VE NİCELİKLER (1)	
Bu temada öğrencilerin onluk sayı sistemine ilişkin ön bilgilerini çok basamaklı sayılara genelleyerek kullanabilmeleri, doğal sayılarla ilgili gerçek yaşam problemlerini çözebilme-leri ve dört işlem becerilerini çok basamaklı işlemlere yansıtabilmeleri amaçlanmaktadır.	
DERS SAATİ	28
ALAN BECERİLERİ	MAB2. Matematiksel Problem Çözme
KAVRAMSAL BECERİLER	KB2.9. Genelleme
EĞİMLER	E1.1. Merak, E3.6. Analitik Düşünme, E3.10. Eleştirel Bakma
PROGRAMLAR ARASI BİLEŞENLER	
Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerileri	SDB2.2. İş Birliği , SDB3.2. Esneklik
Değerler	D3. Çalışkanlık, D7 Estetik, D16. Sorumluluk, D17. Tasarruf
Okuryazarlık Becerileri	OB1. Bilgi Okuryazarlığı, OB2. Dijital Okuryazarlık, OB3. Finansal Okuryazarlık, OB8. Sürdürülebilirlik Okuryazarlığı
DISİPLİNLER ARASI İLİŞKİLER	Sosyal Bilgiler, Fen Bilimleri
BECERİLER ARASI İLİŞKİLER	MAB3. Matematiksel Temsil, MAB5. Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma

Figure O.1. Mathematics curriculum.

MAT.5.1.2. Doğal sayılar ve işlemler içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme

- Problemin içerdiği sayı ve işlem bileşenlerini belirler.
- Problemde verilenler ile istenenlerin gerektirdiği işlemler arasındaki ilişkiyi belirler.
- Problem bağlamıyla ilişkili verilenleri uygun matematiksel temsillere dönüştürür.
- Problemi matematiksel temsiller kullanarak kendi ifadeleri ile açıklar.
- Problemin sonucuna ilişkin tahminde bulunur ve işlemleri gerçekleştirmek için stratejiler geliştirir.
- Belirlenen strateji veya stratejileri çözüm için uygular.
- Çözüm yollarını kontrol eder ve çözüme ulaştırmayan stratejiyi değiştirir.
- Problemin çözümü için kullandığı veya geliştirdiği stratejileri gözden geçirerek kısa yolları değerlendirir.
- Kullandığı strateji veya stratejileri farklı problemlerin çözümlerine geneller.
- Genellenmenin geçerliliğini matematiksel örneklerle değerlendirir.

İÇERİK ÇERÇEVESİ

Doğal Sayılar ve İşlemler:
Çok Basamaklı Sayıları Okuma ve Yazma
Çözümleme
Doğal Sayılarla Dört İşlem İçeren Problem Çözme

**Genellemeler/
Anahtar Kavramlar/
Sembol ve Gösterimler**

Genellemeler

- Sayıların yazılışı ve okunuşu, basamak değeri ve bölük kavramına dayalı bir örüntü içerir.

Anahtar Kavramlar

basamak değeri, bölme, bölük, çarpma, çıkarma, doğal sayılar, toplama

Sembol ve Gösterimler

-

**ÖĞRENME
KANITLARI
(Ölçme ve
Değerlendirme)**

Öğrenme çıktıları; açık uçlu sorulardan oluşan çalışma kağıdı, izleme testi ve performans görevi ile değerlendirilebilir.

Performans görevi olarak öğrencilere gerçek yaşam durumlarında karşılaştıkları problemler verilerek çözüme yönelik farklı stratejiler geliştirmeleri ve geliştirdikleri problem çözümlerini dijital bir sunum aracı yardımıyla arkadaşlarına sunmaları istenebilir. Bu görev, süreç bileşenlerini dikkate alarak performans kriterlerini barındıran bütüncül veya analitik dereceli puanlama anahtarı yardımıyla değerlendirilebilir. Öğrenme-öğretme uygulamalarında yapılan grup çalışmalarında, öğrenciler tarafından öz değerlendirme ve akran değerlendirme formları

Figure O.2. Mathematics curriculum 2.

ile kendi ve arkadaşlarının süreçleri; öğretmen tarafından da grup değerlendirme formu kullanılarak gruplar değerlendirilebilir.

Performans ürünleri, çalışma kağıtları ve izleme testleri sonuç değerlendirme olarak kullanılabilir.

ÖĞRENME-ÖĞRETME YAŞANTILARI

Temel Kabuller Öğrencilerin en fazla altı basamaklı doğal sayıları çözümüleme, sayıların büyüklüklerini karşılaştırma, doğal sayılarla dört işlem yapma ve işlemler arası ilişkiler kurma, işlemlere ilişkin tahmin, yuvarlama ve zihinden işlem yapma, dört işlemle ilgili problem çözme becerilerine sahip oldukları kabul edilmektedir.

Ön Değerlendirme Süreci Öğrencilerin ön bilgileri dört, beş ve altı basamaklı doğal sayıları okuma ve yazmalarına, doğal sayıların basamak ve bölüklerini belirlemelerine yönelik bir çalışma kağıdı ile değerlendirilebilir. Zihinden işlem yapma, işlem sonuçlarına yönelik tahminde bulunma ve problem çözme becerilerini sorgulama amacıyla açık uçlu sorular kullanılabilir.

Köprü Kurma Toplumsal yaşamda yardımseverliğe ilişkin farkındalığın artmasına yönelik faaliyetlere (örneğin kitap kampanyaları) ya da öğrencilerin günlük hayatlarında yakın çevrelerinde gözlemledikleri olaylara (bütçe, elektrik-su giderleri, harcama, birikim gibi) örnekler verilerek çok basamaklı doğal sayıları okuma yazma çalışmalarına başlanır. Bu kapsamda verilen örnekler üzerinden sayılar ve büyüklüklerini karşılaştırma ile ilgili tahmin çalışmaları yapılır. Basamak tablosu üzerinde dört, beş, altı basamaklı doğal sayıların bölüklerini ve basamak değerlerini göstermeleri ve okumaları istenir. Ayrıca okunuşları verilen sayıları yazmaları beklenir. Bu etkinliklerde ara basamaklarında veya bir bölüğün tamamında "0" olan sayılara da yer verilmesine dikkat edilir.

Figure O.3. Mathematics curriculum 3.

**ÖĞRENME ÇIKTILARI
VE SÜREÇ BİLEŞENLERİ**

MAT.5.1.3. Gerçek yaşam durumlarına karşılık gelen kesirleri farklı biçimlerde temsil edebilme

- Kesirlerin farklı gösterimlerinin (bileşik, tam sayılı, ondalık, yüzde) gerçek yaşam durumu içerisindeki kullanımını anlar.
- Gerçek yaşam durumlarında karşılaşılan kesirlerin farklı gösterimlerini ilişkilendirmek için farklı modelleri (yüzlük kart, somut modeller, sayı doğrusu gibi) seçer.
- Seçilen modelleri kullanır.
- Kullanılan modelleri kesirlerin farklı gösterimleri ile yorumlar.
- Benzer durumlarda kullanılabilecek farklı modelleri kullanışlılık açısından karşılaştırır.
- Karşılaştırdığı modellerin kullanışlılığına ilişkin karar verir.

MAT.5.1.4. Farklı gösterimlerle ifade edilen kesirlerin karşılaştırılmasına yönelik çıkarım yapabilme

- Farklı gösterimlerle ifade edilen kesirlerin karşılaştırılmasına yönelik varsayımda bulunur.
- Varsayımdaki ilişkileri inceleyerek kesirlerin karşılaştırılmasına yönelik genellemeleri belirler.
- Elde ettiği genellemelerin varsayımını karşılayıp karşılamadığını sayı doğrusu, şekil gibi temsiller üzerinde gösterir.
- Varsayımı ile ilgili ulaştığı sonuca yönelik matematiksel önermeleri sözel ya da sembolik temsil ile sunar.
- Sunduğu önermelerin tahmin etme becerisine katkısını gerekçelerle açıklar.

İÇERİK ÇERÇEVESİ

Kesirler:

Kesirlerin Farklı Gösterimleri

Kesirlerin Karşılaştırılması

Genellemeler/
Anahtar Kavramlar/
Sembol ve Gösterimler

Genellemeler

- Kesirlerin farklı gösterimleri birim kesirden türetilir.
- Bir kesrin pay ve paydasını 0 (sıfır) hariç aynı doğal sayı ile çarparak veya bölerek denk kesirler elde edilir.

Anahtar Kavramlar

bileşik kesir, birim kesir, denklik, ondalık gösterim, tam sayılı kesir, yüzde

Sembol ve Gösterimler

%

**ÖĞRENME
KANITLARI
(Ölçme ve
Değerlendirme)**

Öğrenme çıktıları; açık uçlu ve kısa cevaplı sorulardan oluşan izleme testi, açık uçlu sorulardan oluşan çalışma kâğıdı, öz ve akran değerlendirme formları ve performans görevi ile değerlendirilebilir.

Öğrencilere kesirlerin farklı gösterimlerini ve bu gösterimlerin karşılaştırılmasına yönelik kullanılacak stratejiler ve temsilleri içeren bir performans görevi verilebilir. Verilen performans görevinde öğrencilerden afiş veya pano hazırlamaları istenebilir. Hazırlanan ürün, süreç bileşenleriyle oluşturulmuş kriterleri içeren bütüncül veya analitik dereceli puanlama

Figure O.4. Mathematics curriculum 4.

Türkiye İstatistik Kurumu raporlarındaki farklı konulardan birinin (Türkiye'deki girişimlerde yapay zekâ kullanımı, yıllık açılan müze sayısı, yıllık satılan gazete sayısı, öğrencilerin yaşadığı ilde kişi başı günlük atık su miktarı gibi) araştırılmasını gerektiren performans görevi verilebilir. Öğrencilerden elde ettikleri verileri kesir, ondalık ve yüzdelerle gösterimler kullanarak karşılaştırmaları, araştırma sonuçlarını çeşitli temsiller ile göstermeleri ve bir sunum hazırlamaları istenebilir. Sunumlar süreç bileşenleri ile oluşturulmuş kriterleri içeren bütüncül veya analitik dereceli puanlama anahtarı kullanılarak değerlendirilebilir. Sınıf içinde ve dışında yapılan grup çalışmalarının ve performans görevlerinin ardından öz değerlendirme ve akran değerlendirme formları doldurulabilir.

Performans ürünleri, çalışma kağıtları ve izleme testleri sonuç değerlendirme olarak kullanılabilir.

ÖĞRENME-ÖĞRETME YAŞANTILARI

Temel Kabuller Öğrencilerin kesir çeşitleri ve denk kesirleri temsil edebildikleri; birim kesirleri ve paydaları eşit olan kesirleri karşılaştırebildikleri kabul edilmektedir.

Ön Değerlendirme Süreci Öğrencilerin ön bilgilerinden yola çıkılarak bir kesrin parça-bütün anlamından ziyade ölçme anlamı sorgulanır. Bu sorgulamada öğrencilerin birim kesirlerin ve paydaları eşit olan kesirlerin büyüklükleri hakkında tahminde bulunmalarını ve karşılaştırma yapmalarını gerektiren açık uçlu sorulardan oluşan bir çalışma kâğıdı kullanılabilir. Kesir takımları, kâğıt katlama ya da alan modeli üzerinde; bütünü belirleme, parçanın büyüklüğünü bütüne göre ifade etme ve bütünü gerekli sayıda eş parçaya ayırarak denk kesirleri elde etmeye yönelik sorular ile öğrencilerin denk kesirlerle ilgili bilgileri değerlendirilebilir.

Köprü Kurma Denk kesirlerin elde edilmesine sadeleştirme ve genişletme çalışmaları ile başlanır. Basit, bileşik ve tam sayılı kesirlere ilişkin ön bilgiye sahip olan öğrenciler kesirlerin ondalık ve yüzde gösterimleri ile ilk kez karşılaşmaktadır. Bu gösterimleri birim kesirlerden türetmeleri beklenir. Yapılacak sınıf içi uygulamalara öncelikle birim kesirlere ve kesirlerin karşılaştırılmasına ilişkin çalışmalar ile başlanır. Bu çalışmalarda farklı kesir modellerini (alan modeli, uzunluk modeli, sayı doğrusu gibi) kullanmaları sağlanır. Bu modeller ile deneyim kazanan öğrencilerden gerçek yaşam durumları üzerinden farklı kesir gösterimlerinin yaklaşık değerleri hakkında tahminde bulunmaları ve çeşitli stratejiler ($0'a, \frac{1}{2}$ 'ye ya da 1'e yakınlığını düşünme gibi) geliştirmeleri beklenir.

Figure O.5. Mathematics curriculum 5.

**ÖĞRENME ÇIKTILARI
VE SÜREÇ BİLEŞENLERİ**

MAT.5.4.1. Kenar uzunlukları doğal sayı olan bir dikdörtgenin çevre uzunluğu verildiğinde kenar uzunluklarını yorumlayabilme

- a) Kenar uzunlukları doğal sayı olan bir dikdörtgenin çevre uzunluğu verildiğinde olası kenar uzunluklarını inceler.
- b) Verilen çevre uzunluğuna sahip ve kenar uzunlukları doğal sayı olan dikdörtgen oluşturur.
- c) Kenar uzunlukları doğal sayı olan farklı dikdörtgenlerin aynı çevre uzunluğuna sahip olabileceğini açıklar.

MAT.5.4.2. Birim karelerden yola çıkarak dikdörtgenin alanını değerlendirebilme

- a) Dikdörtgenin alanını ölçmede, seçtiği birim kareleri ölçüt olarak belirler.
- b) Dikdörtgenin alanını seçilen birim karelerle ölçer.
- c) Birim kare sayısının dikdörtgenin iki ardışık kenar uzunluğu ile ilişkisini inceler.
- ç) Dikdörtgenin alan bağlantısına (iki ardışık kenarın uzunlukları çarpımı) ilişkin yargıda bulunur.

MAT.5.4.3. Kenar uzunlukları doğal sayı olan bir dikdörtgenin alanının ölçüsü verildiğinde çevre uzunluğunu, çevre uzunluğu verildiğinde alanını yorumlayabilme

- a) Alanının ölçüsü verilen bir dikdörtgenin çevre uzunluğunu, çevre uzunluğu verilen bir dikdörtgenin alanını inceler.
- b) Aynı alana sahip farklı dikdörtgenlerin çevre uzunluklarını ve aynı çevre uzunluğuna sahip farklı dikdörtgenlerin alanlarını belirler.
- c) Aynı çevre uzunluğuna sahip dikdörtgenlerin farklı alanlara ve aynı alana sahip dikdörtgenlerin farklı çevre uzunluklarına sahip olabileceğini ifade eder.

MAT.5.4.4. Dikdörtgenin çevre uzunluğu ve alanı ile ilgili problemleri çözebilme

- a) Dikdörtgenin çevre uzunluğu ve alanı ile ilgili problemlerde ilgili matematiksel bileşenleri (şekil, uzunluk, alan ölçüleri gibi) belirler.
- b) Matematiksel bileşenler arasındaki ilişkileri belirler.
- c) Problem bağlamındaki temsilleri farklı temsillere dönüştürür.
- ç) Matematiksel temsillere dönüştürdüğü problemi kendi ifadeleri ile açıklar.
- d) Problemin sonucuna ilişkin tahminde bulunur ve işlemleri gerçekleştirmek için stratejiler geliştirir.
- e) Belirlediği stratejileri çözüm için uygular.
- f) Çözüm yollarını kontrol eder ve çözüme ulaştırmayan stratejiyi değiştirir.
- g) Problemin çözümünü için kullandığı veya geliştirdiği stratejileri gözden geçirerek alternatif çözüm yollarını değerlendirir.
- ğ) Kullandığı strateji veya stratejileri farklı problemlerin çözümlerine geneller.
- h) Genellemenin geçerliliğini matematiksel örneklerle değerlendirir.

Figure O.6. Mathematics curriculum 6.

İÇERİK ÇERÇEVESİ Dikdörtgenin Çevre Uzunluğu ve Alanı

Genellemeler/
Anahtar Kavramlar/
Sembol ve Gösterimler

Genellemeler

- Bir çokgenin alanı birim alanlar ile ölçülür.
- Dikdörtgenin alanı, iki ardışık kenarın uzunlukları çarpımı ile hesaplanır.
- Aynı alana veya çevre uzunluğuna sahip birden çok dikdörtgen bulunur.

Anahtar Kavramlar

alan, çevre, dikdörtgen

Sembol ve Gösterimler

cm^2 , m^2 , br^2 , $\square$ (ABCD), A (ABCD)

**ÖĞRENME
KANITLARI
(Ölçme ve
Değerlendirme)**

Öğrenme çıktıları; izleme testi, açık uçlu sorular, yapılandırılmış grid, çalışma kağıdı ve performans görevi ile değerlendirilebilir.

Dikdörtgenin çevre uzunluğu ve alanı ile ilgili problemlerin çözümü çalışma kağıdı ve dereceli puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir.

Aynı çevre uzunluğuna ya da aynı alana sahip farklı dikdörtgenler ile hazırlanan piksel sanatı tasarımlarını içeren performans görevi; anlama, içerik, doğruluk, görsel materyal gibi kriterlerden oluşan bütüncül veya analitik dereceli puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir.

Tema boyunca işlenen öğrenme çıktıları/süreç bileşenleri hakkında öğrencilerin eksik öğrenmelerini belirlemek ve gidermek amacıyla izleme testi uygulanabilir.

Performans ürünü, izleme testi, yapılandırılmış grid ve çalışma kağıdı sonuç değerlendirme olarak kullanılabilir.

**ÖĞRENME-ÖĞRETME
YAŞANTILARI**

Temel Kabuller

Öğrencilerin uzunluk ölçümüne ilişkin standart ölçme birimlerini tanıdığı ve kullandığı, standart uzunluk ölçme birimlerini birbirine dönüştürdüğü, geometrik şekillerin çevre uzunluğunun ölçümünde matematiksel araç ve teknolojiden yararlandığı ve şekillerin alanlarını standart olmayan ölçme birimleriyle ölçtüğü kabul edilmektedir.

Ön Değerlendirme Süreci

Ön değerlendirme sürecinde öğrencilere uzunluk ve alan ölçme ile ilgili sorular sorulabilir. Standart uzunluk ölçme birimleri, birimler arası dönüşümler, çevre uzunluğu ve alana ilişkin bilgi, beceri ve kavram yanılgılarının tespit edilmesi amacıyla öğrencilere açık uçlu sorular kullanılabilir.

Köprü Kurma

Öğrencilerin geometri tahtası, noktalı kâğıt, örüntü blokları gibi materyaller ile çeşitli boyutlarda dikdörtgenler oluşturmaları ve çevre uzunluklarını standart ölçme birimlerini kullanarak ölçmeleri istenir. Ardından defter kapağı ve sıranın üst yüzü gibi nesnelerin alanlarını nasıl ölçebilecekleri sorularak öğrencilerin standart olmayan ölçme birimleri ile alanları ölçmeleri sağlanır. Standart birimlerle uzunluk ölçmeye ilişkin deneyimlerinden yola çıkarak alan ölçmede kullanılabilecek standart ölçme birimleri üzerine tartışma ortamı oluşturulabilir.

Figure O.7. Mathematics curriculum 7.

5.TEMA: İSTATİSTİKSEL ARAŞTIRMA SÜRECİ	
Bu temada öğrencilerin kategorik veriye dayalı istatistiksel araştırma gerektiren gerçek yaşam durumlarında istatistiksel araştırma sürecini yürütebilmeleri ve başkaları tarafından oluşturulmuş grafik, görsel, rapor, sonuç, yorum, çıkarım veya tahminler hakkında tartışabilmeleri amaçlanmaktadır.	
DERS SAATİ	24
ALAN	
BECERİLERİ	MAB4. Veri ile Çalışma ve Veriye Dayalı Karar Verme
KAVRAMSAL BECERİLER	KB2.18. Tartışma
EĞİLİMLER	E3.4. Gerçeği Arama, E3.5. Açık Fikirlilik, E3.6. Analitik Düşünme, E3.7. Sistematiğe Olma, E3.8. Soru Sorma, E3.9. Şüpheli Düşünme, E3.10. Eleştirel Bakma
PROGRAMLAR ARASI BİLEŞENLER	
Sosyal Duygusal Öğrenme Becerileri	SDB1.1. Öz Farkındalık/Kendini Tanıma, SDB1.2. Öz Düzenleme/Kendini Düzenleme, SDB2.1. İletişim, SDB2.2. İş Birliği, SDB2.3. Sosyal Farkındalık
Değerler	D5. Duyarlılık, D6. Dürüstlük, D17. Tasarruf, D18. Temizlik
Okuryazarlık Becerileri	OB1. Bilgi Okuryazarlığı, OB2. Dijital Okuryazarlık, OB3. Finansal Okuryazarlık, OB4. Görsel Okuryazarlık, OB6. Vatandaşlık Okuryazarlığı, OB8. Sürdürülebilirlik Okuryazarlığı
DİSİPLİNLER ARASI İLİŞKİLER	Sosyal Bilgiler, Fen Bilimleri
BECERİLER ARASI İLİŞKİLER	MAB3. Matematiksel Temsil, MAB5. Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma, KB3.3. Eleştirel Düşünme

Figure O.8. Mathematics curriculum 8.

ÖĞRENME ÇIKTILARI VE SÜREÇ BİLEŞENLERİ

MAT.5.5.1. Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme

- Kategorik veriye dayanan istatistiksel araştırma gerektiren durumları fark eder.
- Kategorik veriye dayanan betimleme veya karşılaştırma gerektirebilecek araştırma soruları oluşturur.
- Kategorik veriye ulaşmak için plan yapar.
- Kategorik veriye ve araştırma sorusuna uygun anket soruları hazırlar.
- Anketi kullanarak veri toplar veya hazır veriye ulaşır.
- Veri görselleştirme aracını (sıklık tablosu, sütun grafiği, daire grafiği, nokta grafiği gibi) seçme gerekçelerini belirtir.
- Toplanan veriyi uygun görselleştirme aracı ile analiz eder.
- Araştırma sonuçlarını elde eder.
- Araştırmada ulaştığı sonuçlara yönelik gerekçeler sunar.
- Araştırma sonuçlarının araştırma sorusuna ne düzeyde cevap verdiğini değerlendirir.
- Araştırma süreci adımlarını değerlendirerek araştırma sürecine uygun olmayan adımları yeniden planlar.

MAT.5.5.2. Başkaları tarafından oluşturulan kategorik veriye dayalı istatistiksel sonuç veya yorumları tartışabilme

- Başkaları tarafından oluşturulan kategorik veriye dayalı istatistiksel sonuç veya yorumlara yönelik istatistiksel temellendirme yapar.
- Başkaları tarafından oluşturulan kategorik veriye dayalı istatistiksel sonuç veya yorumlara yönelik hataları ya da yanlışlıkları tespit eder.
- Başkaları tarafından oluşturulan kategorik veriye dayalı sonuç veya yorumları çürütür ya da kabul eder.

İÇERİK ÇERÇEVESİ

Kategorik Veri Dağılımları

Genellemeler/ Anahtar Kavramlar/ Sembol ve Gösterimler

Genellemeler

- Veri dağılımları, verinin değişebilirliği hakkında bilgi verir.
- Sıklık değeri kategorik veri setlerinde dağılımı yansıtır.

Anahtar Kavramlar

dağılım, daire grafiği, değişebilirlik, kategorik değişken, nokta grafiği, sıklık değeri, sütun grafiği, veri

Sembol ve Gösterimler

-

ÖĞRENME KANITLARI (Ölçme ve Değerlendirme)

Öğrenme çıktıları: performans görevi, öz değerlendirme ve akran değerlendirme formları ve gözlem formu ile değerlendirilebilir.

Öğrencilerden günlük hayat durumlarına yönelik istatistiksel araştırma sürecinin bütünü kullanacakları bir performans görevi hazırlamaları istenebilir. İstatistiksel araştırma sürecinin bütünü yansıtan ve araştırma sonuçlarını açıklayacakları poster hazırlamaları beklenebilir. Öğrencilerin hazırladığı posterler, araştırma sorusuna göre veri toplama, veri

Figure O.9. Mathematics curriculum 9.

Türkiye İstatistik Kurumu raporlarındaki farklı konulardan birinin (Türkiye'deki girişimlerde yapay zekâ kullanımı, yıllık açılan müze sayısı, yıllık satılan gazete sayısı, öğrencilerin yaşadığı ilde kişi başı günlük atık su miktarı gibi) araştırılmasını gerektiren performans görevi verilebilir. Öğrencilerden elde ettikleri verileri kesir, ondalık ve yüzdelik gösterimler kullanarak karşılaştırmaları, araştırma sonuçlarını çeşitli temsiller ile göstermeleri ve bir sunum hazırlamaları istenebilir. Sunumlar süreç bileşenleri ile oluşturulmuş kriterleri içeren bütüncül veya analitik dereceli puanlama anahtarı kullanılarak değerlendirilebilir. Sınıf içinde ve dışında yapılan grup çalışmalarının ve performans görevlerinin ardından öz değerlendirme ve akran değerlendirme formları doldurulabilir.

Performans ürünleri, çalışma kağıtları ve izleme testleri sonuç değerlendirme olarak kullanılabilir.

ÖĞRENME-ÖĞRETME YAŞANTILARI

Temel Kabuller Öğrencilerin kesir çeşitleri ve denk kesirleri temsil edebildikleri; birim kesirleri ve paydaları eşit olan kesirleri karşılaştırabildikleri kabul edilmektedir.

Ön Değerlendirme Süreci Öğrencilerin ön bilgilerinden yola çıkılarak bir kesrin parça-bütün anlamından ziyade ölçme anlamı sorgulanır. Bu sorgulamada öğrencilerin birim kesirlerin ve paydaları eşit olan kesirlerin büyüklükleri hakkında tahminde bulunmalarını ve karşılaştırma yapmalarını gerektiren açık uçlu sorulardan oluşan bir çalışma kâğıdı kullanılabilir. Kesir takımları, kâğıt katlama ya da alan modeli üzerinde; bütünü belirleme, parçanın büyüklüğünü bütüne göre ifade etme ve bütünü gerekli sayıda eş parçaya ayırarak denk kesirleri elde etmeye yönelik sorular ile öğrencilerin denk kesirlerle ilgili bilgileri değerlendirilebilir.

Köprü Kurma Denk kesirlerin elde edilmesine sadeleştirme ve genişletme çalışmaları ile başlanır. Basit, bileşik ve tam sayılı kesirlere ilişkin ön bilgiye sahip olan öğrenciler kesirlerin ondalık ve yüzde gösterimleri ile ilk kez karşılaşmaktadır. Bu gösterimleri birim kesirlerden türetmeleri beklenir. Yapılacak sınıf içi uygulamalara öncelikle birim kesirlere ve kesirlerin karşılaştırılmasına ilişkin çalışmalar ile başlanır. Bu çalışmalarda farklı kesir modellerini (alan modeli, uzunluk modeli, sayı doğrusu gibi) kullanmaları sağlanır. Bu modeller ile deneyim kazanan öğrencilerden gerçek yaşam durumları üzerinden farklı kesir gösterimlerinin yaklaşık değerleri hakkında tahminde bulunmaları ve çeşitli stratejiler ($0'a, \frac{1}{2}$ 'ye ya da $1'e$ yakınlığını düşünme gibi) geliştirmeleri beklenir.

Figure O.10. Mathematics curriculum 10.

görselleştirme, sonuçları araştırma sorusu bağlamında yorumlama, posterin tasarımı ve sunumu gibi ölçütlerden oluşan bütüncül veya analitik dereceli puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir. Öz değerlendirme formu ile öğrencilerin zorlandığı ve keyif aldığı noktaları açıklamaları ve yeni araştırma süreçlerinde farklılaştıracağı adımları ifade etmeleri istenebilir.

Öğrenciler arkadaşlarının araştırma süreç ve sonuçlarını inceledikleri grup çalışmalarında, araştırma sorusuna göre veri toplama sürecine; grafik ve tablo gibi görsellerin uygunluğuna; sonuç, yorum, çıkarım ve tahminlerin doğruluğuna ilişkin kriterleri içeren akran değerlendirme formu doldurabilir.

Performans ürünleri ve çalışma kâğıtları sonuç değerlendirme olarak kullanılabilir.

ÖĞRENME-ÖĞRETME YAŞANTILARI

Temel Kabuller

Bir problemin çözümünde istatistiksel araştırma sürecinin adımlarını takip etmeleri gerektiğini fark edebildikleri, kategorik veriye ve sayma ile elde edilen nicel veriye dayalı sonuçları yorumlayabildikleri, istatistiksel sonuç ve çıkarımları sorgulayarak veriye dayalı karar verebildikleri kabul edilmektedir.

Ön Değerlendirme Süreci

İstatistiksel araştırma süreci temasına başlarken öğrencilerin önceki öğrenme süreçleri dikkate alınabilir. Kategorik veriye dayalı oluşturulan araştırma sorularının neler olabileceği tartışılabilir. En çok iki veri setine ilişkin tablo (sıklık, çetele gibi) ve grafikler (nokta grafiği gibi) yoluyla veriyi görselleştirmeye ve yorumlamaya yönelik çalışmalar yapılabilir. Öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeylerini belirlemek ve eksiklerini tespit etmek için gözlem formu ve kontrol listesi kullanılabilir.

Köprü Kurma

Dikkat çekici bir materyal (afiş, broşür, makale, gazete, görsel gibi) hazırlanarak öğrencilerin materyal hakkında düşünceleri ve önceki deneyimleri sorgulanır. Öğretmen tarafından öğrencilerin bu materyalle ilgili nasıl bir araştırma sorusu üretebileceği, soruya ait verinin nasıl toplanabileceği, toplanan verinin nasıl görselleştirilebileceği ve yorumlanabileceği sınıf içi tartışma süreciyle gözlemlenir. Böylelikle öğrencilerin ilkokulda öğrendikleri istatistiksel araştırma süreci hatırlatılır.

Örneğin öğrencilere "Çevre sorunları ile ilgili istatistiksel araştırma gerektiren bir gerçek yaşam problemine örnek verebilir misiniz?" gibi merak uyandıran sorular yöneltilir. Verilen yanıtların araştırma sorusu olup olmadığı öğrencilerle tartışılarak istatistiksel araştırmaya duyulan ihtiyaç ortaya çıkarılır. Örnekler öğrencilerin yakın çevresindeki gerçek yaşamlarından seçilir.

Figure O.11. Mathematics curriculum 11.