

DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITIES FOR HIGH SCHOOL PHYSICS  
CLASSES

A THESIS SUBMITTED TO  
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
OF  
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY



BY  
NURGÜL KARTAL

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN  
SCIENCE EDUCATION IN MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION

JANUARY 2021



Approval of the thesis:

**DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITIES FOR HIGH SCHOOL PHYSICS  
CLASSES**

submitted by **NURGÜL KARTAL** in partial fulfillment of the requirements for the degree of **Master of Science in Science Education in Mathematics and Science Education, Middle East Technical University** by,

Prof. Dr. Halil Kalıpçılar  
Dean, Graduate School of **Natural and Applied Sciences**

Prof. Dr. Erdiñ Çakıroğlu  
Head of the Department, **Mathematics and Science Education**

Prof. Dr. Ali Eryılmaz  
Supervisor, **Mathematics and Science Education, METU**

**Examining Committee Members:**

Prof. Dr. Salih Ateş  
Mathematics and Science Education, Gazi University

Prof. Dr. Ali Eryılmaz  
Mathematics and Science Education, METU

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk Özdemir  
Mathematics and Science Education, METU

Date: 06.01.2021



**I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.**

Name, Last name: Nurgül Kartal

Signature:

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITIES FOR HIGH SCHOOL PHYSICS CLASSES**

Kartal, Nurgül

Master of Science, Science Education in Mathematics and Science Education

Supervisor: Prof. Dr. Ali Eryılmaz

January 2021, 493 pages

The purpose of this study is to develop STEM Engineering Design Process (STEM-EDP) activities for 10<sup>th</sup> and above grade levels by using an ADDIE instructional design model. When the literature was reviewed in detail, it was not encountered STEM-EDP activities which are developed based on systematic models. Therefore, the characteristics of STEM activities were formed by the basis of ADDIE model. Also, for the implementation processes of the STEM activities, 7-step EDP model was used. As a result, 3 STEM-EDP activities were developed in this study. Design Based Research (DBR) method was used for the purpose of developing STEM activities since it is a systematic and flexible methodology of which goal is to improve STEM-EDP activities. Three physics teachers and 18 students were included in the activities. The students are 10<sup>th</sup> grade taken from an Anatolian high school and the physics teachers have one to three years of experience. A physics teacher, who is called an instructor, has applied activities to the students and the researcher has applied activities to the three physics teachers at different times. During each activity, the students are placed to heterogeneous groups with 6 members with 2 low, 2 medium and 2 high achievement levels. Semi structured interviews for the students, the teachers and the instructor, and also the researcher's

observation notes and observation form for the instructor were used as data collection tools. As a result of the analysis of tools applied to the students and the teachers, STEM activities were revised and developed without any problem.

Keywords: Physics Classes, STEM Activities, STEM Engineering Design Process, Instructional Design



## ÖZ

### LİSE FİZİK DERSLERİ İÇİN STEM AKTİVİTELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kartal, Nurgül

Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Eğitimi, Fen ve Matematik Alanları Eğitimi  
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Ali Eryılmaz

Ocak 2021, 493 sayfa

Bu çalışmanın amacı, bir öğretim materyali geliştirme modeli olan ADDIE Model'i kullanarak lise fizik dersleri için 10. ve üzeri sınıf seviyesinde STEM Mühendislik Tasarım Süreci aktiviteleri geliştirmektir. Alan yazın ayrıntılı olarak incelendiğinde, sistematik modellere dayalı olarak geliştirilen STEM Mühendislik Tasarım Süreci aktivitelerine rastlanmamıştır. Bu nedenle, STEM aktivitelerinin özellikleri ADDIE modeli temel alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca, STEM aktivitelerinin uygulama süreçlerinde 7 aşamalı Mühendislik Tasarım Süreci modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada, 3 adet STEM Mühendislik Tasarım Süreci aktiviteleri geliştirilmiştir. Tasarım Temelli Araştırma yönteminin, STEM Mühendislik Tasarım Süreci aktivitelerini iyileştirme amacı güden sistematik ve esnek bir metodoloji olması nedeniyle, STEM aktivitelerini geliştirmek için Tasarım Temelli Araştırma yöntemi kullanılmıştır. Aktivitelere, bir ila üç yıllık tecrübesi olan 3 fizik öğretmeni ve 18 10. Sınıf öğrencisi dahil edilmiştir. Katılımcılar dışındaki bir fizik öğretmeni aktiviteleri öğrencilere uygulamıştır. Ayrıca, araştırmacı üç fizik öğretmenine aktiviteleri farklı zamanlarda uygulamıştır. Her etkinlik sırasında, 2 düşük, 2 orta ve 2 yüksek başarı düzeyine sahip öğrencilerden oluşan heterojen gruplar oluşturulmuştur. Veri toplama aracı olarak öğrenciler, öğretmenler ve aktiviteyi yürüten fizik öğretmeni için yarı yapılandırılmış görüşmeler ve ayrıca araştırmacının gözlem notları ve gözlem formu kullanılmıştır. Öğrencilere ve öğretmenlere uygulanan araçların analizi sonucunda STEM aktiviteleri revize edilerek sorunsuz bir şekilde geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fizik Dersi, STEM Aktivitesi, STEM Mühendislik Tasarım Süreci, Öğretim tasarımı





*To my family*

## ACKNOWLEDGMENTS

I would like to express my deepest gratitude to my supervisor Prof. Dr. Ali Eryılmaz for their guidance, advice, criticism, encouragement and insight throughout the research.

I am grateful to my thesis committee members Prof. Dr. Salih Ateş, and Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk Özdemir for their suggestions and comments.

My special thanks go to my parents Nevse Kartal and Ali Kartal for their support, love and prayers. They are always with me. I am very grateful to my sisters Nuray Özdoğan, Belkıs Kartal and my brother Hüseyin Kartal for their supports and trust.

I would like to thanks to my special friend Duygu Işık for helping to implement of the three activities and for her friendship throughout my university life. Also, special thanks go to Cemre Tomaç for helping and showing strategies about the research.

Last but not least, I would like to express my deepest thanks to departmental manager Raşit Şahin for his efforts and supports. I owe my tremendous thanks to him and I never forget his contribution to my thesis.

## TABLE OF CONTENTS

|                                                                                                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ABSTRACT.....                                                                                                  | v     |
| ÖZ .....                                                                                                       | vii   |
| ACKNOWLEDGMENTS .....                                                                                          | x     |
| TABLE OF CONTENTS.....                                                                                         | xi    |
| LIST OF TABLES .....                                                                                           | xvi   |
| LIST OF FIGURES .....                                                                                          | xviii |
| LIST OF ABBREVIATIONS.....                                                                                     | xx    |
| CHAPTERS                                                                                                       |       |
| 1. INTRODUCTION                                                                                                |       |
| 1.1. Importance of STEM Education .....                                                                        | 4     |
| 1.2. Statement of the Problem.....                                                                             | 5     |
| 1.3. Purpose of the Study .....                                                                                | 7     |
| 1.4. Significance of the Study .....                                                                           | 7     |
| 1.5. Limitations of the Study.....                                                                             | 8     |
| 2. LITERATURE REVIEW .....                                                                                     | 11    |
| 2.1. How Should STEM Activity Developed?.....                                                                  | 11    |
| 2.1.1. Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation<br>(ADDIE) Model for a STEM Activity ..... | 13    |
| 2.2. How Should STEM Activity Applied in the Lessons? .....                                                    | 16    |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1. Engineering Design Process and Integration of STEM in Engineering Design Process .....    | 21 |
| 2.3. Summaries of the Literature Review .....                                                    | 27 |
| 3. METHODOLOGY .....                                                                             | 29 |
| 3.1. Research Design.....                                                                        | 29 |
| 3.2. Participants.....                                                                           | 32 |
| 3.3. Procedure .....                                                                             | 35 |
| 3.4. Activity Development Process.....                                                           | 38 |
| 3.5. Instructional Materials .....                                                               | 40 |
| 3.5.1. Lesson Plans.....                                                                         | 41 |
| 3.5.2. Student Activity Handouts .....                                                           | 42 |
| 3.5.3. Teacher Activity Guide Sheets .....                                                       | 42 |
| 3.6. Activity Applying Process .....                                                             | 43 |
| 3.7. Data Collection Tools .....                                                                 | 47 |
| 3.7.1. Interviews.....                                                                           | 47 |
| 3.7.2. Observation Form .....                                                                    | 48 |
| 3.8. Validity and Reliability .....                                                              | 49 |
| 3.8.1. Validity and Reliability of Research Design.....                                          | 49 |
| 3.8.2. Validity and Reliability of Data Collection Tools .....                                   | 50 |
| 4. RESULTS .....                                                                                 | 51 |
| 4.1. Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM Activity .....                           | 53 |
| 4.1.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the First Activity ..... | 53 |
| 4.1.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the First Activity .....  | 87 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.3. Results of the Interviews with the Instructor for the First Activity .....                   | 88  |
| 4.1.4. Results of the Observations for the Instructor for the First Activity ....                   | 89  |
| 4.2. Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM Activity .....                                | 91  |
| 4.2.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the<br>Second Activity..... | 91  |
| 4.2.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the<br>Second Activity.....  | 123 |
| 4.2.3. Results of the Interviews with the Instructor for the Second Activity                        | 125 |
| 4.2.4. Results of the Observations for the Instructor for the Second Activity<br>126                |     |
| 4.3. Technologies Design to Prevent Buildings from Earthquake .....                                 | 128 |
| 4.3.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the<br>Third Activity.....  | 128 |
| 4.3.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the<br>Third Activity.....   | 149 |
| 4.3.3. Results of the Interviews with the Instructor for the Third Activity...                      | 150 |
| 4.3.4. Results of the Observations for the Instructor for the Third Activity.                       | 151 |
| 4.4. Summaries of the Results.....                                                                  | 152 |
| 5. DISCUSSION, CONCLUSION AND IMPLICATION.....                                                      | 163 |
| 5.1. Discussion of the Results .....                                                                | 164 |
| 5.2. Conclusions.....                                                                               | 167 |
| 5.3. Implications.....                                                                              | 167 |
| 5.4. Suggestions for Further Researches.....                                                        | 169 |
| REFERENCES .....                                                                                    | 171 |
| APPENDICES .....                                                                                    | 183 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| A. Pilot Study of Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP    |     |
| Activity Lesson Plan .....                                                  | 183 |
| A.1. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP         |     |
| Activity Lesson Plan .....                                                  | 215 |
| A.2. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP         |     |
| Activity Student Handout .....                                              | 267 |
| A.3. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP         |     |
| Activity Teacher Guide Sheet .....                                          | 281 |
| B.1. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP           |     |
| Activity Lesson Plan .....                                                  | 334 |
| B.2. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP           |     |
| Activity Student Handout .....                                              | 375 |
| B.3. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP           |     |
| Activity Teacher Guide Sheet .....                                          | 387 |
| C.1. Revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake       |     |
| STEM-EDP Activity Lesson Plan .....                                         | 428 |
| C.2. Revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake       |     |
| STEM-EDP Activity Student Handout .....                                     | 456 |
| C.3. revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake STEM- |     |
| EDP Activity Teacher Guide Sheet .....                                      | 464 |
| D. Interview Questions for the Students .....                               | 487 |
| E. Interview Questions for the Physics Teachers.....                        | 488 |
| F. Interview Questions for the Instructor .....                             | 489 |
| G. Observation Form .....                                                   | 490 |
| H. Invitation Form .....                                                    | 492 |
| I. Ethics Committee Approval Document.....                                  | 493 |



## LIST OF TABLES

### TABLES

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 2.1. Instructional Design Models Used in Publications through 2009 to 2015 (Özerbaş & Kaya, 2017). ..... | 14  |
| Table 3.1. The Students' Information Participated in The First Activity .....                                  | 33  |
| Table 3.2. The Students' Information Participated in the Second Activity .....                                 | 33  |
| Table 3.3. The Students' Information Participated in the Third Activity .....                                  | 34  |
| Table 3.4. Gender, Age and Cumulative Distributions for the Three STEM Activities .....                        | 34  |
| Table 3.5. Passing Time During the Implementation of the Three STEM Activities .....                           | 46  |
| Table 4.1. Observation Time of the Implementation of the First STEM Activity..                                 | 54  |
| Table 4.2. Richter Magnitude and Ground Acceleration Values .....                                              | 56  |
| Table 4.3. Dimensions of The Participants' Spaghetti Building Models .....                                     | 66  |
| Table 4.4. Dimensions of the Concrete Products Based on 1/25 Scaling.....                                      | 77  |
| Table 4.5. Linear Acceleration Values During the Testing .....                                                 | 83  |
| Table 4.6. Richter Magnitude Values Corresponding to the Linear Acceleration Values .....                      | 84  |
| Table 4.7. Timing of the Earthquake Resistant Concrete Building Design Activity .....                          | 86  |
| Table 4.8. Observation Time of the Implementation of the Second STEM Activity .....                            | 92  |
| Table 4.9. Dimensions of The Participants' Models.....                                                         | 103 |
| Table 4.10. Desired Sticks' Lengths and Thicknesses by the Participants .....                                  | 109 |
| Table 4.11. The Expected and Measured Sizes of 1/50 Products for the Student and the Teacher.....              | 114 |
| Table 4.12. Expected and Measured Sizes of 1/20 Products for the Students.....                                 | 115 |
| Table 4.13. Expected and Measured Sizes of 1/15 Products for the Students.....                                 | 116 |
| Table 4.14. The Linear Acceleration Values During Testing .....                                                | 119 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 4.15. Richter Magnitude Values Corresponding to the Linear Acceleration Values .....                    | 120 |
| Table 4.16. Timing of the Earthquake Resistant Wooden Building Design Activity .....                          | 122 |
| Table 4.17. Observation Time of the Implementation of the Third STEM Activity .....                           | 129 |
| Table 4.18. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Base Isolation System.....         | 142 |
| Table 4.19. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Tuned Mass Damper Technology ..... | 142 |
| Table 4.20. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Seismic Damper Technology.....     | 143 |
| Table 4.21. Richter Magnitude Values for Students' Products with the Base Isolation Technology .....          | 144 |
| Table 4.22. Richter Magnitude Values for the Students' Products with the Tuned Mass Damper Technology .....   | 145 |
| Table 4.23. Richter Magnitude Values for the Students' Products with the Seismic Damper Technology.....       | 146 |
| Table 4.24. Timing of the Technologies Design to Prevent Buildings from Earthquake Activity .....             | 148 |

## LIST OF FIGURES

### FIGURES

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 2.1. Development patterns of STEM project-based learning models (Hakim et al., 2019) .....       | 20  |
| Figure 2.2. Massachusetts engineering design process (Massachusetts Department of Education, 2006)..... | 22  |
| Figure 2.3. Engineering design process (Hynes et al., 2011). .....                                      | 23  |
| Figure 3.1. Steps of design-based research for this study.....                                          | 30  |
| Figure 4.1. The students' spaghetti building models with different heights.....                         | 64  |
| Figure 4.2. The students' spaghetti building models with different widths.....                          | 64  |
| Figure 4.3. The students' spaghetti building models with different shapes.....                          | 65  |
| Figure 4.4. The teacher's earthquake resistant spaghetti models with different shapes.....              | 65  |
| Figure 4.5. Three examples of drafts of the students' earthquake resistant concrete products .....      | 70  |
| Figure 4.6. The teacher's earthquake resistant concrete product draft .....                             | 70  |
| Figure 4.7. Some students' iron cages for the floors and the columns. ....                              | 71  |
| Figure 4.8. The teacher's iron cage for the foundation.....                                             | 72  |
| Figure 4.9. Some students' molds with cement mortar .....                                               | 73  |
| Figure 4.10. The teacher's molds with cement mortar .....                                               | 73  |
| Figure 4.11. Some students' earthquake resistant concrete products .....                                | 75  |
| Figure 4.12. The teacher's earthquake resistant concrete product.....                                   | 75  |
| Figure 4.13. Shaking table with electrical drill screwdriver .....                                      | 81  |
| Figure 4.14. The students' spaghetti building models with different heights.....                        | 101 |
| Figure 4.15. The students' spaghetti building models with different widths.....                         | 101 |
| Figure 4.16. The students' spaghetti building models with different shapes.....                         | 102 |
| Figure 4.17. The teacher's spaghetti models with different widths .....                                 | 103 |
| Figure 4.18. Some examples of drawings of the students' earthquake resistant wooden buildings .....     | 107 |

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 4.19. Drawings of the teacher's earthquake resistant wooden building ....                                                         | 108 |
| Figure 4.20. Some students' wooden frames .....                                                                                          | 111 |
| Figure 4.21. The teacher's wooden frames .....                                                                                           | 111 |
| Figure 4.22. Some students' earthquake resistant wooden building products .....                                                          | 112 |
| Figure 4.23. The teacher's earthquake resistant wooden building product .....                                                            | 112 |
| Figure 4.24. A concrete building as visual for revised instructional materials.....                                                      | 123 |
| Figure 4.25. A wooden buildings as visual for revised instructional materials ....                                                       | 124 |
| Figure 4.26. A building with an earthquake technology as visual for revised instructional materials .....                                | 124 |
| Figure 4.27. An example of the drawings of the students' earthquake technologies .....                                                   | 137 |
| Figure 4.28. The drawing of the teacher's earthquake technologies .....                                                                  | 137 |
| Figure 4.29. Examples of the students' products with the base isolation, the seismic damper and the tuned mass damper technologies ..... | 139 |
| Figure 4.30. The teacher's products with the base isolation, the seismic damper and the tuned mass damper technologies.....              | 140 |

## LIST OF ABBREVIATIONS

### ABBREVIATIONS

EDP Engineering Design Process

DBR Design Based Research

MEB Milli Eğitim Bakanlığı

MoNE Ministry of National Education

NAE National Academy of Sciences

NAS National Academy of Engineering

NRC National Research Council

OECD Organization for Economic Co-operation and Development

STEM Science, Technology, Engineering and Mathematics

## **CHAPTER 1**

### **INTRODUCTION**

Over the past decade, STEM has been an often heard approach in education. It began with SMET proposed by National Science Foundation (NSF) in 1990 (Sanders, 2009) as an abbreviation of Science, Mathematics, Engineering and Technology SMET was. However, SMET acronym did not sound good in the following years so it was turned to STEM in 2001 by Judith A. Ramaley being director of the National Science Foundation's education and human resources division (Teaching Institute for Excellence in STEM, 2018). According to Ramaley (2011), mathematics and science cover engineering and technology. Technology and engineering are critical for people-universe interaction while science and mathematics means basic understanding of the universe for people.

In history, many innovators followed STEM principles to produce revolutionary technologies (White, 2014) but those innovators like Edison and Ford did not take any college courses in which STEM curriculum and techniques were used (Beals, 1999). That means, STEM as a well-defined approach did not exist in education in the past (Butz, Kelly, Adamson, Bloom, Fossum, & Gross, 2004) but necessity of it is already known and principles of it are already followed.

According to White (2014), Morrill Act of 1862, World War II and Soviet Union's Sputnik are some historical events causing the growth and flourish of STEM education. After the Morrill Act, land grant universities in which STEM training exist were established (Butz et al., 2004). During World War II, educators, mathematicians, engineers and scientists got together to develop innovative products for the military to win the war so STEM principles were carried out (Judy, 2011).

Sputnik pushed the United State for technological advances. After the Sputnik, National Aeronautics and Space Administration (NASA) was formed to expand and

improve by the United State (Wilson, 2018). STEM education initiatives were brought by NASA grants and industry leaders and the government worked hand in hand to produce STEM trainers (White, 2014).

STEM education has become more popular with Obama's, President of the United State, explicit reference to science, technology, engineering and mathematics on January 25, 2011 in State of the Union Address:

“Let's also remember that after parents, the biggest impact on a child's success comes from the man or woman at the front of the classroom. In South Korea, teachers are known as “nation builders.” Here in America, it's time we treated the people who educate our children with the same level of respect. (Applause.) We want to reward good teachers and stop making excuses for bad ones. (Applause.) And over the next 10 years, with so many baby boomers retiring from our classrooms, we want to prepare 100,000 new teachers in the fields of science and technology and engineering and math.” (Whitehouse.gov, 2011).

After this announcement, many educators, administrators and legislators have paid more attention to STEM and its importance has been recognized by many countries (The National Science and Technology Council, 2013). Nevertheless, there is still not a single approach to STEM education. Different researchers indicate different interpretations of STEM education. Most prevalent of them is defining STEM education disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary approaches (Burke, Francis, & Shanahan, 2014; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014; Moore & Smith, 2014; Vasquez, Sneider, & Comer, 2013). Vasquez et al. (2013) stated inequitable discipline representations in STEM with disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary forms of STEM integration. While at disciplinary form, skills and concepts are obtained separately in each discipline, at multidisciplinary form, skills and concepts are learned independently in each discipline within common themes. In interdisciplinary form, skills and concepts are obtained from two or more disciplines for deepening skills and

knowledge. In transdisciplinary form, skills and knowledge gained from two or more disciplines are used for real world projects and problems. Since in this study, science, engineering, technology and mathematics disciplines have been integrated to the STEM activities by dependent on each other, interdisciplinary approach has been chosen.

Moore et al. (2014) describe integrated STEM education like:

“an effort to combine some or all of the four disciplines of science, technology, engineering, and mathematics into one class, unit, or lesson that is based on connections between the subjects and real-world problems” (p. 38).

Sanders (2009) defined integrated STEM education like:

“approaches that explore teaching and learning between/among any two or more of the STEM subject areas, and/or between a STEM subject and one or more other school subjects” (p. 21).

According to English (2016) engineering and mathematics are less represented in STEM education compared to other two disciplines. However, like other disciplines, engineering is playing an important role with its design processes including defining problems with acceptable solutions, finding many applicable solutions and choosing the best (English, 2016). Also, engineering causes productivity with scientific principles and finding solutions of complex problems which are related with society (Morgan, Moon, & Barroso, 2013).

While Science and Mathematics are more recognizable fields in academia, Technology and Engineering are underrepresented and underfunded (Miaoulis, 2011; White, 2014). Therefore, some educators thought that STEM education focuses on science and mathematics with little attention to technology and engineering (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Bybee, 2010; Hoachlander & Yanofsky, 2011; Sanders 2009; Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011). Besides those beliefs, many educators think that technology has importance

to make lessons more effective and productive and it has been integrated into STEM lessons as a computer related or artifacts (Kelley & Knowles, 2016; White, 2014). Also, it is used for designing, making and using objects and combination of materials, knowledge and activities (Mitcham, 1994).

According to Kelley and Knowles (2016), there are some basis of STEM education which are science inquiry, technological literacy, engineering design and mathematical thinking. According to them, scientific inquiry is learning science contexts and converting scientific knowledge to genuine situations and it creates opportunity for students to enhance curiosity, ask questions, make investigation, cause skepticism and think like real scientists (Kelley & Knowles, 2016).

### **1.1. Importance of STEM Education**

California Mathematics Council (2019) defines STEM education with a broad perspective which is that:

“STEM is used to identify individual subjects, a stand-alone course, a sequence of courses, activities involving any of the four areas, a STEM-related course, or an interconnected or integrated program of study” (para.1).

STEM education is an interdisciplinary approach to make connections between academic concepts and real world lessons with applying science, technology, engineering and mathematics. It is necessary to compete in the new economy, make connections among work, community and school (Tsupros, 2009). Also, STEM education causes effective learning, connects academic concepts with real world lessons and covers analytic and critical thinking.

According to Morrison (2006), STEM education improves problem solving abilities, develops individuals' creatives about engineering fields using their fundamental knowledge and skills, causes logical and critical thinking and increases individuals' self- confidence. Also, due to STEM education, individuals gain interdisciplinary perspectives and appeal to high levels of Bloom's taxonomy.

Bybee (2010) being chair of the Science Expert Group for the Program for International Student Assessment and executive director of the Biological Sciences Curriculum Study summarized the importance and necessity of STEM education and STEM disciplines. He told that:

“Students must acquire such skills as adaptability, complex communication, social skills, non-routine problem solving, self-management, and systems thinking to compete in the modern economy. To the degree that STEM curricula incorporate group activities, laboratory investigations, and projects, they afford the opportunity for students to develop these essential 21<sup>st</sup> century skills and prepare them to become citizens who are better able to make decisions about personal health, energy efficiency, environmental quality, resource use, and national security. Indeed, the competencies that citizens need to understand and address such issues, from the personal to global perspectives, are as clearly linked to knowledge in the STEM disciplines as they are to economics, politics, and cultural values.”

Well-developed curricula constitute the basis of STEM. It should contain twenty-first century skills focusing on innovation, creativity, critical thinking, problem solving, inquiry processes and disciplinary knowledge (English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011).

## **1.2. Statement of the Problem**

The United States has led the world in the emergence of the STEM education approach since 1990 and it has been developing with huge attraction and spreading all around the world. In Turkey, this approach has become popular very recently. Turkish Ministry of Education has first focused on STEM education in 2014 with the support of the Scientix project which is conducted by European School Network and it published a report to emphasize the importance of STEM education (MEB, 2016). STEM education couldn't be adopted properly by educators in Turkey

because it was a new approach for teachers. While some teachers did have enough knowledge about STEM and its applications, some are participating in STEM training courses and have ideas on how it can be integrated into education.

Yalçın (2019) claimed that there are four basic problematic cases frequently encountered by researchers and educators. Two of them are how to prepare STEM activities or STEM working plans and how to apply STEM in classrooms. Therefore, preparing STEM activities and lesson plans which are the basis of STEM principles is the problematic issue in education. If suitable STEM lesson plans and activities are developed, then teachers can use these materials to integrate STEM principles to their instructions.

When the literature is examined, many studies indicate that STEM activities have positive impacts on students' academic achievement and students have positive attitudes toward STEM education. According to the research conducted by Herdem and Ünal (2017), STEM education improves students' scientific process skills and has positive effects on students' understanding of the engineering process. Moreover, MEB (2018) reported that students find STEM lessons more fun, beneficial, useful, and memorable so they want to attend STEM activities more. Also, students express positive attitudes toward STEM activities (MEB, 2018). Another study shows that STEM education enhances mathematics achievement and affects students' attitude and scientific process skills positively (Yıldırım & Altun, 2015). Since active participation is common in STEM activities, students increased their achievement and have positive opinions about science courses (Güneş & Karaşah, 2016). Therefore, developing STEM activities has great importance to enhance students' success.

To develop STEM activities, there are some instructional models. One of them is ADDIE model which is the abbreviation of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. For this study, STEM activities will be formed according to the ADDIE model since according to Hassan (2014), this model is suitable to cause permanent learning. Also, it creates meaningful teaching and

learning environment for students, and helps for designers to think about different steps of instructional design (Kuo, 2013; Reiser & Dempsey, 2007).

Moreover, many studies indicated that, among many educational approaches for STEM application, engineering design process (EDP) naturally integrates the disciplines of STEM as it requires the use of basic engineering knowledge and skills and the principles of science and mathematics (Mehalik, Doppelt, & Schunn, 2008; NAE & NRC, 2009; Schunn, 2009). As a result, in this study, STEM activities for 10<sup>th</sup> grade students consisting of lesson plans, student handouts and teacher guide sheets will be developed based on the ADDIE instructional model and implemented according to the Engineering Design Process.

### **1.3. Purpose of the Study**

The purpose of this study is to develop STEM Engineering Design Process (EDP) activities for high school physics classes by using an ADDIE instructional design model. These STEM-EDP activities were aimed to improve students' holistic view toward disciplines. They were developed to support students' sense of curiosity, engage STEM disciplines in daily life, acquire interdisciplinary knowledge, encourage students to enjoy scientific activities, and increase inventive and innovative thinking skills.

### **1.4. Significance of the Study**

In the world, many countries are seeking new strategies to help children gain STEM related knowledge and skills. As it is all evident in education reform movements, many countries include the STEM education approach in their education system. These countries do a lot of work to expand the STEM education approach in their countries and to direct students with high academic achievement to STEM fields. To capture technologically advanced countries, recently, Turkey gave importance to integration of STEM education and making researches and preparing reports about

it. To integrate STEM to the educational system in Turkey, having efficient educational materials are required. This study, intends to fill in this gap by developing instructional materials for STEM based instructional practices.

When international examinations results are examined, students from Turkey are not successful in mathematics and science (Çetin & Balta, 2017). It shows that there is low interest toward STEM fields which means, in the future, employment in STEM occupations may decrease. To enhance the STEM workforce and economy of our country, STEM knowledge should be spread around schools. Activities developed by scope of this study will contribute to spreading of STEM in schools.

According to conducted researches, it is seen that many teachers never heard STEM and are uninformed about it. Also, many teachers do not have any idea about how to implement STEM principles in their classrooms. This study will help teachers to reach STEM activities and show the process of STEM implementation. As a result of this, teachers' awareness will increase and the number of students educated with STEM training will enhance.

When researches conducted in developed countries are examined, there are enormous number of studies about STEM education. However, there are almost no STEM activities which are developed based on systematic models. In this study, STEM activities will be developed according to the ADDIE model and engineering design process will be used during this process. Therefore, this study will have a significant contribution to the literature. Also, due to the design model developed in this study, activities will be implemented in the classrooms systematically. As a result, with these STEM-EDP activities, students and teachers will have opportunities to find material for implementing STEM activities in the classrooms.

### **1.5. Limitations of the Study**

In this study, there are some limitations. The main limitation is the epidemic which affected the study from many aspects. During the implementation process of the

STEM activities, the epidemic spread all over the world, all schools suspended face-to-face education and no one could come together. Due to this reason, implementations were made as an online and the students participated in the lectures from their homes. Also, group activities were limited and the students produced their own products by themselves. Another limitation is that the students lived in the villages and some of them had low socioeconomic status. Also, the students were mostly medium achievers and did not have knowledge about STEM education. If the participants had already attended to similar studies and they were higher achievers, results of the study could change.





## **CHAPTER 2**

### **LITERATURE REVIEW**

In this section, in accordance with the aim of this thesis, how STEM activity should be developed, Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation (ADDIE) Model for a STEM activity, how STEM activity should be applied in the lessons, and integration of STEM in Engineering Design Process (EDP) are explained respectively to provide clear information and related studies are expressed as a summary.

#### **2.1. How Should STEM Activity Developed?**

Under the skin of STEM education and its applications, there are activities which provide opportunities for children to confront scientific knowledge at early ages. Due to that, STEM education starts in preschools and some toys and logos are added to STEM programs as an activity (Moomaw, 2013). Also, it is implemented in middle and high schools with STEM basis curriculum and school planning activities (Policy Statement of Ireland, 2019).

To make integration of STEM education into lessons, STEM activities which are the basis of STEM disciplines should be developed. Preparation is starting with making suitable lesson plans. During the preparation process, researchers shouldn't have any deficiency about STEM disciplines knowledge and should make planning properly what to teach. STEM based activities should be designed as 21<sup>st</sup> century skills that means it should improve students' creativity, productivity and ability needed for business, team working, making inquiry and exploration about issues etc... (Gökbayrak & Karişan, 2017).

There is a model to show the developing template of STEM activities which is the CISA (Critical Integrated Skills and Activities) model assisting teachers to integrate STEM to their education (Walshe, Johnston, & McClelland, n.d.). It covers the syllabus map, CISA lesson template and CISA sets of lessons. Syllabus map has identifications, outlines and CISA schemes. CISA lesson template consists of six parts which are integrated science and mathematics “Big Idea”, overlapping mathematics objectives, connections and disconnections, STEM literacy, language issues, science objectives. Fundamental of the CISA lesson including objectives of science and mathematics is ‘Big Idea’ which is overlapping both subjects. After determining the ‘Big Idea’, misconceptions and connections between science and mathematics are identified by taking into consideration language differences. STEM literacy is another important part of the template as it emphasizes the integration of disciplines, although it is not possible to include all four stages equally. Curriculum designers and teachers can use these CISA lesson components to create overlapping areas between science and mathematics.

Also, to design STEM activity, a design based science education process can be followed (Altan, Yamak, & Kırıkkaya, 2016). To implement design based for science education, engineering design should be applied as being a subfield. According to Buckley, Fraser, Garbely, and Naras (2018) selecting activities, examining resources, writing activity descriptions, assembling components, testing and evaluating processes should be followed in order to develop and deliver STEM activities.

After detailed literature review, the researcher has reached few information about how STEM activities should be developed and which systematic methods could be applicable to form STEM activities. Since there is a gap in the literature about this issue, the researcher tried to find the solutions to fill the gap with making literature review. As a result, the researcher decided to use an instructional model having Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation (ADDIE) steps. Thereby, ADDIE model is examined and analyzed.

In this study, the ADDIE model, one of the systematic methods for material development, was preferred to show the developing template of STEM activities since the ADDIE model is suitable for integration of the STEM principles to activities. Detailed information about ADDIE instructional model and development processes of three STEM activities created for this study are explained below.

### **2.1.1. Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation (ADDIE) Model for a STEM Activity**

Instructional design models include education and training process, designing and developing materials, evaluation and making arrangements. According to Siribaddana (2010), high quality learning and reaching aim are possible with instructional designs. One of the instructional design models is ADDIE model which is the abbreviation of Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation.

Educators choose the ADDIE model to prepare personalized and meaningful teaching and learning environment for their students (Reiser & Dempsey, 2007) because ADDIE model can be applicable whether online or face-to-face in all environments when its' all steps are followed (Aldoobie, 2015). Also, the ADDIE model helps for designers to think about different steps of instructional design and lecture design (Kuo, 2013).

When Table 2.1. is examined, it is seen that the most publications using instructional design models are related to the ADDIE Model with 34%. Therefore, to develop material for this study, the ADDIE model was chosen.

Table 2.1. Instructional Design Models Used in Publications through 2009 to 2015 (Özerbaş & Kaya, 2017).

| MODEL                            | NUMBER | PERCENTAGE |
|----------------------------------|--------|------------|
| Dick and Carey Model             | 5      | 10         |
| Kemp, Morrison and<br>Ross Model | 1      | 2          |
| ASSURE Model                     | 5      | 10         |
| United States Air Force<br>Model | 1      | 2          |
| Rapid Prototyping Model          | 5      | 10         |
| ARCS Model                       | 15     | 30         |
| ADDIE Model                      | 17     | 34         |
| TOTAL                            | 50     | 100        |

In this study, to develop STEM engineering design process activities, ADDIE instructional design model was used. Phases of which are;

- Analysis Phase
- Design Phase
- Development Phase
- Implementation Phase
- Evaluation Phase

Those five steps become guidelines to development of a STEM activity. All five steps are explained in the following titles according to activities developed for this study.

### ***Step 1: Analysis Phase***

In the analysis phase, educators observe the needs of the learners (Cheung, 2016) and determine context-based scenario, topic and subject, target group, educational goals and instructional objectives. Therefore, in the activities, context-based scenarios which contain ill-defined and daily life problems, criteria, limitations and restrictions about the required model exist. Based on context-based scenario needs, the activities have high school physics topics and subjects

### ***Step 2: Design Phase***

Educators should create blueprints about delivering instruction and determine the teaching strategy, method and lesson plan (Cheung, 2016). Therefore, the researcher arranged STEM activities according to inquiry-based learning principles and designed engineering design processes for applying processes of STEM lecture.

### ***Step 3: Development Phase***

After making planning, learning materials should be produced (Cheung, 2016). As learning materials, the researcher produced the STEM lesson plans, the teacher guide sheets and the student handouts. The researcher planned STEM lessons for teachers to implement a STEM basis in their lectures, the student handouts for students to take note of the important points during the lesson, and the teacher guide sheets for teachers to help teachers during applying the STEM activities to students.

As a result, according to the ADDIE model, three STEM activities were developed which are an earthquake resistant concrete building design, an earthquake resistant wooden building design and the technologies design to prevent buildings from earthquake activities were formed. Preparation time for an earthquake resistant concrete building design activity has lasted one and a half months, for an earthquake resistant wooden building design activity has lasted three weeks, and for the technologies design to prevent buildings from earthquake activities has lasted three weeks. Development process of three STEM activities for this study are elaborated in the Activity Development Process in Section 3.4.

#### ***Step 4: Implementation Phase***

In this section, it is expected to apply prepared materials to learner groups to be ensure the tool familiar with the content and course goals (Cheung, 2016) so STEM activities have been applied to the students and the teachers.

#### ***Step 5: Evaluation Phase***

In this stage, the instructional designers assess whether the activities delivered the desired results and evaluate the impact of the activities based on feedback from the students, surveys and tests (Reinbold, 2013). Therefore, in this study, feedback for activities was taken from the researcher observation and the interviews were conducted with the participants

### **2.2. How Should STEM Activity Applied in the Lessons?**

When conducted researches are examined, it is seen that there are many ways pursued to application of STEM activities. In the process of STEM activity implementations in classrooms, different learning strategies, models, methods and techniques are used. Some of them are explained below.

One of the models used for STEM lessons is 5e instructional model of which phases are engage, explore, explain, elaborate, and evaluate (Dass, 2015). It is seen applicable in lectures since the 5e model is based on a constructivist approach to learning and each phase increases students' comprehensive scientific and technological knowledge and teachers' coherent instruction (Bybee, 2009). Yıldırım and Altun (2015) have applied STEM activity as a 5e model for their research to examine the effect of STEM education on science laboratory courses. Semi-experimental research design was used. 83 science preservice teachers participated in the study and they were divided into control and experimental groups. Their activity during the 2013-2014 fall period has been applied as follows: During the class hour, at the beginning materials are given to students. In the engage part, the teacher is attracting students' interest to the topic with videos, animations, images or

pictures which must be related with the topic and giving knowledge to the students about what they should do. In the explore part, students are searching essential information and teachers are sharing information during the explain phase. After forming a basis, students are releasing a product with given materials in the elaborate part. Finally, evaluation is made to understand whether students understand topic or not. The study of Yıldırım and Altun (2015) showed that STEM education being implemented based on the 5e model affected the improvement of students' academic achievements.

According to Jong, Sotiriou, and Gillet (2014), online labs are seen as innovations in STEM education. They are science laboratories with adapting computer technology. Jong et al. (2014) distinguish online labs to three types as a virtual laboratory in which simulated equipment are used, remote laboratories facilitating real physical equipment and dataset. Those labs cause integration of STEM education to science lessons with providing students with better conceptual knowledge. Transforming lessons into STEM-based lessons is accomplished through students' ideas, observations, questions and analysis. In online labs used in STEM education, rather than transferring knowledge to learners directly, learners make an inference and reach the knowledge (Jong et al., 2014). Also, online labs play a valuable role in STEM education since, in virtual laboratories, students have the chance to use simulation to solve problems and to acquire 21<sup>st</sup> century skills (d'Angelo, Rutstein, Harris, Bernard, Borokhovski, & Haertel, 2014).

Also, STEM activities can be applied in laboratories with taking based on inquiry based approach. This approach is frequently used in STEM education, since the basis of the STEM education is conducting research and learning of the result of this research. The main purpose of research based learning is to enable students to gain 21<sup>st</sup> century skills by inquiry, gaining learning skills and developing a positive attitude toward learning (NSES, 1996). In this approach, students hypothesize about the result of the experiment being made to solve a problem. After that, students design experiments according to hypotheses, make observations and carry out an experiment, record data, analyze and interpret the results (Demirkıran, 2016).

Likewise, in STEM-based education, students try to find solutions to daily life problems, collecting information, analyzing or observing and making conclusions from data. Also, since STEM education integrated with inquiry-based approach helps students thinking critically, making progress in creativity and having a positive attitude towards science, inquiry-based approach is applicable for STEM education. (Bybee, 2013).

STEM applications can be made for mastery learning (Yıldırım & Selvi, 2017). Yıldırım and Selvi (2017) conducted research to observe the effect of STEM applications with mastery learning on students' motivation and academic achievement. They designed STEM activities adapted to mastery learning with choosing outcomes being suitable for STEM education. Then, STEM lessons were formed to mastery learning processes like determining goals or objectives, giving time to learners to critical thinking and evaluation. As a result of the research, STEM applications with mastery learning affects students' motivations and academic achievement positively.

STEM activities can be developed according to problem based learning. It directs the focus of problems to learning. As being STEM education steps, open ended problems founded in daily life are determined and causes of problem and solutions ways are explored. At the end, a product is produced to solve problems like STEM education (Üçüncüoğlu & Altan, 2017).

Lou, Shih, Diez, and Tseng (2010) conducted a study about the effect of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration with 40 girls from 10<sup>th</sup> grade in high schools. Data were collected by the contents of interviews. Findings suggested that problem based learning methods are providing opportunities to students to make STEM knowledge integration.

Another current instructional strategy is STEM project-based learning (PBL) which is a combination of a background of project based learning and science, technology, engineering, and mathematics embedded in lessons. Inside of it, group activities and working, open ended questions, problem solving, and interdisciplinary curriculums

exist. Lecturers make a STEM PBL lesson plan and tasks are taken from real life contexts. Implementations are made in groups and students use their content knowledge to conduct projects (Han, Capraro, & Capraro, 2015). Rather than teacher centered learning, student centered is dominant in the STEM PBL classrooms and teachers play a guiding role. Besides student centered, formative assessment, interdisciplinary, community-based learning environments, technology based and engineering based activities are some features of STEM PBL.

Project-based learning provides important opportunities for bonding of disciplines. Because of this feature, project based learning is widely used in STEM training and in the integration of four STEM fields (Yurtluk, 2005). Han, Capraro and Capraro (2015) conducted a study with 836 students from 3 different high schools to examine the effect of STEM PBL on students' achievement. Teachers who attended the study got education from the STEM center and have applied for the STEM PBL once every six weeks for three years. Longitudinal study was made and hierarchical linear modeling has been used. Results implied that low performing students are benefited pretty much from STEM PBL.

Conducting studies show that interdisciplinary STEM PBL enhances students' understanding of their environment (Fulton & Britton, 2011). According to Capraro and Jones (2013), PBL is suitable for STEM due to integration of disciplines and involving academic disciplines. In STEM PBL, students labor with interdisciplinary inquiries. Ill-defined tasks, well defined outcomes, comprehensive curriculum, multidisciplinary, success based on performance, culminating performance and cooperative learning are some components of STEM PBL (Capraro & Jones, 2013).

To produce products, STEM PBL content should cover the objectives which are applicable for hands on activities (Capraro & Slough, 2013). Principles of design of PBL are visible thinking, accessible content, learning from others and lifelong learning. Prior knowledge, revision, feedback, reflection and metacognition are emphasized by learning sciences (Slough & Milam, 2013).

Hakim, Sulatri, Mudrikah, and Ahmatika (2019) conducted a study about STEM PBL using the 4D development model of Thiagarajan, Semmel, and Semmel (1974). Initially, they designed unit models of STEM based learning and analyzed subject matter content in mathematics curriculum, then innovated content learning with integration science, technology, engineering and PBL models. Also, with using learning tools and materials, experimental designs are prepared according to PBL model integrated STEM. Finally, authentic assessment and performance assessments are used to assess students' performance and products (Hakim et al., 2019). Integration of STEM and PBL models are illustrated in Figure 2.1.

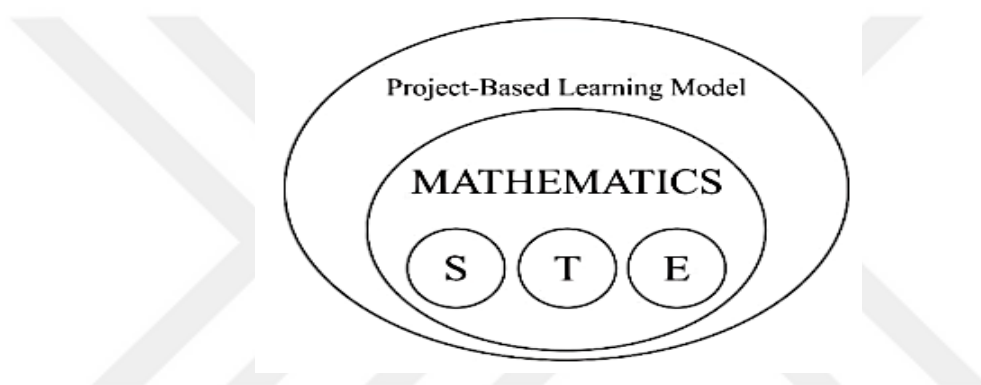


Figure 2.1. Development patterns of STEM project-based learning models (Hakim et al., 2019)

Another approach to apply STEM education is Engineering Design Process (EDP). STEM can be applied with the following engineering design process like identifying problems, designing, making and testing and integration of science and mathematics concepts. Information technology courses which are development, support, design, system integration services, multimedia, management of software and hardware are also added to applications of STEM (Plasman & Gottfried, 2018).

Morgan, Moon and Barroso (2013) indicates that 21<sup>st</sup> century curricula focus on engineering design process. To find a solution for well-defined problems, a design process is followed. Defining problems, collecting information, analyzing, developing solutions, presentation of ideas and getting feedback and improving own

design are steps of the designing process. Besides that, engineering design is utilized by identifying needs and constraints, researching problems, developing possible solutions, selecting promising solutions, building a prototype, testing, improving and redesigning as needed.

### **2.2.1. Engineering Design Process and Integration of STEM in Engineering Design Process**

According to Truesdell (2014), Engineering Design Process (EDP) is the way used by engineers to solve the problem. The purpose of the engineering design process, like the purpose of the STEM education, is producing high quality solutions for problems rather than just building products (Hynes, Portsmouth, Dare, Milto, Rogers & Hammer, 2011).

For solving real world problems, many models for EDP were developed. Some of them are UTeachEngineering model, Massachusetts model and Hynes et al. model. UTeachEngineering program consists of engineering education program and high level engineering practices so it is suitable for university students. It consists of six steps and each section is separated in itself those are identifying need, describing need and characterizing systems, generating concepts and selecting concepts, embodying the concepts and testing, finalizing and sharing design and evolution of the design (Farmer, Allen, Berland, Crawford, & Guerra, 2012). For integration of the engineering process to the high school science program, engineering educators in education department of Massachusetts built a student focused model to be a guide

for curriculum coordinators and teachers as shown in Figure 2.2. This model can be used from kindergarten through high school (Householder & Hailey, 2012).

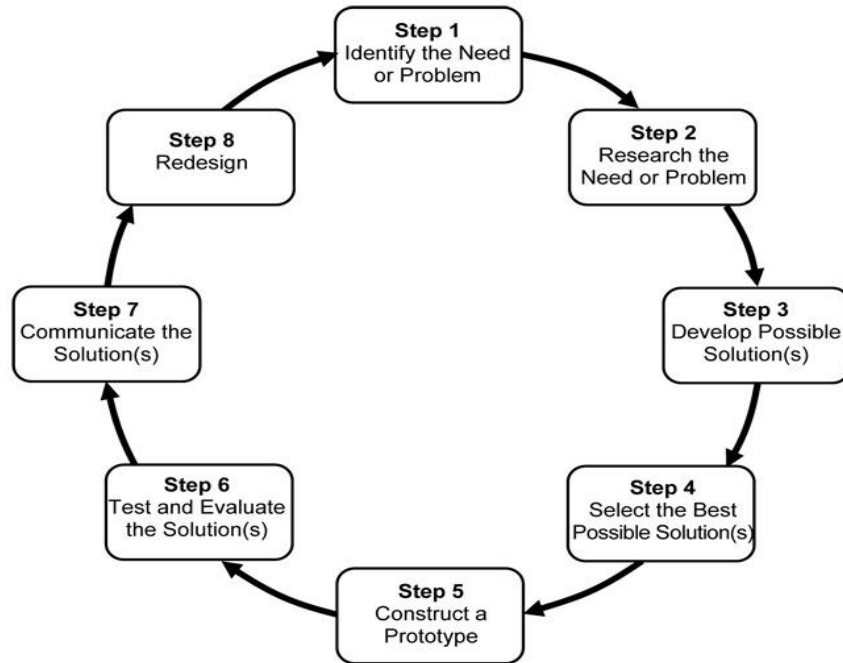


Figure 2.2. Massachusetts engineering design process (Massachusetts Department of Education, 2006)

Then, National Center for Engineering and Technology Education members grow the engineering design process by adding completion decision steps and making them more complex as seen in Figure 2.3. Also, it can be used for high school STEM courses (Hynes et al., 2011).

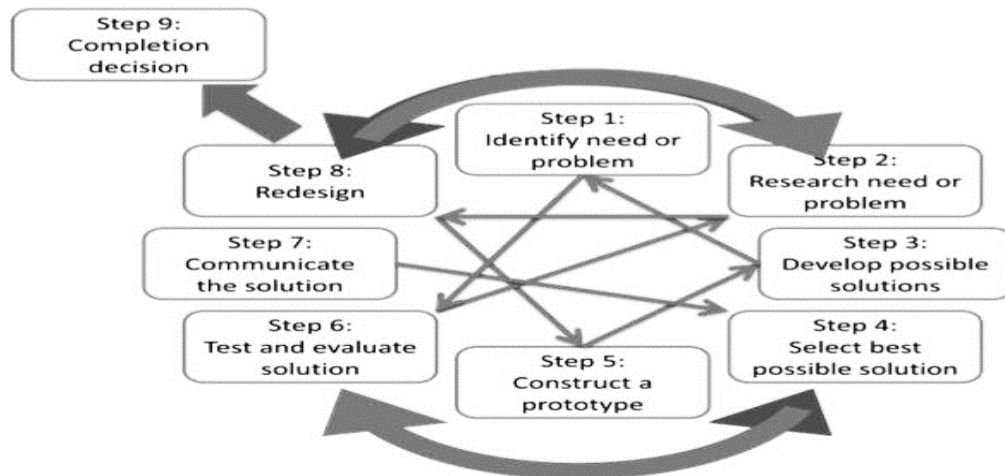


Figure 2.3. Engineering design process (Hynes et al., 2011).

First step is identifying the problem. This step comprises a basis for design thinking and process grows around problems so educators should spend so much time to build an applicable problem for design (Atman, Adams, Cardell, Turns, Mosborg, & Saleem, 2007). Problems used in STEM education, like used in EDP, lead students to both design and acquire knowledge and skills related to STEM fields (Kolodner, 2002).

To develop critical thinking and problem solving skills, ill-structured and open-ended problems should be presented to students (Hynes et al., 2011; Jonassen, 1997; Mentzer, Huffman, & Thayer, 2014). According to Greenwald (2000), ill-defined problems are like:

“,,,unclear and raises questions about what is known, what needs to be known, and how the answer can be found. Because the problem is unclear, there are many ways to solve it, and the solutions are influenced by ones’ vantage point and experience” (p. 28).

Many researches emphasize that the problem should be chosen from real world situations rather than hypothetical questions to enhance students’ understanding about subjects (Householder & Hailey, 2012; Hynes et al., 2011).

Second step is research needs. Students are conducting research about the problem with asking questions to educators to understand what they will exactly do. Rather than using the first solution that comes to mind, to be well- informed to solve it, students search needs for problem by asking questions like how, for whom, where will be used, what are the functions...etc. (Atman et. al., 2007).

Third step is developing possible solutions. Imagination, brainstorming and teamwork occur fundamentals of step. Students develop solutions for and discuss them between each other (Carlson, Cooper, & Zarske, 2008). Due to the brainstorming, multiple potential solutions and substantial numbers of ideas are produced by students (Osborn, 1953). Therefore, in this step, educators support and encourage students to brainstorm and share ideas.

Fourth step is selecting the best solution. Students make research about technique, method and material to be used in construction and analyze the similar solutions generated for similar problems so their perspective becomes broadened and a number of varying ideas enhance (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005). Then, students could list required materials, features of the model and building phases. Finally, all ideas are gathered together and the best design proposal is determined (May, 2018).

Fifth step is constructing a prototype. To convert images to the real, students construct models which provide a curriculum basis of mathematics, science and technology. Elliot (2006) suggested that construction of a prototype is not fixed to standardized to make it better than other, it occurs according to students' wide range skills so mastery goals (being unique) are preferred rather than performance goals (being better). Therefore, at the end, many different models are built in terms of functions, features and physical appearance. Also, Householder and Hailey (2012) claimed that generating product is not imperative in engineering design but constructing a physical prototype and testing it causes beneficial to high school students.

Sixth step is testing and evaluating solutions. Analyzing what works and what does not work is the most crucial phase of the engineering design process as it can cause

making products again. As a result of testing, redesign is made to improve design so students are aware that their products have not finished yet. Terivasan, Davis, Crai, Clakins, and Gentili (1998) claimed that high school students can prepare tests to evaluate their own process and solutions while elementary students need support by educators.

Seventh step is communication of solutions. Students share their prototypes' features, used materials, followed stages, results and limitations with understandable language (Gassert & Milkowski, 2005;). To make communication by clear explanations, students can use schemas, written documents, graphs, constructions or sketches (Hynes et al., 2011).

In step eight, by all criteria and requirements taking into consideration, models are constructed again. Students resettle products to troubleshoot problems, eliminate missing aspects and mistake parts (Science Buddies, n.d.). In the last step, students reach their intended aim via the final version of their prototypes and determine about completing all missions.

Hynes et al. (2015) drew attention to the importance of the engineering design process and integration of it with STEM. They said that:

“...it is important to remember that throughout this process, students are constantly evaluating and testing their ideas, repeating steps as necessary and sometimes even restarting from the beginning. Occasionally the original idea will have some initial overlooked flaw or a different approach may become apparent through work on the challenge. By integrating this process into already standard STEM courses, students will gain an improved attitude toward and understanding of engineering. Through the act of presenting their work to such groups as teachers, peers, and family members, students can obtain an appreciative attitude towards engineering. We believe that it is critical that engineering design challenges and curricula be intentional in the development of student process skills and mindful of this in the design of the activities for students” (p.12).

When many studies are examined, it is indicated that the engineering design process is followed to apply STEM activities. Among many educational approaches for STEM application like project based learning, 5e model and problem based learning, engineering design process naturally integrates the disciplines of STEM as it requires the use of basic engineering knowledge and skills and the principles of science and mathematics (Cantrell, Itani, Pekcan, & Velasquez-Bryant, 2006; Felix, 2010; Householder & Hailey, 2012; NAE & NRC, 2009).

Siew (2017) conducted the study in Malaysia to evaluate the learning experience of students using the STEM EDP approach. 89 students from rural secondary school participated in a ten-hour program to produce three different prototypes. Data collected from teachers' field notes and open ended questions. It was founded that the STEM-EDP approach improves students' thinking and problem solving skills and also increases students' creativity.

Many researchers claim that to teach students with STEM content, STEM curricula should be adopted to the engineering design process (Mehalik, Doppelt, & Schunn, 2008; Schunn, 2009). Also, according to some researchers engineering design is the best way to integrate four disciplines of STEM since it creates opportunity systematically to solve problems in STEM field and it causes applying science knowledge and science inquiry (Barnett & Hodson 2001; Frykholm & Glasson, 2005; NAE & NRC, 2009; NRC, 2012). Besides that, EDP leads gaining many 21<sup>st</sup> century skills. Innovation and learning skills, career and life skills and information, technology and media skills that are expected to be gained by STEM education are given by the engineering design process (Truesdell, 2014). Therefore, the engineering design process is considered a suitable method for application of STEM activities developed in this study.

### **2.3. Summaries of the Literature Review**

STEM is an educational approach making integration of Science, Technology, Engineering and Mathematics. Numerous articles indicate different interpretations of STEM education. Most prevalent of them is defining STEM education disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary approaches (Burke et al., 2014; Honey et al., 2014; Moore & Smith, 2014; Vasquez et al., 2013). In this study, science, engineering, technology and mathematics disciplines have been integrated to the STEM activities by dependent on each other so interdisciplinary approaches are seen dominantly. STEM contains twenty-first century skills focusing on innovation, creativity, critical thinking, problem solving, inquiry processes and disciplinary knowledge (English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011).

When literature reviewed, it is seen that there are some instructional models to show the developing template of STEM activities. One of the instructional design models is ADDIE model which is the abbreviation of Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation. Educators choose the ADDIE model to prepare personalized and meaningful teaching and learning environment for their students (Reiser & Dempsey, 2007) because ADDIE model can be applicable whether online or face-to-face in all environments when its' all steps are followed (Aldoobie, 2015). Also, the ADDIE model helps for designers to think about different steps of instructional design and lecture design (Kuo, 2013).

When many studies are examined, it is indicated that the engineering design process is followed to apply STEM activities. Among many educational approaches for STEM application, engineering design process naturally integrates the disciplines of STEM as it requires the use of basic engineering knowledge and skills and the principles of science and mathematics (Apeda & Schunn, 2009; Cantrell, Itani, Pekcan & Velasquez-Bryant, 2006; Felix, 2010; Householder & Hailey, 2012; Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000; Mehalik, Doppelt, & Schunn, 2008; NAE & NRC, 2009; Schunn, 2009).

When the literature is reviewed, most of the resources are about the meaning of the STEM education, the importance of education systems being integrated to STEM and measuring the effects of the STEM education on students and teacher candidates. However, studies related to development of the STEM activities and implementation of the STEM activities take up little areas in the literature. STEM activities should have some features and they should be developed to basis on the STEM principles. However, many existing studies related to the STEM activities have various deficiencies. The most common deficiency is the lack of daily life problems. An activity which is created as having STEM features should be built on any specific problem from daily life and progress to overcome that problem. Also, inaccuracies are observed in integration of the four disciplines which are science, technology, engineering and mathematics since our country does not have engineering and technology curriculum in high school level. Therefore, absence of the curriculum causes writing activities without integrating them into four disciplines.

## **CHAPTER 3**

### **METHODOLOGY**

The aim of this chapter is to express research design, instructional design model, sample of the study, processes for developing activities, processes for applying activities, data collection tools and data analysis.

#### **3.1. Research Design**

In this study, the Educational Design Based Research (DBR) method was used for the purpose of developing STEM activities. Design based research is systematic and flexible methodology of which goal is to improve educational practices through repetitive analysis, development, implementation and design (Wang & Hannafin, 2005).

Design based research consists of three stages (Nieveen & Folmer, 2013);

- Preliminary research (exploration)
- Development of prototype (construction)
- Evaluation (reflection)

This study was conducted according to three stages of design based research and those stages are summarized in Figure 3.1.

### **A. PRELIMINARY RESEARCH**

1. Defining Problem
2. Reviewing Literature
3. Determine the needs for STEM education
4. Determine the features of STEM activities
5. Determine the development processes of STEM activities
6. Determine the implementation processes of STEM activities



### **B. DEVELOPMENT OF PROTOTYPE**

7. Planning data collection tools
8. Planning data collection processes.
9. Development first prototypes of STEM activities with existing design principles and theories
10. Sending to supervisor and getting feedbacks
11. Revising activities
12. Checking grammar



### **C. EVALUATION**

13. Implementation of the STEM activities
14. Collection of data
15. Correction and renewal of the activities
16. Revision of the activities
17. Having the last version of the instructional materials
18. Writing thesis

Figure 3.1. Steps of design-based research for this study

Preliminary research stage involves the theoretical framework of the research, temporary design principles, literature review, needs and context analysis processes (Plomp, 2013) so for this study conceptual framework is determined by systematic analysis of processes. Needs for STEM education is determined and the principles about design based on this need are compiled from the literature. Research about STEM instrument development and implementation of STEM education are searched, and it is analyzed how STEM activities are developed and applied in classrooms.

In the prototype stage, the process of developing, evaluating and reviewing many prototypes for activities are repeated. In this way, the training activities being developed and the design principles that emerge together are reviewed and developed (Plomp, 2013). Depending on the design principles, the first prototypes of STEM activities are created and sent to a supervisor to make formative assessment in STEM teaching content. According to feedback, necessary arrangements are made in STEM activities and the sections deemed necessary in the activities and lesson plans, teacher guide sheets and student handouts which are reviewed for field experts' views, are redesigned.

In the last stage of DBR which is evaluation, the process of determining the effectiveness of the intervention actually applied to students in a generally determined learning environment is evaluated and according to result, activities are redesigned (Nieveen & Folmer, 2013). In this study, the usability of STEM activities in physics classes are evaluated by applying to high school students. As a result of the analysis of tools applied to the students and the teachers, the course design and activities are regenerated. Teachers' and students' views and researcher' observations are helped to acquire the last version of activity.

Herrington, McKenney, Reeves, and Olives (2007) claimed that design-based research has two valuable outputs: scientific outputs and designed products. For this study, scientific outputs and designed products are STEM activity lesson plans, teacher guide sheets, student handouts, observation forms, and interview forms.

### 3.2. Participants

The study group involved 21 participants which were 10<sup>th</sup> grade 18 students from Anatolia high school which is placed at Eskil district in Aksaray and three physics teachers. 18 students were selected from 40 applicants according to 9<sup>th</sup> grade cumulative grade points and gender. Physics teacher participants weren't chosen by any criteria. Since the purpose of the study is not making generalization, there is no sample and population in this study. The researcher created an invitation form to select the students (see Appendix H for Invitation Form). This form consists of fundamental information of the applicants like name, surname, gender and mail address. Besides that, cumulative point information was included to determine student's success levels. Prepared form has been shared in the school WhatsApp group and students filled and sent to the researcher.

To select the participants, purposive sampling is used. To get heterogeneous groups with success level and gender, all groups involved two students with high level success, two students with medium level and two students with low level and so the total number of group members became six. As a result, totally 18 students joined to study, after applying for three activities in groups with six members. While the students attended activities as a group, teacher participants joined activities individually. Success criteria was determined on the basis of individuals' cumulative points of 9<sup>th</sup> grade. According to the information in the legislation of the Ministry of National Education, passing grade and other success degrees are listed as follows: 85,00-100 excellent, 70,00-84,99 good, 60,00-69,99 middle, 50,00-59,99 passable, 0-49,99 failure. Based on this information, it is decided that 0-59 grade points are in low level, 60-84 points are in medium and 85-100 points are for high level success. Since particular attention has been paid to gender distribution of the participants, each group consisted of male and female students. Via delivering the invitation form (see Appendix H for invitation form), the students' average grade points and genders were obtained. Cumulative grade points, genders and ages of the students

participated in the first activity, the second activity and the third activity are presented respectively in Table 3.1, Table 3.2, and Table 3.3.

For all three activities, among 18 students, there were 11 females and there were 7 males. According to the 9<sup>th</sup> grade point averages, the range of points of the students were between 51.1 and 86.8. Mean value of grade point averages of 18 students were 70.64. Students' ages were 15 and 16. There were 16 students with 15 age and percentage of them was 89%. There were 2 students with 16 age and the percentage of them was 11%. For three activities, gender distribution, age distribution, cumulative grade points distribution and mean value of average cumulative grade points are presented in Table 3.4.

Table 3.1. The Students' Information Participated in The First Activity

| Students                             | Cumulative Grade Points | Gender | Age |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|-----|
| 1. Student with high level success   | 85.7                    | Female | 15  |
| 2. Student with high level success   | 86.25                   | Female | 15  |
| 3. Student with medium level success | 78.0                    | Male   | 15  |
| 4. Student with medium level success | 69.3                    | Female | 15  |
| 5. Student with low level success    | 57.5                    | Female | 15  |
| 6. Student with low level success    | 51.1                    | Male   | 16  |

Table 3.2. The Students' Information Participated in the Second Activity

| Students                           | Cumulative Grade Points | Gender | Age |
|------------------------------------|-------------------------|--------|-----|
| 1. Student with high level success | 86.8                    | Female | 15  |
| 2. Student with high level success | 85.22                   | Male   | 15  |

Table 3.2 (continued)

| Students                             | Cumulative Grade Points | Gender | Age |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|-----|
| 3. Student with medium level success | 75.4                    | Male   | 15  |
| 4. Student with medium level success | 75.33                   | Female | 15  |
| 5. Student with low level success    | 57.56                   | Female | 15  |
| 6. Student with low level success    | 53.8                    | Male   | 15  |

Table 3.3. The Students' Information Participated in the Third Activity

| Students                             | Cumulative Grade Points | Gender | Age |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|-----|
| 1. Student with high level success   | 86.2                    | Male   | 15  |
| 2. Student with high level success   | 85.3                    | Male   | 15  |
| 3. Student with medium level success | 70.48                   | Female | 15  |
| 4. Student with medium level success | 68.3                    | Female | 15  |
| 5. Student with low level success    | 58.34                   | Female | 15  |
| 6. Student with low level success    | 52                      | Female | 16  |

Table 3.4. Gender, Age and Cumulative Distributions for the Three STEM Activities

|                                               |                  |                |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------|
| Gender Distribution                           | 61.2 %<br>Female | 38.8 %<br>Male |
| Age Distribution                              | 89 % 15 Age      | 11% 16 Age     |
| Cumulative Grade Points Distribution          | Min. 51.1        | Max. 86.8      |
| Mean Value of Average Cumulative Grade Points | 70.64            |                |

Besides students, the three physics teachers attended the activities. All teachers were female and their ages 23, 24 and 27. Two teachers had one-year of experience in the private schools and a teacher had three years of experience in the private schools. Heretofore, while the teachers with one-year of experience have not given earthquake lessons in the physics course, the other teacher has given two times. All of them were conscious about STEM education but they have not been involved in any STEM activities as learners.

A physics teacher has led all three STEM activities to the students. This teacher has been defined as the instructor in this study. She was 29 years old and had 4-year experience in the private schools. She was aware about STEM education and has implemented some STEM activities to her students before. Also, she gave lectures about the earthquake waves several times.

### **3.3. Procedure**

The procedure followed from the initial of this study to the end of writing of the thesis is described below. The process generally is planned in order with respect to time. The main steps in the process is as follows:

- Determination of the research problem
- Determination of the key word related with research problem
- Literature review
- Reading sources obtained from the literature review
- Determination of the target group
- Determination of topic and objectives from curriculums
- Writing the context-based scenarios
- Development of the instructional materials including lesson plans, teacher activity guide sheets and student handouts

- Development of the data collection tools which are semi-structured interviews with the students, semi-structured interviews with the teachers, semi-structured interview with the instructor and observation form
- Implementation of the instructional materials
- Application of the data collection tools
- Revision of the instructional materials
- Writing the thesis

In the following paragraphs, those steps are explained concisely. After determining the research problem, the keywords were specified which are STEM, STEM education, STEM activities, STEM Engineering Design Process activities. To search the keywords, METU Library Theses and Dissertations, ProQuest, ERIC and ResearchGate data bases were used. Obtained sources were examined in terms of contributions to this study and this step lasted about 6 months.

After the comprehensive literature review, the target group were identified as being 10<sup>th</sup> grade and above students in Turkey. According to the target group, high school physics topics and subjects were chosen. As a topic and subject, earthquake waves were determined. Based on the topic and subjects, science, technology, mathematics, engineering and social skills objectives were specified. While science, mathematics and technology objectives were obtained through curriculums of the Ministry of National Education, engineering and social skill objectives were acquired from national and international literature, conducted research and thesis. This step lasted approximately 2 weeks.

Then, context-based scenarios for each activity which contains ill-defined and daily life problems, criteria, limitations and restrictions about the required model were written. Scenarios are related to the largest earthquake recorded in Erzincan province of Turkey in the last 100 years. Writing the context-based scenario took a month.

Based on the context-based scenario, the researcher has prepared three STEM activities which are an earthquake resistant concrete building design, an earthquake resistant wooden building design and the technologies design to prevent buildings

from earthquake activities. Each activity consists of a lesson plan, student handout and teacher activity guide sheet. All the STEM activities were analyzed by the supervisor. This step of the research lasted approximately 5 months.

Then, data collection tools were formed by the researcher. The semi-structured interviews with the students, the semi-structured interviews with the teachers, the semi-structured interview with the instructor and the observation form were prepared for 2 weeks.

Subsequently, the researcher implemented three STEM activities as a pilot study. The purpose of the implementation process was to identify the problems in the activity materials and to revise them. All the implementations were carried out in the online platform. After the online lessons, the participants constructed their own products and the researcher went separately to their home to test the products. Each activity was tested with six different students. The instructor, who is a physics teacher, led the three activities applied on the students, conducted every process of the activities and guided the students. During the implementations of the activities, the researcher made classroom observation and provided support to the instructor. Apart from the students, each activity was implemented to a physics teacher by the researcher. After finishing the implementation of each activity, the researcher did the interview with the students, the teachers, and the instructor separately. The interviews with the students were conducted as a group but the interviews with the teachers and the instructors were done one by one. Application of the activities and interview processes totally lasted 2 months for the three activities.

Subsequently, according to the findings from implementations of three STEM activities, all revisions were made in each activity. Then, the researcher wrote the results of this study and concluded the thesis in 2 months.

### 3.4. Activity Development Process

To develop STEM engineering design process activities, ADDIE instructional design model was used in lesson plans, teacher guide sheets and student handouts. Phases of which are analysis, design, development, implementation and evaluation. Those five steps become guidelines to development of STEM EDP activities. All five steps are explained in the following titles according to activities developed for this study.

In the analysis phase, context-based scenario, topic and subject, target group, educational goals and instructional objectives were determined. All of them for STEM activities were ascertained in below.

*Context-based scenario:* At the beginning, context-based scenario which contains ill-defined and daily life problems, criteria, limitations and restrictions about the required model were written. Scenarios are related to the largest earthquake recorded in Erzincan province of Turkey in the last 100 years.

*Determine topics:* Based on context-based scenario needs, high school physics topics and subjects were chosen. As a topic and subject, earthquake waves were determined. As a result, an earthquake resistant concrete building design, an earthquake resistant wooden building design and the technologies design to prevent buildings from earthquake activities were formed.

*Target group:* 10<sup>th</sup> grade and above students were targeted in Turkey.

*Determine objectives:* Before writing activity, targets expected by students were determined. In here, targets are science, technology, mathematics and engineering objectives. As science outcomes, 10<sup>th</sup> grade physics objectives being applicable for STEM principles were taken from the secondary physics curriculum of the Ministry of National Education published in 2018. Suitable technology outcomes were taken from middle school (7<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> grades) technology and design curriculum of the Ministry of National Education, 2018. Also, mathematical objectives were chosen

from the middle school mathematics curriculum of the Ministry of National Education published in 2018. Finally, engineering objectives and social skill objectives were acquired from national and international literature, conducted research and thesis.

In the design phase, the researcher arranged STEM activities according to inquiry-based learning principles and designed engineering design processes for applying processes of STEM lecture.

Also, in the development phase, as learning materials, the researcher produced the STEM lesson plans, the teacher guide sheets and the student handouts. The researcher planned STEM lessons for teachers to implement a STEM basis in their lectures. The STEM lesson plans (see Appendix A.1, Appendix B.1, and Appendix C.1 for revised lesson plans) involve grade level, unit, chapter, objectives, instructional materials, technologies and course content. In the course content part, the lessons were described and each section was explained in detail and every sentence used by teachers during the lecture were expressed. Course content in the lesson plan was written according to seven stages of engineering design processes which are identifying problem, collecting information, producing solutions, selecting the best solution, constructing a prototype, testing prototype and redesigning and evaluating. Also, the student handouts were prepared for students to take note of the important points during the lesson, to be directed for activity and to do exercises related to the subject after class (see Appendix A.2, Appendix B.2, and Appendix C.2 for revised student handouts). Some parts were placed in it to write desired features about model, limitations, features of model and necessary materials specified by students and to draw a draft of the model. Besides the lesson plans, the teacher guide sheets (see Appendix A.3, Appendix B.3, and Appendix C.3 for revised teacher guide sheets) were formed to help teachers during applying the STEM activities to students. The teacher guide sheets include answers of questions which are asked in the lesson plans and filled in the spaces left as blanks in the lesson plans. After the materials have been created, written lesson plans for STEM activities were sent to a supervisor and according to their interpretations and evaluations,

missing and error are removed. Also, activities were implemented to the students according to feedback, instruments were written again. After the improving and development process, final design for application is decided. At the end, lesson plan, teacher guide sheet and student handout for three STEM activities which are designing earthquake resistant concrete building, designing earthquake resistant wooden building and applying earthquake technologies to buildings were developed.

Moreover, in the implementation phase of the ADDIE model, three STEM activities were applied according to the Engineering Design Process. Activities produced for this study have been applied to both the students and the physics teachers. 18 10<sup>th</sup> grade students in Anatolia High School and the three physics teachers from different places attended to the activities. The activities were implemented to the students by the instructor who is a physics teacher. In this study, the instructor word is used rather than physics teacher in order to not confuse with the other three physics teachers. Also, the activities were implemented to three physics teachers by the researcher. Due to the pandemic, all the implementations were carried out in the online platform which is a ZOOM application. Implementation phase is elaborated in the Activity Applying Process in Section 3.6.

Lastly, in the evaluation phase, STEM activity materials were evaluated according to effectiveness of the activities. By using summative assessment, feedback was taken from the researcher observation and the interviews were conducted with the students, the teachers and the instructor.

### **3.5. Instructional Materials**

For this study, three STEM EDP activities were written with the basis of the ADDIE instructional model and applied according to the engineering design process. All activities have a lesson plan, teacher guide sheet, and student handout. In this part, activity elements will be defined as follows.

### **3.5.1. Lesson Plans**

The researcher planned STEM lessons for teachers to implement a STEM basis in their lectures. For this study, the three lesson plans were formed according to objectives and context-based scenarios which have an ill-defined problem and related with daily life issues. Scenarios for three lesson plans built on the largest earthquake recorded in Turkey in the last 100 years. According to the earthquake topic, the lesson plans were designed to make earthquake resistant concrete buildings, earthquake resistant wooden buildings and buildings with earthquake technologies. Also, objectives of science, technology, engineering, mathematics disciplines and social skills were integrated into the lesson plans.

The STEM lesson plans (see Appendix A.1, Appendix B.1, and Appendix C.1 for revised lesson plans) involve grade level, unit, chapter, objectives, instructional materials, technologies and course content. In the course content part, the lessons were described and each section was explained in detail and every sentence used by teachers during the lecture were expressed. Course content in the lesson plan was written according to seven stages of engineering design processes. Teachers and students should follow those seven stages during the STEM lesson which are;

- Identify the problem
- Collect information
- Develop solutions
- Select the best solution
- Construct a prototype
- Test prototype and redesign
- Evaluate

Identifying the problem part consists of dividing students into groups, distribution of handouts, analyzing of the scenario to find the problem, needs, limitations and

restrictions. Collecting information part contains determining research questions, making research, answering the research questions, determining disciplines and objectives, finding variables and testing them. Making scaling calculations, determining evaluation criteria, creating a product evaluation form and making a product plan for solution were steps of the producing solutions part. Then, the best solution is selected. At the end, the product is produced and tested.

The first lesson plan, which is an earthquake resistant concrete building design, was produced according to the lesson lasting 1200 minutes in 8 days. This means that it takes 30 class hours to implement to the students. The second lesson plan, which is an earthquake resistant wooden building design, was produced according to the lesson lasting 670 minutes in 4 days. This means that it takes 17 class hours to implement to the students. The third lesson plan, which is the technologies design to prevent buildings from earthquake, was produced according to the lesson lasting 460 minutes in 3 days. This means that it takes 11 class hours to implement.

### **3.5.2. Student Activity Handouts**

Students activity handouts (see Appendix A.2, Appendix B.2, and Appendix C.2 for revised activity handouts) were prepared for each activity. Handouts have context-based scenarios, necessary explanations, notes and empty spaces to be filled by students when the time comes. They don't include expected answers from students, application steps and objectives. To follow courses easily and take notes, instructions for students were put inside the handout.

### **3.5.3. Teacher Activity Guide Sheets**

The teacher activity guide sheets (see Appendix A.3, Appendix B.3, and Appendix C.3 for revised teacher activity guide sheets) were produced for every activity to help educators during the implementation of STEM activities. The guide sheets include steps to follow, sentences teachers should use, photos of materials used to produce

the products and photos of construction stages of the products. The teacher activity guide sheets are the summaries of the lesson plans but unlike lesson plans, answers of the questions to ask students exist in the teacher guide sheets.

### **3.6. Activity Applying Process**

In this study, developed three STEM activities were applied on the basis of Engineering Design Processes (EDP) which are identifying the problem, collecting information, developing solutions, selecting the best solution, constructing a prototype, testing prototype and redesigning and evaluating. The three STEM activities were conducted to both the 18 10<sup>th</sup> grade students and the three physics teachers at different times.

Each activity was fulfilled with six different students. Any student participating in an activity did not participate in another activity. A physics teacher, who is named as the instructor in this study, led the three activities to the students. The instructor conducted every process of the activities and guided the students. Apart from the students, each activity was implemented to a physics teacher by the researcher. A teacher participating in an activity did not participate in another activity.

Due to the pandemic, all the implementations were carried out in an online platform which is a ZOOM application. The students attended online lessons and after the finishing online lessons, they produced products on their own. For this reason, each student constructed their own products and the researcher went separately to their home to test their products. Due to the same reason, the activities were conducted with the teachers as an online and after the end of online lessons, they produced wanted products. However, their products were not tested since both the pandemic and being more important of the process of the activity than the conclusion of the activity.

For the first activity, which is designing an earthquake resistant concrete building, the instructor, the researcher and the six students came together in an online platform

at two lesson hours per day and online lessons took six days. After the end of the online lessons, the students built their own concrete buildings individually. The construction of the concrete prototypes took five days since it took time for concrete to dry. Later, the researcher has tested six prototypes separately by going to every student's home since the students could not come together. While testing, videos were recorded to show products to other students in the activity later. The testing process was completed in two days. At the end, in the two online lessons, every video was watched together and the students' products were evaluated. In total, implementation of the first activity has passed 1200 minutes in 14 days.

Also, the first activity has been applied to a physics teacher by the researcher. To carry out activity, the researcher and the teacher came together in an online platform at two lesson hours per day and online lessons took six days. Then, the teacher produced a concrete building in five days. Due to not coming together, the teacher's product wasn't tested. However, the teacher's product evaluated whether it had the desired properties or not and the evaluation was made in a day. In total, the activity with the teacher took 12 days.

For the second activity, which is designing an earthquake resistant wooden building, the instructor, the researcher and the six students met together in an online platform at two lesson hours per day and online lessons took six days. After the end of the online lessons, the students built their own wooden buildings individually. The construction of the wooden prototypes took two days. Later, the researcher has tested six wooden prototypes separately by going to every student's home. While testing, videos were recorded to show products to other students in the activity later. The testing process was completed in two days. At the end, in the two online lessons, every video was watched together and the students' products were evaluated. Totally, this activity has passed 670 minutes in 11 days.

Also, the second activity has been applied to a physics teacher by the researcher. To carry out activity, the researcher and the teacher came together in an online platform at two lesson hours per day and online lessons took six days. Then, the teacher

produced a wooden building in a day. Due to not coming together, the teacher's product wasn't tested. However, the teacher's product evaluated whether it had the desired properties or not and the evaluation was made in a day. In total, the activity with the teacher took 8 days

For the third activity, which is applying earthquake technologies to buildings, the instructor, the researcher and the six students came together in an online platform at two lesson hours per day and online lessons took four days. After finishing the online lessons, the students applied technologies individually. The stage of applying the technologies took a day. Later, the researcher has tested prototypes of six students separately and while testing, videos were recorded. Testing process was completed in two days. At the end, in the two online lessons, each video was watched together and students' products were evaluated. Totally, this activity has passed 460 minutes in 8 days.

Also, this activity has been applied to a physics teacher by the researcher. To conduct the activity, the researcher and one physics teacher met on an online platform at two lesson hours per day and online lessons took four days. Then, the teacher produced buildings with the earthquake technologies in a day. Due to not coming together, teacher participant's products weren't tested. However, the teacher's product evaluated whether it had the desired properties or not and the evaluation was made in a day. In total, the activity with the teacher took 6 days. Passing time during the implementation of the three STEM activities both with the students and the teachers is showing Table 3.5.

At the end of each activity, the researcher did the interviews with the students, the teachers and the instructor. Also, during the implementations of the activities, the researcher made classroom observation and provided support to the instructor.

Table 3.5. Passing Time During the Implementation of the Three STEM Activities

| Passing Time During the Implementation of the Three STEM Activities |                |                            |                         |                            |            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|
|                                                                     | Online lessons | Construction of prototypes | Testing of the products | Evaluating of the products | Total time |
| The first activity with the students                                | 6 days         | 5 days                     | 2 days                  | 1 day                      | 14 days    |
| The first activity with a physics teacher                           | 6 days         | 5 days                     | -                       | 1 day                      | 12 days    |
| The second activity with the students                               | 6 days         | 2 days                     | 2 days                  | 1 day                      | 11 days    |
| The second activity with a physics teacher                          | 6 days         | 1 day                      | -                       | 1 day                      | 8 days     |
| The third activity with the students                                | 4 days         | 1 day                      | 2 days                  | 1 day                      | 8 days     |

Table 3.5 (*continued*)

|                                           |        |       |   |       |        |
|-------------------------------------------|--------|-------|---|-------|--------|
| The third activity with a physics teacher | 4 days | 1 day | - | 1 day | 6 days |
|-------------------------------------------|--------|-------|---|-------|--------|

### 3.7. Data Collection Tools

Data triangulation method leads to comparing consistency of information taken from different tools and contributes to reliability and internal validity of the findings (Patton, 2015). Therefore, in this study, the interview with the students, the physics teachers and the instructor were used. Also, the researcher has observed the students and the teacher, and took notes. The third tool for a data triangulation was the observation form about the instructor which was completed by the researcher. All data collection instruments were formed by the researcher examining the literature review.

Semi structured interview questions for the students (Appendix D), for the physics teachers (Appendix E) and for the instructor (Appendix F) and also the researcher observation form (Appendix G) are mentioned in the following sub-parts. Results of the interviews and researcher observations are given in Chapter 4.

#### 3.7.1. Interviews

Since semi-structured interview technique provides the opportunity to ask different questions within the framework of the research, the researcher has the opportunity to examine the situation or subject in more depth (Patton, 2015) so it is needed. Also, the purpose of using interviews is to ascertain difficulties encountered by the participants and the instructor, who led the activities, during the activity. Semi

structured interviews were used to take suggestions, thoughts and ideas about the activities of the students, the physics teachers and the instructor. Seven questions related to the experiences of participants and content of the activities were asked to the students and the physics teachers. Six questions related to experiences of the instructor during the activities and content of the activities were asked to the instructor. All the interviews were conducted by the researcher in the online platform due to the pandemic.

After finishing the implementation of each activity, the researcher did the interview with the students, the teachers and the instructor separately. The interviews with the students were conducted as a group but the interviews with the teachers and the instructors were done one by one. For the three activities, the instructor attended three same interviews. During the interview, while the same questions were asked to the students and to the teachers, different questions from those asked to the students and the teachers were asked to the instructor. The interview with the students took about 15 minutes and the interview with the teachers took approximately 20 minutes. Also, the interview with the instructor lasted about 20 minutes for each activity.

### **3.7.2. Observation Form**

Another data collection tool is the researcher observation form (Appendix G). This form was prepared to observe the instructor who implemented the three STEM activities to the students. In order to directly monitor whether the STEM activities have STEM principles and how the instructor could reflect the nature of STEM education into the practice, the researcher used the observation form. The observation form consists of 12 items and inside of the form, there are expressions to show the situations expected from the instructor during the student-centered activity. If the instructor applied the expected situations to the desired extent, the tick was put in the "Applied" section and if did not apply, "Not Applied" section was marked. According to the data obtained from results of observations form, deficiencies in the activities were determined.

### **3.8. Validity and Reliability**

In design-based research, data analysis begins in the preliminary research phase and continues until the prototype is finalized and transformed into a final product (Nieveen & Folmer, 2013). Validity and reliability of the research design of this study and the data collection tools prepared by the researcher are presented in the following.

#### **3.8.1. Validity and Reliability of Research Design**

According to Kirk and Miller (1986) validity in qualitative research means that the researcher observes the phenomenon investigated as neutral and unbiased. For objectivity of this study and the reliability of the data, the researcher conducted the study objectively and made impartial observation.

Lincoln and Guba (1985) advised using triangulation strategy for trustworthiness and Patton (2015) stated that triangulation refers to use various data sources to understand the phenomena comprehensively. Due to that, this study, triangulation method has been used for internal validity by including to the researches more than one data source which are interviews with the students, the physics teachers, the instructor, and the researcher's observations.

According to Merriam (2009), external validity for qualitative research means that results obtained participants and environments can be transferred to similar participants and environments. In this context, in order to ensure the qualitative external validity of the research, qualities such as participant characteristics, environment and research process are tried to be presented in a clear and detailed manner.

### **3.8.2. Validity and Reliability of Data Collection Tools**

Triangulation is one of the most effective methods used to ensure consistency (Creswell, 2012; Guba, 1981). In this context, multiple data collection tools such as researcher observation notes and interviews were used in the research and data collection tool triangulation was performed.

To ascertain difficulties encountered by participants and teachers during the activity and to get students' and teachers' thoughts and ideas about activity, interviews were made to both. Semi structured interview forms for both students and teachers were analyzed. The data are analyzed according to the themes posed by the research questions, dimensions used in the interview and observation processes (Yıldırım & Şimşek, 2011). In light of this information, verbal answers were collected by the researcher and being evaluated. Due to that, the reliability of the findings has been increased by controlling the consistency of what the participants say over the same things.

The data obtained from the observations for the study groups were recorded by the researcher in the form of short notes and photographs during the implementation of the activities, and were expanded and converted into observation notes after the application.

.

## **CHAPTER 4**

### **RESULTS**

This chapter summarizes implementation process of the three STEM activities to improve these activities. These activities are earthquake resistant concrete building design, earthquake resistant wooden building design, and technologies design to prevent buildings from earthquake. Each activity was examined step by step, working and non-working steps have been specified, and non-workings have been revised. Also, the researcher elaborated problems encountered in every step and delivered solutions. Moreover, whether each stage of the three STEM activities meets the expectations or not was given in detail. Subsequently, according to the findings from implementations of three STEM activities, all revisions were made in each activity and all changes were integrated to each activity.

Each activity was tested with six different students. Any student participating in an activity did not participate in another activity so totally, 18 students attended to the study. A physics teacher, who is called as instructor, led the three activities applied on the students. The instructor conducted every process of the activities and guided the students. During the implementations of the activities, the researcher made classroom observation and provided support to the instructor. Apart from the students, each activity was implemented to a physics teacher by the researcher. A teacher participating in an activity did not participate in another activity. So totally 3 physics teachers attended to the activities as a learner.

Due to the pandemic, all the implementations were carried out in the online platform which is a ZOOM application. Therefore, the students had online lessons as a group but they produced products expected to be made in the activities on their own. For this reason, each student constructed their own products and the researcher went separately to their home to test the products. Due to the same reason, the activities

were conducted with the teachers as an online and after the end of online lessons, each teacher produced their own products. However, their products were not tested since getting feedback from the process part of the activities is more important than testing of the activities.

In this chapter, improvements of the activities were based on interviews with the students, the physics teachers and the instructor and researcher observations during the activities. The interviews were conducted with the students (see Appendix D for the student interview questions), the teachers (see Appendix E for the teacher interview questions) and the instructor (see Appendix F for the instructor interview questions) in order to acquire their opinions. The researcher observed the students, the teachers, and the instructors. The researcher noted the activity processes and filled the observation form (see Appendix G for the observation form) for each activity. After finishing the implementation of each activity, the researcher did the interview with the students, the teachers, and the instructor separately. The interviews with the students were conducted as a group but the interviews with the teachers and the instructors were done one by one. For the three activities, the instructor attended to three interviews. During the interview, while the same questions were asked to the students and to the teachers, different questions were asked to the instructor. The interview with the students took about 15 minutes and the interview with the teachers took approximately 20 minutes. Also, the interview with the instructor lasted about 20 minutes for each activity.

To show the results of the interviews and the researcher observations, this chapter includes following sections for each activity: results of the observations for the students and the teacher, the results of the interviews with the students and the teachers, the results of the interviews with the instructor and the results of the observations for the instructor. At the end of the chapter, summaries of the results are presented.

#### **4.1. Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM Activity**

In this section, earthquake resistant concrete building design activity is examined step by step. This activity was carried out with the six students by the instructor and with a physics teacher by the researcher at different times. Therefore, observations about both the students and the teacher are available.

In here, the students and the teacher are all mentioned as the participants. However, when answers or behaviors of them are explained, the participants are explicitly specified as the students or the teacher.

##### **4.1.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the First Activity**

In this stage, it is indicated that day to day observation of the activity performed with the students and the teacher. While the activity was applied to the teacher in the morning, it was applied to the students in the evening of that day.

In total, the activity was observed 19 hours in 14 days for the students and 13 hours in 12 days for the teacher by the researcher. Total time includes 13 hours of online lessons and 6 hours of testing process of the products. The first six consecutive days, online lessons were made two hours per day. Then, in five days, products were produced. Later, with 6 hours in two days, products were tested and an hour in a day, the evaluation part was fulfilled.

Passing time for each process was the same for the teacher except the testing part. Observation time is shown in Table 4.1. Then, the implementation of the first STEM activity is explained day by day.

Table 4.1. Observation Time of the Implementation of the First STEM Activity

| Day                            | 1, 2, 3, 4, 5, 6                   | 7, 8,9,10,11                                        | 12,13                                   | 14                                                   | Totally             |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
| The activity with the students | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Testing products with 6 hours in 2 days | Evaluating products with an hour online lesson       | 19 hours in 14 days |
| The activity with the teacher  | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Not tested                              | Evaluating products with an hour in an online lesson | 13 hours in 12 days |

#### Day 1

##### A. Identify the problem

In this part, it is expected from the participants to examine the given scenario in detail. The participants should be able to determine the problem described in the scenario and identify the need to solve the problem. Also, criteria and limitations should be found with analyzing the scenario.

For the first earthquake activity, the activity handout having been prepared before was shared in the screen of the computer so the following scenario which is inside of the handout was presented to the participants.

When looking at the map of the seismic zone of Turkey, it is seen that the first degree earthquake zone causing substantial loss of life and property occupies a large area. According to the data of Kandilli Observatory, the largest earthquake recorded in

this zone in the last 100 years is the 7.9 magnitude earthquake that took place in Erzincan province in 1939. As a result of the Erzincan earthquake, 32,986 people lost their lives and 116,720 residences were severely damaged.



Considering the data, the construction of earthquake resistant buildings in Erzincan, which is located on the first-degree earthquake zone, has great importance in order to minimize the loss of life and property caused by the earthquake. That's why a construction company volunteers to build earthquake resistant reinforced concrete buildings in which all people with different socio-economic levels can live in this city. The owner of the company wants the buildings to be at the highest height that does not need an elevator, as elevators cause dangerous events such as cabin jams or falls during an earthquake. If you are a civil engineer working in this company, what kind of an earthquake resistant concrete building would you build in Erzincan, taking into account that the elevator regulations in buildings allow three stores at most and not using any shock-reducing earthquake technology?

In the scenario, as an addition, it is specified that linear ground accelerations are measured instead of magnitude of the earthquake since it is not possible to measure magnitude of earthquake directly. Therefore, linear ground accelerations corresponding to magnitude of the earthquake values are shown in Table 4.2.

Table 4.2. Richter Magnitude and Ground Acceleration Values

| Richter Magnitude | Ground Acceleration (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-----------------------------------------|
| 0 - 0.4           | < 0.008                                 |
| 0.5 – 1.4         | 0.009 – 0.025                           |
| 1.5 - 2.4         | 0.03 – 0.4                              |
| 2.5 – 3.4         | 0.5 – 1.0                               |
| 3.5 – 4.4         | 1.1 – 1.6                               |
| 4.5 – 4.9         | 1.7 – 2.2                               |
| 5.0 – 5.4         | 2.3 – 2.8                               |
| 5.5 - 5.9         | 2.9 – 3.4                               |
| 6.0 – 6.4         | 3.5 – 4.0                               |
| 6.5 – 6.9         | 4.1 – 4.6                               |
| 7.0 – 7.4         | 4.7 – 5.2                               |
| 7.5 – 7.9         | 5.3 – 5.8                               |
| 8.0 – 8.4         | 5.9 – 6.4                               |
| 8.5 – 8.9         | 6.5 – 7.0                               |
| 9.0 and above     | 7.1 and above                           |

It was asked to the participants what the problem is in the scenario. The students said that existence of non-earthquake resistant buildings, dying of people, collapsing of buildings, tall buildings, elevators, and the earthquake. Also, the teacher stated that destruction of buildings that are not resistant to earthquakes and loss of life and property as a result in Erzincan province, which is located in the first degree earthquake zone. Then, when it was asked what is needed, all the participants identified the need as making an earthquake resistant concrete building. In addition, the teacher said that one of the needs is being conscious about earthquakes. As a result of the classroom observation of the researcher, each student gave answers and actively involved lessons. Also, both the students and the teacher could easily proceed in identifying the problem.

After that, what the criteria and the limitations were asked. The students stated the criteria that buildings must be concrete, have three floors and to be able to stand in a 7.9 magnitude earthquake. Their limitations were making three floors, being economic and not applying the earthquake technologies to the buildings. The students included three floors feature of building to both the limitations and the criteria. At the beginning, they couldn't differentiate the criteria and the limitations. After the instructor explained what the differences between the criteria and the limitations, they could determine. As a result of the researcher observation, since some students couldn't differentiate limitations from criteria, "The limitations" item was changed with "The restrictions and the limitations" item in the lesson plans, handouts and activity guide sheets.

Also, the teacher determined the criteria as concrete building and the limitations as three floors, not applying the earthquake technologies to the buildings and being economic. According to the researcher observation, the teacher had no difficulty in this step. During the activity, since all the participants finished this step less than the specified time, allocated time had been decreased from 30 minutes to 15 minutes.

#### B. Collect information

In this stage, what is expected from the participants are determining research questions, making search, answering research questions, determining disciplines and objectives of disciplines, finding variables and testing the variables.

##### *Determining research questions*

"What should you investigate to make an earthquake resistant concrete building? What should be your research questions to know about making an earthquake resistant concrete building?" were asked to the participants. The students said that the meaning of the earthquake, economical materials, quality of the materials and amounts of them for concrete buildings should be investigated. When a student said where the earthquake is most common should be investigated, the other students opposed that research question and they explained that knowing the earthquake

zones does not help to make buildings. According to the researcher observation, the students were able to positively criticize each other's opinions and they corrected each other. Also, in the determining research question step, the students brainstormed and discussed the questions actively.

To acquire more responses, the instructor asked again “What do we need to know to make an earthquake resistant concrete building?” The students said that features of the earthquake resistant concrete buildings should be known. Also, the instructor asked “Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?” Then, the students decided to investigate the construction stages of concrete buildings. According to the researcher observation, the students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. Therefore, guiding questions were added to the lesson plans like “What do we need to know to make an earthquake resistant concrete building?” “Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?”

In this stage, the researcher asked to the teacher “What should be your research questions to know about making an earthquake resistant concrete building?” The teacher said that she didn't need to research anything since if she is a civil engineer, she already knows all information so she doesn't need to search information. After explanation of the researcher, she got that being an engineer in the scenario is an assumption. Then, the teacher determined the research questions like what the materials and amounts of the materials should be, how earthquake resistant buildings should be, how any concrete building is being made. Also, the teacher added to the importance of searching ground suitability.

According to the observation of the researcher, the teacher had a problem putting herself in the position of a civil engineer mentioned in the scenario. She needed help to understand that being an engineer is an assumption. Therefore, the following sentence in the scenarios “If you are a civil engineer working in this company...” was changed with “Assuming you are a civil engineer working for this company...”

Also, as a result of the researcher observations, the teacher mostly focused on the construction of the building and she did not determine the research question related with the definition and the meaning of the earthquakes. Like the students, the teacher needed guidance to determine the research questions. Therefore, the importance of the guidance about the determining the research question was written elaborately to the relevant part of the lesson plans.

Allocated time for the determining research questions was 30 minutes but duration has lasted approximately 20 minutes for the students and 10 minutes for the teacher. Therefore, timing for determining research questions was revised as 20 minutes.

#### *Making search and answering the research questions*

After determining the research questions, the participants have searched questions via the internet. The questions identified in the previous step have been investigated one by one. That means, the students first searched answer of the first question, after finding it, they searched answer of the next question. The time given for each question was 10 minutes. After 10 minutes, answers were discussed in approximately 10 minutes. If needed information was reached, passed to the other question. If necessary information was missed, additional time was given. The students completed making search and discussion process in 150 minutes.

For the teacher, search was done as a whole. The online lesson was suspended and the teacher searched all questions by herself in a given time. 90 minutes were enough for the teacher to make search. After finding information, the researcher and the teacher have made discussions for 30 minutes.

Some of this section continued in the next lesson since two hours of online lesson hours were up. Before completing the lecture, it was wanted from the participants to make detailed investigations about the research questions by the next online lecture day.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 2

Making search and answering research questions continued in this day. As a result of the researcher's observation, both the students and the teachers reach the necessary information for making an earthquake resistant concrete building. According to observation of the researcher, the students were inexperienced in doing search and they did research without knowing which source was reliable or not, and were unable to interpret the information they found. After studying what is a short secure source, how to access it, and the importance of interpreting the information they obtained, the students had searched trusted sites. Therefore, the following sentence has been added to this section: In order to get information from reliable sites, make sure that the websites you search have "edu" or "gov" extensions. According to the observation of the researcher, unlike the students, the teacher had no difficulties in making search and accessing the needed information. Also, the researcher observed that while the students conducted research only on the internet, the teacher also used the physics book as a resource.

Before the activity, the time had been determined 120 minutes for making search and answering research questions. However, this step has been lasted 150 minutes for the students and 120 minutes for the teacher so allocated time has been altered to 150 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 3

### *Determining disciplines and objectives of the disciplines*

The instructor asked “What kind of information from which disciplines do you need to make an earthquake resistant concrete building?” According to the researcher observation, the students didn't hear the disciplines before and they had difficulties thinking. After the explanation about what disciplines mean, the instructor asked again “What disciplines or courses will help you to make an earthquake resistant concrete building?” The students stated physics, mathematics, geography and

engineering. The instructor asked that “If you didn’t have a computer, smart phone or internet, could you reach the needed information?” They said no and added the technology to the disciplines. To make clear, “Courses” word was written in parenthesis to near the “Disciplines” word in the students’ handout. This revision has been made on just students’ handouts not in the lesson plans in order not to spoil the essence of STEM. When the disciplines were asked to the teacher, she stated mathematics, geology, science, climate science, engineering and technology.

As a result of the observation of the researcher, social skills disciplines weren’t found by all the participants. This was normal for the students since they didn’t work with collaboration due to the pandemic, so the instructor asked to the students that “If you did the activity as a group, what would group working has contributed to you?” Then, the students could think of social skills as a discipline. To be found social skills by the teacher, it was reminded to the teacher that the activity would be held in a group then the teacher added to social skills as discipline of the activity.

To specify the objectives of the disciplines, it was asked “Which subjects and objectives do you need to produce solutions and where to find objectives?” While the teacher said that they can be found from the curriculums, the students needed to explanation about what objectives mean. The instructor explained what objectives mean and they exist in the curriculum and asked again “What could you gain at the end of this activity, what could you learn?” The students said that all objectives can be found from the curriculums. They reached physics and mathematics curriculums easily. Also, they used technology and design curriculum for middle school to find engineering objectives but technology objectives inside the curriculum were not applicable for the activity. Therefore, the instructor provided references and led students to determine the objectives about technology and social skills disciplines. All the students and the teacher stated that in physics, earthquake waves should be known to reach the solution and some students said that strength of solids also should be known.

For mathematics discipline, the participants determined objectives from the middle school mathematics curriculum. With the guidance of the instructor, the students chose that they should make the multiplication of a natural number and multiplying decimal representations with given numbers. The teacher determined the objectives like calculating the dimensions of the building and calculating the scaling of the model using real measurements.

For technology and engineering disciplines, the participants determined objectives from the technology and design course curriculum and some thesis shared by the researcher. Since they found all design objectives suitable, to put a limitation of the number of objectives, the instructor asked “What do you need to know?” Then, the students stated that they need to know necessary steps to create and structural features of a design. Also, the teacher said that she needed to know principles of the design, to describe the necessary creation steps of the design, to explain the production processes of the design.

Finally, for the social skills, the students determined objectives like working with group, good deal with friends, respecting friends’ ideas. On the other hand, the teacher determined objectives like critical thinking, problem solving, multiple thinking, productivity, making inquiry and working with a group.

As a result of the observation of the researcher, the students had difficulties understanding the meaning of the educational terms like disciplines, curriculums, and objectives. Therefore, in the lesson plans, this step was revised by emphasizing that the terms should be explained to the students before they were asked. Also, this step forced both the students and the teacher to think more since they should choose proper objectives among many objectives belonging to the physics, mathematics, technology and engineering disciplines. For this step of the activity, allocated time was 25 minutes but it has lasted 30 minutes so time has been revised to 30 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 4

*Finding variables and testing the variables*

“Does the problem have variables” was asked to the participants. The students said that earthquake resistance of the building is a dependent variable; sizes of the building and materials are independent variables; number of floors is constant variables. The teacher said that earthquake resistance of the building is a dependent variable; quality of materials, width of the building and shape of the building are independent variables; magnitude of earthquake and number of floors are constant variables.

Then, the instructor stated that a dependent variable in the problem is earthquake resistance of the building; the independent variables are building height, building width (floor surface area), building shape, building symmetry, number of columns, duration of vibration, quality of materials and amounts of materials; the constant variables are the number of floors of the building and the magnitude of the shaking of the building.

After determining the variables, the effects of them were observed with making spaghetti models. Independent variables were shared among students. Two students made models with different heights to observe the effect of the height of the building. Other two students made models with different widths to observe the effect of the width of the building and last two students made models with different shapes to observe the effect of the shape of the building. Remaining independent variables' effects were said truly by the students without making models. Each student made two models and they put two models on a table in their houses and shook the table to observe which model overturned or collapsed primarily.

To observe the effect of the height of the buildings, the students have made two models with different lengths which are shown in Figure 4.1 while keeping all other variables constant. After shaking the table with two models, the longer model toppled

first so the students stated when the building height increases, earthquake resistance of the building decreases.



Figure 4.1. The students' spaghetti building models with different heights

To observe the effect of the building width, the students have made two models with different widths which are shown in Figure 4.2 while keeping all other variables constant. After shaking the table with two models, the model with the less width toppled first so the students stated when the building width increases, earthquake resistance of the building also increases.



Figure 4.2. The students' spaghetti building models with different widths

To observe the effect of the building shape, the students have made square and triangle models having the same sizes which are shown in Figure 4.3 while keeping all other variables constant. After the shaking the table with two models, any effect of the shapes of the building on the earthquake resistance of the building wasn't observed.

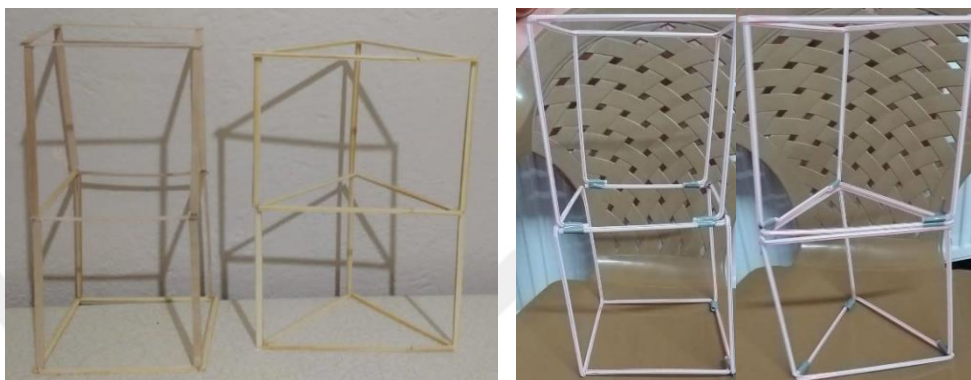


Figure 4.3. The students' spaghetti building models with different shapes

The researcher asked the teacher "What are the effects of the variables on earthquake resistance of the building?" The teacher said that earthquake resistance of the building increases when the height of the building decreases and when the width of the building increases. Also, the teacher said that it is not easy to know what happens if the shape of the building is changed. Since the teacher couldn't predict the effect of the building shape on the earthquake resistance of the building, she made observations by making spaghetti models which are shown in Figure 4.4.



Figure 4.4. The teacher's earthquake resistant spaghetti models with different shapes

Like the students, the teacher didn't observe any differences between square and triangle shapes. The dimensions of the participants' models are in Table 4.3.

Table 4.3. Dimensions of The Participants' Spaghetti Building Models

|                          | Heights Between<br>the Floors (cm) | Side Lengths of<br>the Surface (cm) | Shapes     |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| First student's models   | 10                                 | 10                                  | Tetragonal |
| with different heights   | 5                                  | 10                                  |            |
| Second student's models  | 20                                 | 15                                  | Tetragonal |
| with different heights   | 10                                 | 15                                  |            |
| Third student's models   | 16                                 | 10                                  | Tetragonal |
| with different widths    | 16                                 | 5                                   |            |
| Fourth student's models  | 5                                  | 8                                   | Triangle   |
| with different widths    | 5                                  | 5                                   |            |
| Fifth student's models   | 10                                 | 10                                  | Triangle   |
| for different shapes     | 10                                 | 10                                  | Tetragonal |
| Sixth student's models   | 10                                 | 13                                  | Triangle   |
| for different shapes     | 10                                 | 13                                  | Tetragonal |
| The teacher's models for | 8                                  | 8                                   | Triangle   |
| different shapes         | 8                                  | 8                                   | Tetragonal |

As a result of the observation of the researcher, some students had problems from the fragility of spaghetti. It was difficult to attach spaghetti with tape. Therefore, the students used materials from their homes which are thin wooden sticks and pipettes.

Also, some students wrapped spaghetti with insulating tape to make it stronger. Like the students, the teacher had a problem about attaching spaghetti with tape so she used wooden sticks rather than spaghetti. Therefore, in the lesson plans, this step was revised by announcing that because of the fragility of spaghetti, there may be difficulties in making models, so other materials like wooden sticks or pipettes can be used. Moreover, according to the observation of the researcher, both the students and the teacher had problems making models with three floors so number of floor was revised with two for spaghetti models in the lesson plans. Allocated time for this part was 120 minutes but the duration was lasted 90 minutes so timing was revised to 90 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 5

#### C. Develop solutions

Here, what is expected from the participants are to determine evaluation criteria and to make scaling calculations, to create a product evaluation form and solutions.

##### *Making scaling calculations*

“Is it possible to build 3-storey buildings according to their actual dimensions? If we can't make real buildings what could we do?” have been asked to all the participants. The students said that they could establish a little version of the real buildings so products should be little versions in terms of the distance between the floors and the surface areas of the floors. Later, the instructor gave examples from the scaling table and let the students to fulfill the rest of the table.

The teacher said that real building sizes can be miniaturized, and used materials, the distance between the floors and the surface areas of the floors should be miniaturized. Then, the researcher gave examples from the scaling table and let the teacher to fulfill the rest of the table.

According to the observation of the researcher, both the students and the teacher had difficulties in scaling of amounts of the materials and the sizes of the building. They had problems making calculations. However, revision was not made since scaling was the important part of the activity. With guidance of the instructor to the students and guidance of the researcher to the teacher, problem has been eliminated. Allocated time for making scaling calculations was 25 minutes but scaling has lasted more and time was revised to 40 minutes.

#### *Determining evaluation criteria and creating a product evaluation form*

To determine evaluation criteria, the instructor asked “According to which features should the products be evaluated?” The students said that according to appearance of the products, a proper scaling, being earthquake resistant, being economical, labor and communication with the teacher. Then, the instructor asked “How can you compare the products?” and the students classified the evaluation criteria with putting scores. The teacher stated that products could be evaluated in terms of being earthquake resistant, being economical, appropriate sizes, and necessary materials.

According to the observation of the researcher, the students and the teacher proceeded without any problem and they created criteria for evaluation form easily. 20 minutes had been arranged for this step and it was enough during the activity so there is no revision in time.

#### *Creating solutions*

After determining the evaluation criteria and making scaling calculations, the participants developed solutions. The students’ solutions were designing a product having three floors, four corners, four columns and produced to base on  $1/50$ ,  $1/25$  or  $1/20$  scaling. The teacher solutions were designing a product based on  $1/25$  or  $1/20$  scaling and having quadrilateral shape.

According to the observation of the researcher, problem was not observed. While allocated time had been administered 45 minutes, creating solutions has lasted 30 minutes. Therefore, time has been changed to 30 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 6

### D. Choose the best solution

In this section, the participants determined the appropriate solution among the solutions they have previously produced according to the criteria and limitations.

Six students and the teacher have chosen making products with  $1/25$  scaling, four corners and four columns. Then, “Why did you choose them?” was asked to all the participants. The students said that with  $1/25$  scaling, products would be more earthquake resistant and be easy to do. The teacher also said that the product would be more earthquake resistant with this solution. According to the researcher’s observation, during the determining of the scaling rates for products, all the participants preferred  $1/25$  scaling since they thought it would be difficult to build a concrete building in large dimensions.

After determining the best solution, the participants have drawn the products with scales and determined the needed materials. Three examples among six drafts belonging to the students are placed in Figure 4.5 and draft of the teacher is shown in Figure 4.6. As a result of the researcher’s observation, before the students drew the product drafts, they have exchanged the ideas and decided together to shape of the product so all drafts became similar to each other. In this section, the students worked within the harmony and the objectives related to social skills were acquired predominantly. After that, “What materials do you need to produce concrete building products?” was asked to all the participants. Each student and the teacher have wanted that 1.5 m iron wire with 2 mm thick, 0.5 kg cement, 4 kg sand, 1-lt water, cardboard, and tape.

According to the observation of the researcher, no one had a problem in this part. Allocated time was 20 minutes and it was enough for all the participants so revision was not made in timing.

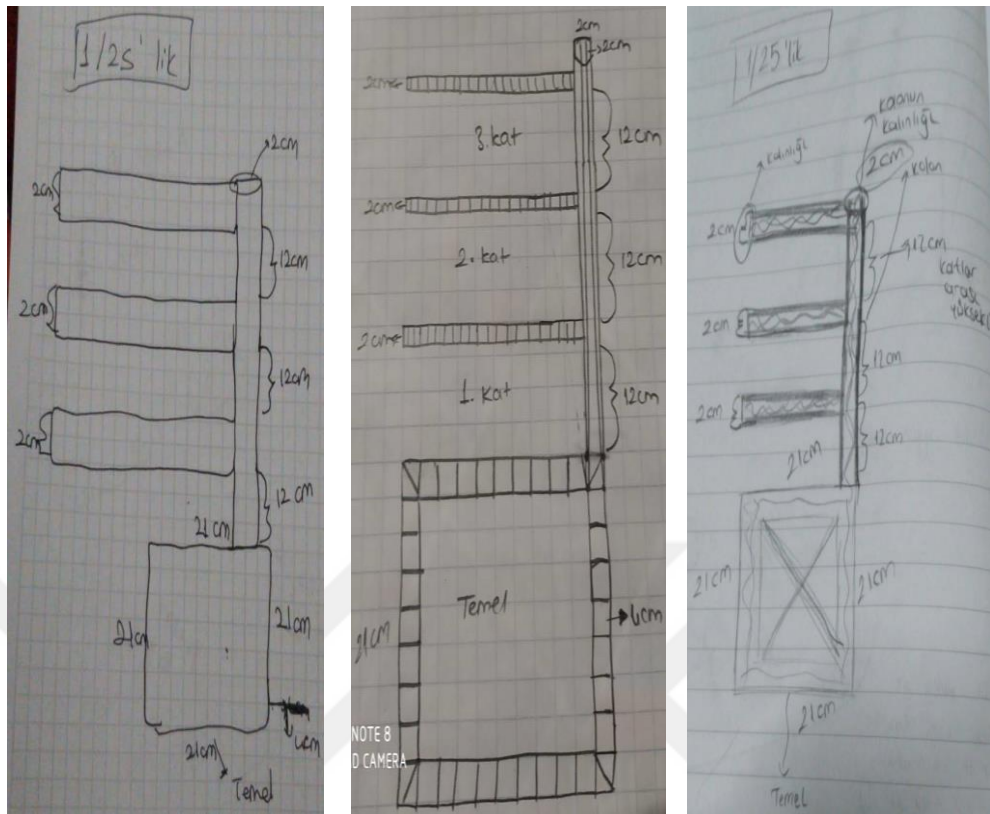


Figure 4.5. Three examples of drafts of the students' earthquake resistant concrete products

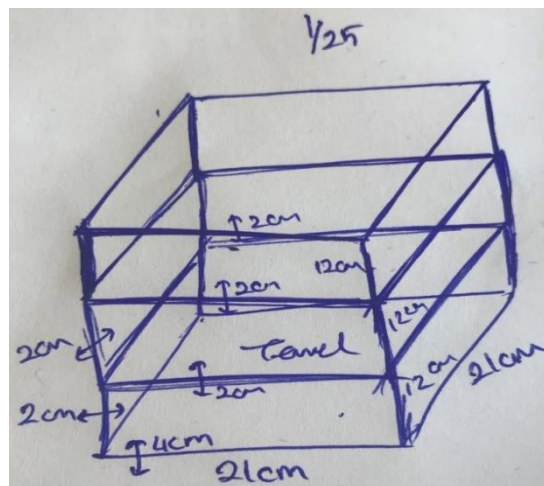


Figure 4.6. The teacher's earthquake resistant concrete product draft

The activity was suspended to continue the production of the products.

Day 7

#### E. Construct a product

This step was executed by messaging with the participants. Online lessons were not held but the participants send the photos of the constructed parts of their products via WhatsApp application to the researcher and to the instructor daily and discussions were made, and then feedbacks were given by the researcher and the instructor. By this kind of communication, the researcher could observe the participants.

The participants were expected develop products based on the variables which have been identified and tested with making spaghetti models on the fourth day of the activity and also based on the limitations and the criteria.

At the beginning of the product construction, the participants adjusted the materials according to the dimensions. They measured iron wires which are placed to the floors of the products and four columns. Since the participants had chosen  $1/25$  scaling, iron wires have been cut for floors as being 21 cm length and for columns as being 42 cm length. Then, iron cages were made by the students which are shown in Figure 4.7 and by the teacher shown in Figure 4.8.

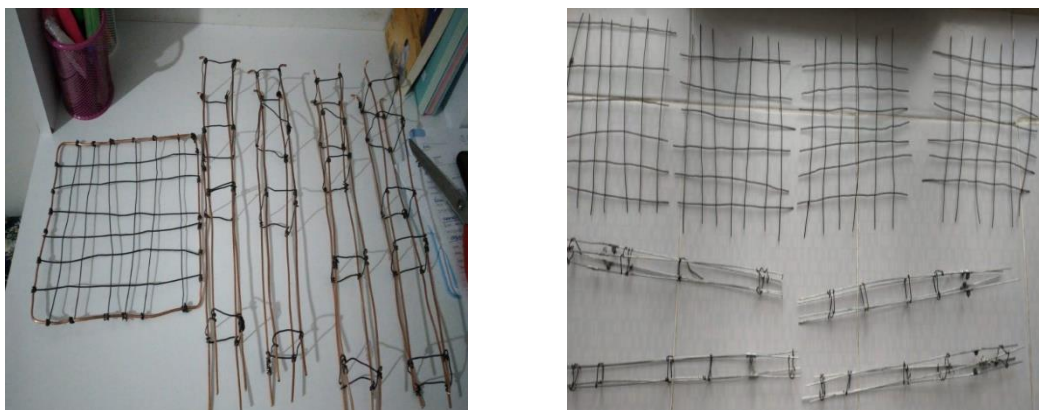


Figure 4.7. Some students' iron cages for the floors and the columns.

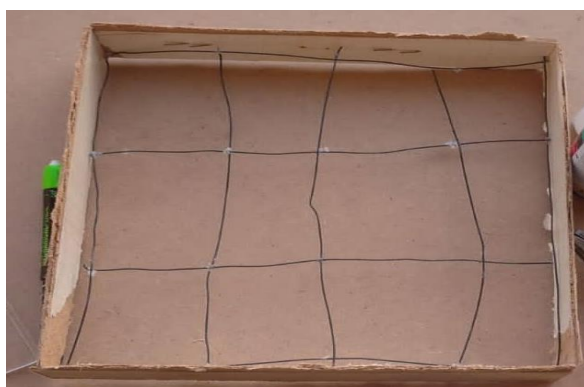


Figure 4.8. The teacher's iron cage for the foundation

This process has lasted on average three hours. As a result of the observation of the researcher, while the participants had no problem about measurement of the lengths of the iron, they had difficulties bending the iron to make cages. To eliminate this concern, all of them got help from their families.

The activity was suspended to continue the production of the products.

#### Day 8

After making the iron cages, the participants had laid the cages on the ground floor and attached the iron cages of the columns to the ground floor. Then, they arranged the molds' sizes for the ground floor which are 4 cm thick and 21 cm long. Also, molds for four columns were made with the size of 2 cm height, 12 cm length and 21 cm width. Some students have made molds with woods, tongue sticks, tin and cardboard. The teacher has used a thin hardboard for the molds. After that, the participants prepared cement mortar and poured it inside of the molds of the ground floor and the columns. A day has been waiting for the concrete to dry. Figure 4.9 shows some students' molds in which cement mortar is poured and Figure 4.10 presents the teacher's molds in which cement mortar is poured.

According to the researcher, the students offered alternative solutions and thought creatively enough to find different materials for making molds. In the lesson plan, it had been written that hardboards could be used for the molds but this part was revised

with adding that woods, tongue sticks, tin or cardboard could be supplied for the mold. Time has been administered for this part as 180 minutes but duration has been lasted 120 minutes. Therefore, allocated time has been revised to 120 minutes for this part.



Figure 4.9. Some students' molds with cement mortar



Figure 4.10. The teacher's molds with cement mortar

The activity was suspended to continue the production of the products.

## Day 9

After making sure that the ground floors' cement was dry, the first floors were built by the participants. For the first floor, the molds and the iron wires were prepared based on the dimensions which are 2 cm heights, 21 cm lengths and 21 cm widths. The molds have been made from woods, tongue sticks and cardboard and to attach of them, isolation band, fast glue and silicone gun were used. After inserting the molds to the floor and the columns, iron wires have been placed on the floor. Then, cement mortar has been poured into the columns and the floor. Finally, products were put on hold for a day to dry.

According to the researcher, the participants had problem making the first floor but they solved the problem by getting help from the people around. Time has been administered for this part as 180 minutes but duration has been lasted 120 minutes. Therefore, allocated time has been revised to 120 minutes for this part.

The activity was suspended to continue the production of the products.

## Day 10

After making sure that the first floors' cement was dry, the second floors were built by following the previous steps and at the end, products were put on hold for a day to dry. According to the researcher, the participants had trouble constructing the ceiling of the first floor but they solved the problem by getting help from the people around. Time has been administered for this part as 180 minutes but duration has been lasted 120 minutes. Therefore, allocated time has been revised to 120 minutes for this part.

The activity was suspended to continue the production of the products.

## Day 11

Lastly, the third floors (ceiling of the buildings) were built following same procedures and products were put on hold to dry. At the end, five students have been constructed the concrete products with three floors, a student and the teacher have

been constructed the concrete products with two floors. Some students' earthquake resistant concrete products are in Figure 4.11 and the teacher's earthquake resistant concrete product is in Figure 4.12.



Figure 4.11. Some students' earthquake resistant concrete products



Figure 4.12. The teacher's earthquake resistant concrete product

As a result of the researcher's observation, the participants have completed the process by considering the variables, the criteria, and the limitations. Also, for handcraft, the students were more enthusiastic than the teacher by designing the concrete building products. According to the observation of the researcher, the teacher had more difficulty in product construction than the students so she built the product with 2-floors rather than 3-floors. Also, the students finished the construction phase in less time than the teacher. Time has been administered for this part as 180 minutes but duration has been lasted 120 minutes. Therefore, allocated time has been revised to 120 minutes for this part.

Day 12 and 13

#### F. Test the products and redesign

The participants were expected to check whether their products have the requirements and to test their concrete building products themselves by putting them on the shake table. In this section, if concrete building products were earthquake resistant, the participants could pass the next step. If their products were not working, the participants could go through previous steps to redesign of the products.

For the testing, the researcher has gone the students' homes and tested products of the six students separately. During this process, the videos were recorded to watch for the evaluation of the products in the evaluation part of the activity.

The participants' products have been tested whether their products' sizes were arranged based on the scaling and whether the products were earthquake resistant or not. By the  $1/25$  scaling, lengths of the floors should be 21 cm, thickness of the ground floor should be 4 cm, thickness of the other floors should be 2 cm, length of the columns should be 12 cm, width and height of the columns should be 2 cm. According to these measurements, sizes of the students' and the teacher's products are given in Table 4.4 and  $1/25$  scaling values are given in the parenthesis.

Table 4.4. Dimensions of the Concrete Products Based on 1/25 Scaling

|                                                  | The Students' Values (cm) |         |         |           |         |         | The Teacher's Values (cm) |
|--------------------------------------------------|---------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------------------------|
|                                                  | 1.                        | 2.      | 3.      | 4.        | 5.      | 6.      | 7.                        |
| Surface Area of the Ground Floor (21 cm x 21 cm) | 22 x 22                   | 22 x 22 | 21 x 21 | 22 x 22   | 21 x 21 | 21 x 21 | 21 x 21                   |
| Surface Area of the First Floor (21 cm x 21 cm)  | 22 x 22                   | 22 x 22 | 21 x 21 | 20.5 x 22 | 17 x 17 | 21 x 21 | 21 x 21                   |
| Surface Area of the Second Floor (21 cm x 21 cm) | 22 x 22                   | 22 x 22 | 21 x 21 | 19.5 x 22 | 15 x 15 | 21 x 21 | 21 x 21                   |

Table 4.4 (*continued*)

| The Students' Values (cm)                       |         |         |         |         |         |     | The Teacher's Values (cm) |
|-------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------------------------|
| Surface Area of the Third Floor (21 cm x 21 cm) | 22 x 22 | 22 x 22 | 21 x 21 | 20 x 22 | 12 x 12 | -   | -                         |
| Thickness of the Ground Floor (4 cm)            | 3       | 2.3     | 1.5     | 4       | 4       | 3   | 4                         |
| Thickness of the First Floor (2 cm)             | 2       | 1.5     | 2       | 3       | 4       | 2.5 | 3                         |
| Thickness of the Second Floor (2 cm)            | 1.5     | 3       | 2       | 2.5     | 3       | 2.5 | 1.5                       |

Table 4.4 (*continued*)

|                                                                           | The Students' Values (cm) |              |              |              |                |            | The Teacher's Values (cm) |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|------------|---------------------------|
| Thickness of the Third Floor (2 cm)                                       | 0.5                       | 2            | 1.5          | 2.5          | 3              | -          | -                         |
| Columns in the first floor width x height x length (2 cm x 2 cm x 12 cm)  | 2.5 x 2.5 x 12            | 2.3 x 2 x 12 | 2 x 3 x 12   | 2.5 x 2 x 12 | 3.5 x 3.5 x 12 | 3 x 2 x 12 | 3 x 2 x 12                |
| Columns in the second floor width x height x length (2 cm x 2 cm x 12 cm) | 2.5 x 2.5 x 12.5          | 2 x 2 x 12   | 1.5 x 3 x 12 | 2.5 x 2 x 12 | 3 x 3 x 12     | 3 x 2 x 12 | 3 x 2 x 12                |

Table 4.4 (*continued*)

|                                                                                    | The Students' Values (cm) |            |            |              |            |    | The Teacher's Values (cm) |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|------------|--------------|------------|----|---------------------------|
| Columns in the third floor width x height x length (2 cm x 2 cm x 12 cm)           | 2.5 x 2.5 x 12            | 2 x 2 x 12 | 2 x 3 x 12 | 2.5 x 2 x 12 | 4 x 4 x 12 | -  | -                         |
| Total Length of the Products (Length of the column and width of the floors: 46 cm) | 43.5                      | 46         | 43         | 48           | 50         | 32 | 32.5                      |
| Number of Floors                                                                   | 3                         | 3          | 3          | 3            | 3          | 2  | 2                         |

To measure the earthquake resistance of the products, the accelerometer in the "Google Science Journal" application has been used. Also, to test the products, the researcher had designed the shaking table and used electrical drill screwdriver to create steadily increasing accelerations which are shown in Figure 4.13. The shaking table has been shaken with increasing acceleration in every 10 seconds until the products collapse or overturned.

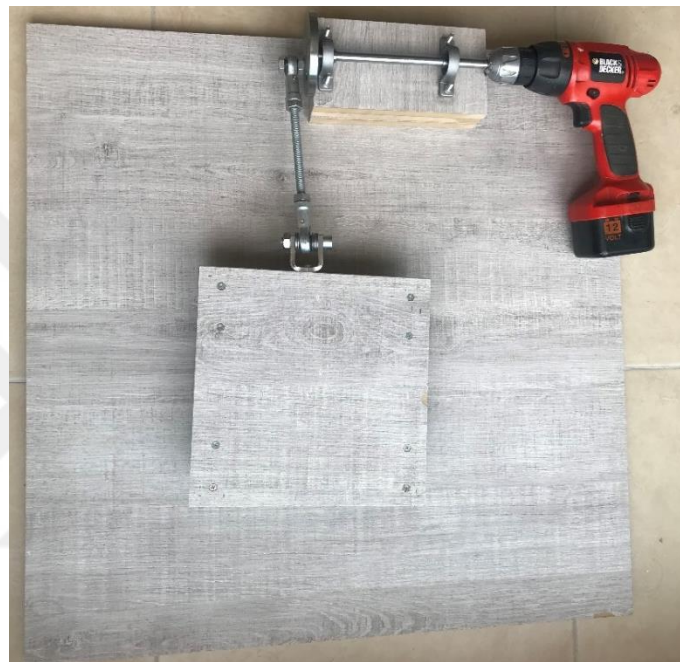


Figure 4.13. Shaking table with electrical drill screwdriver

The products have been put on the shaking table and the smartphone with the "Google Science Journal" application has been placed on the shaking table or on the products. The products have been shaken to 7.5 - 7.9 values ( $5.3 \text{ m/s}^2$  -  $5.8 \text{ m/s}^2$  acceleration) and if collapsing and overturning weren't observed, shaking increased regularly.

Since the "Google Science Journal" application gives linear acceleration values, the products were tested according to linear acceleration values rather than the magnitude of the earthquake. Maximum linear acceleration values were recorded at the moments when the products collapsed completely or overturned without

collapsing. Then, acceleration values have been converted to Richter magnitude values in Table 4.2 which had been formed by the researcher from the literature review. Linear ground accelerations correspond to magnitude of earthquake values had been presented to the participants in the scenario part.

As mentioned in the scenario, the products should resist at least 7.9 magnitude value which corresponds to 5.8 ground acceleration. When the products were tested, just one product couldn't reach the 7.9 value, it reached 7.7 but the rest products have exceeded a desired earthquake magnitude value.

The first student's product collapsed in  $6.3 \text{ m/s}^2$  which corresponded to 8.3 Richter magnitude value. It has overturned and its ceiling has gone away since ceiling thickness was 0.5 cm, while it should be 2 cm. Also, the ceiling hadn't been connected to the columns with iron wires, it had been connected with just concrete. The second student's product collapsed in  $6.9 \text{ m/s}^2$  which corresponded to 8.8 Richter magnitude value. It has collapsed from the last two floors from the top. The third student's product collapsed in  $5.6 \text{ m/s}^2$  which corresponded to 7.7 Richter magnitude value. It has overturned and separated from the columns since columns hadn't been connected to the floors enough. The fourth student's product collapsed in  $7.4 \text{ m/s}^2$  which corresponded to 9.3 Richter magnitude value. It has overturned and broke from some columns. It was the second strongest product to withstand earthquakes. The fifth student's product collapsed in  $8.6 \text{ m/s}^2$  which corresponded to above 9.5 Richter magnitude value. It has overturned. It was the strongest building to withstand earthquakes but its sizes had been more than the desired scales. It had been made with values larger than the scaling values. The last student's product collapsed in  $5.9 \text{ m/s}^2$  which corresponded to 8.0 Richter magnitude value. Before overturned, spills were seen in the concrete. Since it was ductile, it made flexible movement and overturned. It had appropriate sizes but it had been made two floors rather than three floors. As it was mentioned at the beginning, the teacher's product couldn't be tested. All acceleration values are given in Table 4.5 and Richter magnitude values corresponding the linear acceleration values are given in Table 4.6.

Table 4.5. Linear Acceleration Values During the Testing

| Linear Acceleration Values for Student's Products (m/s <sup>2</sup> ) |                                      |                                    |         |                                       |         |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|-------------------------------------------|
|                                                                       | 1.                                   | 2.                                 | 3.      | 4.                                    | 5.      | 6.                                        |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 2.5                                  | 1.5                                | 1.8     | 2.8                                   | 1.5     | 1.6                                       |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 3.4                                  | 2.1                                | 2.3     | 3.7                                   | 3.4     | 2.7                                       |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 4.3                                  | 4.5                                | 4.5     | 4.7                                   | 5.4     | 3.9                                       |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 6.3                                  | 5.4                                | 5.6     | 5.5                                   | 6.1     | 5.9                                       |
|                                                                       | Overtun<br>and<br>ceiling<br>leaving |                                    | Overtun |                                       |         | Falling<br>concretes<br>and<br>overturned |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | x                                    | 6.9                                | x       | 7.4                                   | 8.6     | x                                         |
|                                                                       |                                      | Collapsed<br>from top<br>to bottom |         | Breaking<br>column<br>and<br>overturn | Overtun |                                           |

Table 4.6. Richter Magnitude Values Corresponding to the Linear Acceleration Values

| Richter Magnitude Values for Student's Products (m/s <sup>2</sup> ) |                                      |                                    |         |                                      |                         |                                        |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                                                                     | 1.                                   | 2.                                 | 3.      | 4.                                   | 5.                      | 6.                                     |
| Shaking<br>10<br>seconds                                            | 5.2                                  | 4.3                                | 4.6     | 5.4                                  | 4.3                     | 4.4                                    |
| Shaking<br>10<br>seconds                                            | 5.9                                  | 4.8                                | 5.0     | 6.2                                  | 5.9                     | 5.3                                    |
| Shaking<br>10<br>seconds                                            | 6.7                                  | 6.8                                | 6.8     | 7.0                                  | 7.6                     | 6.3                                    |
| Shaking<br>10<br>seconds                                            | 8.3                                  | 7.6                                | 7.7     | 7.7                                  | 8.2                     | 8.0                                    |
|                                                                     | Overtun<br>and<br>ceiling<br>leaving |                                    | Overtun |                                      |                         | Concretes<br>falling<br>and<br>overtun |
| Shaking<br>10<br>seconds                                            | x                                    | 8.8                                | x       | 9.3                                  | Above<br>9.5<br>Overtun | x                                      |
|                                                                     |                                      | Collapsed<br>from top<br>to bottom |         | Breaking<br>column<br>and<br>overtun |                         |                                        |

Since all the students were satisfied with their products, no one made any changes in their products. According to the observation of the researcher, each student was able

to construct an earthquake resistant concrete product with the expected features in their measurements. Also, during the testing step, the students had enjoyed and were excited about whether their products would collapse or not. It was one of the most enjoyable and easiest steps for them. Since no problems had been observed, no revision was made in this part.

Allocated time for this step was 15 minutes but it had been arranged for a product. During the implementation of this activity, as a group working could not be done, data was obtained from six individual products. For each product testing, 15 minutes was enough so allocated time have not been changed in this part.

#### Day 14

##### G. Evaluate

In this part, the products have been evaluated according to values that been gotten from the test part. The students' products have been evaluated based on the evaluation form which had been prepared by the participants and the instructor during the develop solutions part of the activity. To evaluate the students' products, the videos including moments of collapse and overturning of all the products were watched. According to the results, the fourth student's product was chosen since almost all structure elements had been made based on scaling and it had been collapsed over the 9 Richter magnitude value. 45 minutes was enough for that part so any revision did not happen.

According to the researcher's observation, the students actively participated to the lessons both mentally and physically. Besides, in due course of the whole activity, the teacher acted timidly because she was worried about not being able to answer correctly. Also, while the students were eager to produce the products, the teacher was not as enthusiastic as the students. Moreover, the researcher observed that, all the participants had difficulties in construction of the concrete products because they have not experienced before but all the participants have been able to make the desired products. As a result of the observation of the researcher, both the students

and the teacher had pretty good time and forced themselves to think more and tried to make the best of their products. The students' communication with the instructor and the teacher communication with the researcher were highly strong. According to the researcher's observation, there was no problem in the timing, allocated times were almost enough for each sections except one or two.

In this activity, allocated times were edited and revised in some parts so total time decreased from 1220 minutes to 1200 minutes. Timing of the earthquake resistant concrete building design activity is presented in Table 4.7.

Table 4.7. Timing of the Earthquake Resistant Concrete Building Design Activity

| Seven Steps of the<br>STEM Activity | Timing Before<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) | Timing After<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. Identify the Problem             | 30                                                           | 15                                                          |
| 2. Collect Information              | 300                                                          | 295                                                         |
| 3. Develop Solutions                | 90                                                           | 90                                                          |
| 4. Choose the Best<br>Solution      | 20                                                           | 20                                                          |
| 5. Construct a Product              | 720                                                          | 720                                                         |
| 6. Test the Product and<br>Redesign | 15                                                           | 15                                                          |
| 7. Evaluate                         | 45                                                           | 45                                                          |
| Total Timing                        | 1220                                                         | 1200                                                        |

#### **4.1.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the First Activity**

A group interview with the six students and the interview with the teacher were conducted after the implementation of the activity. The students and the teacher were asked six questions (see Appendix D for the students' interview questions and see Appendix E for the teacher's interview questions).

The participants have responded to the first question, "Could you associate the problem situation in the STEM activity with daily life?" All the participants indicated that the problem situation was able to be associated with daily life since concrete buildings destroyed by earthquakes are common in the world.

The second question was asked "Were there any most challenging steps in the STEM activity?" All the students and the teacher stated that they had difficulties in making calculations for scaling about the amount of the materials and the sizes of the buildings. Also, all the participants said that bending iron wires and making floors of the concrete products were the most challenging parts.

The next question was "During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?" All the students stated that identifying the problem, testing the products and evaluation parts were the easiest parts. The teacher said that, except making the product, all the steps were easy to progress.

Based on the question "Were the handouts distributed to you understandable?", all the participants expressed that distributed handouts were understandable and useful for tracking the activity.

"Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?" was asked to all the participants and all of them said that no part needed to be changed.

The participants have responded to the final question "What are your general views and opinions about the STEM activity participated in?" Answers on which the most

of the students and the teacher agree have presented as follows. During the online lessons, presenting the ideas and making discussion about an issue were possible. Thinking processes were dominant in every step of the activity. Opportunities for experiencing in building concrete products and for increasing awareness about earthquake resistant concrete buildings existed. Lessons were amusing and passed fast

#### **4.1.3. Results of the Interviews with the Instructor for the First Activity**

The interview with the instructor was conducted after the implementation of the first activity and the six questions were asked to the instructor (see Appendix F for the instructor's interview questions). The instructor, who had been in STEM studies before, responded to the first question, "During the STEM activity, were there any parts that you had difficulties applying and the students had difficulties in progressing?" The instructor said that some of the students had concerns especially in the parts that required high level thinking skills and in the scaling calculation parts. Also, the instructor continued that the students were inexperienced in doing search and did search without knowing which source was reliable or not, and were unable to interpret the information they found. After a short study of what is a safe source, how to access it, and the importance of interpreting the information they obtained, they were able to move faster.

The next question was "During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?" The instructor said that defining the problem, determining the research questions and determining the criteria for the product evaluation were the sections that were easier. Since the scenario was a clear and understandable issue that also concerns the agenda of our country, the students were able to easily identify the problem and produce solutions. The comprehensibility of this part clearly showed the students what the product should have and what they should pay attention to.

“Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?” was asked to the instructor. She said that the part of determining the criteria and the limitations were reached quickly, and the allocated time could be shorter. Likewise, the time allocated for answering the research questions took less than 60 minutes so time could be revised for that step. Since the students have a little difficulty in calculating the scaling, the time allocated for this section can be given more.

The other question asked to the instructor was “Have the lesson plan, the teacher guide sheet and the handout been prepared according to the objectives? The instructor said that all the instruments were appropriate for the objectives.

Finally, the instructor responded to the question “How was your communication with the students?” as the instructor’s communication with the students was strong and due to that the students were willing to express their ideas and to talk too much.

#### **4.1.4. Results of the Observations for the Instructor for the First Activity**

In order to directly monitor whether developed STEM activity have STEM principles and how the instructor reflects the nature of STEM education into practice, the researcher used the observation form to observe the instructor. The observation form (see Appendix G for the observation form) consists of 12 items and inside of the form, there are expressions to show the situations expected from the instructor during the student-centered activity. If the instructor applied the expected situation to the desired extent, tick was put the "Applied" section and if did not apply, "Not Applied" section was marked. According to the observations of the researcher based on the observation form, deficiencies and the problematic points in the activity were determined. The results are presented for the first STEM activity as follows.

The instructor applied 11 items of 12 expected situations. It was expected from the instructor to divide students into groups but did not, since the activity was conducted

as online lessons and each student attended to the lessons individually due to the pandemic. Therefore, 1 item was not be able to observed.

According to the researcher's observation for the first activity, the instructor discussed the problems in the scenarios with the students. In the identify the problem part of the activities, with examining the given scenario, the instructor and the students examined scenarios detailed and found the problems, the needs, the criteria, and the limitations.

In the first activity, according to the researcher's observation, the instructor had discussed the goal of the activity with the students and asked the questions to the students clearly. Also, the instructor has guided the students rather than answering the questions directly. In the collect information part of the activity, to specify the objectives of the disciplines, it was asked "Which subjects and objectives do you need to produce solutions and where to find objectives?" The students said that objectives can be found from the internet. The instructor let the students search the objectives in a minute then they found that objectives are obtainable from the curriculums. As a result, the instructor has directed the students instead of saying the answers immediately.

According to the researcher's observation, the instructor made the explanations clearly and helped students by giving feedback. In the construct a product step of the activity, the students send the photos of the constructed parts of their products to the instructor daily and then feedbacks were given by the instructor. At the end of the activities, the instructor carefully examined the products produced by the students.

During the first activity, according to the researcher's observation, the instructor guided students with open-ended questions. The students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. Therefore, guiding questions were added to three lesson plans like "What do we need to know to make an earthquake resistant building?" "Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?" As a result of the researcher's observation for the first activity, the instructor has paid attention to the

times stated in the activity plan and finished the first activity 20 minutes earlier than the allocated time.

#### **4.2. Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM Activity**

In this section, earthquake resistant wooden building design activity is examined step by step. This activity was carried out with the six students by the instructor and with a physics teacher by the researcher at different times. Therefore, observations about both the students and the teacher are available. In here, the students and the teacher are all mentioned as the participants but when answers or behaviors of them are explained, they are explicitly specified as the students or the teacher.

The second activity was revised according to the first activity. After implementation of the first activity, the second activity was revised except timing and the revised second activity has been applied to the participants. Then, according to the observation of the researcher, and the interviews with the students, the teacher and the instructor, the second activity was revised again.

##### **4.2.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the Second Activity**

In this stage, it is indicated that day to day observation of the activity performed with the students and the teacher. While the activity was applied to the teacher in the morning, it was applied to the students in the evening of that day. In total, the activity was observed 19 hours in 11 days for the students and 13 hours in 8 days for the teacher by the researcher. Total time includes 13 hours of online lessons and 6 hours of testing process of the products. The first six consecutive days, online lessons were made two hours per day. Then, in two days, products were produced. Later, with 6 hours in two days, products were tested, and an hour in a day, the evaluation part was fulfilled. Passing time for each process was the same for the teacher except the

testing part. Observation time is shown in Table 4.8. Then, the implementation of the second STEM activity is explained day by day.

Table 4.8. Observation Time of the Implementation of the Second STEM Activity

| Day                            | 1, 2, 3, 4, 5, 6                   | 7, 8                                                | 9,10                                    | 11                                                   | Totally             |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
| The activity with the students | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Testing products with 6 hours in 2 days | Evaluating products with an hour online lesson       | 19 hours in 11 days |
| The activity with the teacher  | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Not tested                              | Evaluating products with an hour in an online lesson | 13 hours in 8 days  |

#### Day 1

##### A. Identify the problem

In this part, it is expected from the participants to examine the given scenario in detail. The participants should be able to determine the problem described in the scenario and identify the need to solve the problem. Also, criteria, restriction and limitations should be found with analyzing the scenario. The scenario which is inside of the handout was presented to the participants by sharing on the screen of the computer. The scenario is as follows.

When looking at the map of the seismic zone of Turkey, it is seen that the first degree earthquake zone causing substantial loss of life and property occupies a large area.

According to the data of Kandilli Observatory, the largest earthquake recorded in this zone in the last 100 years is the 7.9 magnitude earthquake that took place in Erzincan province in 1939. As a result of the Erzincan earthquake, 32,986 people lost their lives and 116,720 residences were severely damaged.



Considering the data, the construction of earthquake resistant buildings in Erzincan, which is located on the first-degree earthquake zone, has great importance in order to minimize the loss of life and property caused by the earthquake. That's why a construction company volunteers to build earthquake resistant wooden buildings in which all people with different socio-economic levels can live in this city. Also, a construction company pays attention that the earthquake regulations allow the construction of wooden buildings with three floors at most including the basement. If you were a civil engineer working in this company, what kind of an earthquake resistant wooden building would you make in Erzincan province with not using any shock-reducing earthquake technology?

In the scenario, as an addition, it is specified that linear ground accelerations are measured instead of magnitude of the earthquake since it is not possible to measure magnitude of earthquake directly. Therefore, Table 4.2 was presented to the participants to show linear ground accelerations corresponding to magnitude of the earthquake values.

At the beginning of the activity, after the reading of the scenario, a female student stated that she has not seen any wooden buildings before so she could not imagine how the wooden building should be. At this point, the instructor has showed wooden buildings photographs and a female student was able to visualize wooden buildings.

It was asked to the participants what the problem is in the scenario. The students said loss of life and property, existing earthquakes and weakness in buildings. The teacher stated that since Erzincan is in the 1st degree earthquake zone, earthquakes are very severe problems. Upon this, the researcher asked if earthquakes are a problem, whether we can solve an earthquake problem. Then, the teacher said no and non-earthquake resistant buildings are the problem.

When it was asked what is the need, the students identified that the need is making an earthquake resistant wooden building. The teacher said that an earthquake resistant wooden building with the three floors including the basement is the need. According to the observation of the researcher, the participants had no difficulties to determine the problem and the need.

What the criteria, the restrictions and the limitations were asked to the participants. The students stated that criterion presented in the problem was that buildings must be wooden, have three floors and to be able to stand in 7.9 magnitude earthquakes. The students said that the limitations were making buildings three floors, using economical materials and not applying the earthquake technologies to the buildings. The teacher determined criteria like that buildings must be made out of wooden and resistant to at least 7.9 magnitude earthquakes. As limitations, the teacher has stated that buildings should have maximum three floors, should be built without applying the earthquake technologies to the buildings, and materials should be economic.

Since, in the first activity, the students couldn't differentiate limitations from criteria, the limitations item was changed with the restrictions and the limitations item. Therefore, in this step, what the criteria, and the restrictions and the limitations were asked to the participants. According to the observation of the researcher, the students were able to determine the criteria, the restrictions and the limitations without any

problems. According to the researcher, the identify the problem section is one of the most comfortable parts for both the students and the teacher to progress. Also, according to the observation of the researcher, each student has made an effort to respond to the questions willingly. Also, the teacher was excited at the beginning of the activity but after a little progress in the activity, she beat her excitement and answered questions more relaxed. During the activity, since all the participants finished this step in 15 minutes, allocated time had been revised.

#### B. Collect information

In this stage, what is expected from the participants are determining research questions, making search, answering research questions, determining disciplines and objectives of the disciplines, finding variables and testing the variables.

##### *Determining research questions*

“What should you investigate to make an earthquake resistant wooden building? What should be your research questions to know about making an earthquake resistant wooden building?” were asked to the participants. After the application of the first activity, guiding questions were added to the lesson plans like “What do we need to know to make an earthquake resistant concrete building?” “Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?” Therefore, those questions were asked to the participants.

The students’ research questions are what is an earthquake? How much quality materials for an earthquake proof wooden building should be used? What are the features of earthquake resistant wooden buildings? What are the dimensions of three floors wooden buildings? Also, the teacher determined the research questions like which construction stages should be followed in order to make an earthquake resistant and three floors of building model? Which material should be purchased from where and in what quantity? How can we build earthquake resistant wooden buildings? What kind of land is chosen before building the earthquake resistant

wooden structure? What is an earthquake? Are the intensity and magnitude of the earthquake the same type of concepts?

As a result of the researcher's observations, while the teacher stated research questions without helping of the researcher, the students needed to guidance of the instructor in somewhere to though widely. According to the observation of the researcher, both the students and the teachers had no difficulties in this stage.

Allocated time to determine the research question was 30 minutes but duration has lasted approximately 20 minutes for the students and 10 minutes for the teacher. Therefore, the timing for determining research questions was revised as 20 minutes.

## Day 2

### *Making search and answering the research questions*

After determining the research questions, the participants have searched questions. The questions identified in the previous step have been investigated one by one. That means, the students first searched for the answer of the first question, after finding it, they searched for the answer of the next question. The time given for each question was 10 minutes. After 10 minutes, answers were discussed in approximately 10 minutes. If needed information was reached, passed to the other question. If necessary information was missed, additional time was given. The students completed the search and discussion process in 130 minutes.

For the teacher, search was done as a whole. The online lesson was suspended and the teacher searched all questions by herself in a given time. 90 minutes were enough for the teacher to make a search. After finding information, the researcher and the teacher have made discussions for 30 minutes.

Some of this section continued in the next lesson since two hours of online lesson hours were up. Before completing the lecture, it was wanted from the participants to make detailed investigations about the research questions by the next online lecture day.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

### Day 3

Making search and answering research questions continued on this day. As a result of the observation of the researcher, both the students and the teachers reach the necessary information for making an earthquake resistant wooden building. As a result of the researcher's observation, the students were inexperienced in doing search and they did research without knowing which source was reliable or not, and were unable to interpret the information they found. After studying what is a short secure source, how to access it, and the importance of interpreting the information they obtained, the students had searched trusted sites. As a result of the researcher observation, unlike the students, the teacher had no difficulties in making search and accessing the needed information.

Before the activity, the time had been determined 120 minutes for making search and answering research questions. However, this step has been lasted 130 minutes for the students and 120 minutes for the teacher so allocated time has been altered to 130 minutes

### *Determining disciplines and objectives of the disciplines*

The instructor asked "What kind of information from which disciplines or courses do you need to make an earthquake resistant wooden building?" "What disciplines or courses will help you to make an earthquake resistant concrete building?" The students stated physics, science, mathematics, seismology, technology and engineering. The teacher said that geology, physics, engineering, mathematics and technology.

According to the researcher's observation, the students had no difficulties to understand the meaning of the disciplines item since the instructor asked questions with using courses item near the disciplines item. As a result of the observation of the researcher, social skills disciplines weren't found by all the participants. The instructor asked the students that "If you did the activity as a group, what would

group working has contributed to you?” Then, the students could think of social skills as a discipline. To be found social skills by the teacher, it was reminded to the teacher that the activity would be held in a group then the teacher added to social skills as discipline of the activity.

To specify the objectives of disciplines, it was asked “Which subjects and objectives do you need to produce solutions and where to find objectives?” While the teacher said that they can be found from the curriculums, the students said that objectives can be found from the internet. The instructor let the students search the objectives in a minute then they found that objectives are obtainable from the curriculums. The students reached physics and mathematics curriculums easily. Also, they used technology and design curriculum for middle school to find engineering objectives but technology objectives inside the curriculum were not applicable for the activity. Therefore, the instructor provided references and led the students to determine the objectives about technology and social skills disciplines.

According to the researcher’s observation, the instructor has directed the students instead of saying the answers immediately. Also, as a result of the observation of the researcher, the students were able to learn by themselves and they have corrected their mistakes by making searches.

For physics discipline, all the students and the teacher stated that earthquake waves should be known to reach the solution and a student said that pressure of solids also should be known. For mathematics discipline, the participants determined objectives from the middle school mathematics curriculum. With the guidance of the instructor, the students chose that they should recognize the units of length measurement, decide whether two multiples are inversely proportional by examining real life situations. The teacher determined the objectives like collecting data on research questions, recognizing the units of length measurement, creating research questions that require data collection.

For technology and engineering disciplines, the students determined objectives from the technology and design course curriculum and some thesis shared by the

researcher. The students stated that they need to know necessary steps to create and structural features of a design. Also, the teacher said that she needed to know principles of the design, to describe the necessary creation steps of the design, to explain the production processes of the design. Moreover, the teacher stated that during the activity, technology is used to obtain necessary information from the internet, to test the products by using the shaking table and to use computers to transfer mathematical data to tables with the help of Excel program. For engineering discipline, the teacher stated that showing which stages are used while building the wooden building during the model construction stages, testing the quality and quantity of material to be used, using quantity calculations and preparing a model suitable for it should be known.

Lastly, for the social skills, the students determined objectives like working in harmony with peers and being able to brainstorm. On the other hand, the teacher determined objectives as gaining 21st century skills like creativity and working collaboratively.

According to the observation of the researcher, this step let the students to think more to find the suitable objectives from many objectives. As a result of the observation of the researcher, determining the disciplines and the objectives of the disciplines was the easy progress for the teacher. The teacher did not have any difficulties in this step. For this step of the activity, allocated time was 25 minutes but it has lasted 30 minutes so time has been revised to 30 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 4

#### *Finding variables and testing the variables*

“Does the problem have variables” was asked to the participants. The students said that a dependent variable is earthquake resistance of the building; height of the building and amounts of the materials are independent variables; number of floors is a constant variable. The teacher said that earthquake resistance of the building is a

dependent variable; quality of materials, width of the building and shape of the building are independent variables; magnitude of an earthquake and number of floors are constant variables.

Then, the instructor stated that a dependent variable in the problem is earthquake resistance of the building; the independent variables are height of the building, width of the building, shape of the building, duration of the vibration, quality of the materials and the amounts of the materials; the constant variables are the number of floors of the building and the shaking magnitude of the building.

After determining the variables, the effects of them were observed with making spaghetti models. Independent variables were shared among students. Two students made models with different heights to observe the effect of the height of the building. Other two students made models with different widths to observe the effect of the width of the building and last two students made models with different shapes to observe the effect of the shape of the building. Remaining independent variables' effects were said truly by the students without making models. To test an effect of the variables, each student made two models and they put two models on a table in their houses and shook the table to observe which model overturned or collapsed previously.

To observe the effect of the height of the buildings, the students have made two models with different lengths which are shown in Figure 4.14. while keeping all other variables constant. After shaking the table with two models, the longer model toppled first so the students stated when the building height increases, earthquake resistance of the building decreases



Figure 4.14. The students' spaghetti building models with different heights

To observe the effect of the building's width, the students have made two models with different widths which are shown in Figure 4.15 while keeping all other variables constant. After shaking the table with two models, the model with the less width toppled first so the students stated when the building width increases, earthquake resistance of the building also increases



Figure 4.15. The students' spaghetti building models with different widths

To observe the effect of the building' shape, the students have made square and triangle models having the same sizes which are shown in Figure 4.16 while keeping all other variables constant. After shaking the table with two models, any effect of the shapes of the building on the earthquake resistance of the building wasn't observed.



Figure 4.16. The students' spaghetti building models with different shapes

The researcher asked the teacher "What are the effects of the variables on earthquake resistance of the building?" The teacher said that earthquake resistance of the building increases when height of the building decreases and width of the building decreases. Also, she claimed that shape does not affect the earthquake resistance of the building. Since she could not predict the effect of the building's width correctly, the teacher made models with spaghetti to observe the effect of the building's width which are shown in Figure 4.17. To observe which model shakes more than another, the teacher has put the models on the table and shook it. Then, the model with the less width has collapsed first so the teacher stated that when the building width increases, earthquake resistance of the building increases. The dimensions of the participants' models are given in Table 4.9.

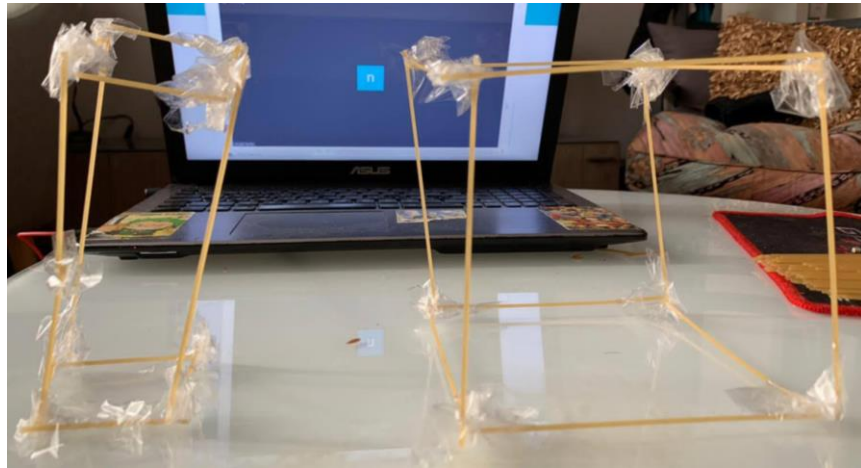


Figure 4.17. The teacher's spaghetti models with different widths

Table 4.9. Dimensions of The Participants' Models

|                                                   | Heights Between<br>the Floors | Side Lengths of<br>the Surface | Shapes     |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| First student's models with<br>different heights  | 5 cm                          | 8 cm                           | Tetragonal |
|                                                   | 8 cm                          | 8 cm                           |            |
| Second student's models<br>with different heights | 5 cm                          | 7 cm                           | Tetragonal |
|                                                   | 8 cm                          | 7 cm                           |            |
| Third student's models<br>with different widths   | 10 cm                         | 10 cm                          | Tetragonal |
|                                                   | 10 cm                         | 15 cm                          |            |
| Fourth student's models<br>with different widths  | 8 cm                          | 5 cm                           | Tetragonal |
|                                                   | 8 cm                          | 8 cm                           |            |
| Fifth student's models for<br>different shapes    | 8 cm                          | 5 cm                           | Triangle   |
|                                                   | 8 cm                          | 8 cm                           | Tetragonal |

Table 4.9 (continued)

|                                                | Heights Between<br>the Floors | Side Lengths of<br>the Surface | Shapes     |
|------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| Sixth student's models for<br>different shapes | 13 cm                         | 13 cm                          | Triangle   |
|                                                | 13 cm                         | 13 cm                          | Tetragonal |
| The teacher's models for<br>different shapes   | 12 cm                         | 5 cm                           | Triangle   |
|                                                | 12 cm                         | 12 cm                          | Tetragonal |

According to the first activity, since the students had problems making models using spaghetti, alternative materials were added to the lesson plans like wooden sticks and pipettes. Hereby, according to the observation of the researcher, the students did not have difficulties in this step. As a result of the researcher's observation, some students have rolled papers and some students combined cardboard with toothpicks. Therefore, in the lesson plans, this step was revised again adding materials like paper, cardboard and toothpicks to besides the wooden sticks and pipettes materials. According to the researcher's observation, the students were able to reveal their creativity skills with finding materials from their home. As a result of the observation of the researcher, the teacher had no problem attaching spaghetti with tape but she could not make the models more than a floor. As a result of the researcher, during the making model, both the students and the teacher had a good time and they enjoyed the hands-on activity process. Allocated time for this part was 120 minutes but the duration lasted 90 minutes so timing was revised to 90 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 5

### C. Develop solutions

Here, what is expected from the participants are to determine evaluation criteria and to make scaling calculations, to create a product evaluation form and solutions.

#### *Making scaling calculations*

“Is it possible to build 3-storey buildings according to their actual dimensions? If we can't make real buildings what could we do?” have been asked to all the participants. The students said that they could take half of the sizes or take half of the half or divide the sizes to four pieces. Then, the instructor gave examples from the scaling table and let the students to fulfill the rest of the table. The teacher said that real building sizes can be reduced in certain proportions. Then, the researcher gave examples from the scaling table and let the teacher to fulfill the rest of the table.

According to the observation of the researcher, both the students and the teacher had difficulties in scaling of amounts of the materials and the sizes of the building. They had problems making calculations. With guidance of the instructor to the students and guidance of the researcher to the teacher, the problem has been eliminated. According to the researcher observation, as in the previous activity, the participants had a problem carrying through mathematics objectives. Allocated time for making scaling calculations was 25 minutes but scaling has lasted more and time was revised to 40 minutes.

#### *Determining evaluation criteria and creating a product evaluation form*

To determine evaluation criteria, the instructor asked “According to which features should the products be evaluated?” The students said that according to a proper scaling, being earthquake resistant, being economical and labor. Then, the instructor asked “How can you compare products? And the students classified the evaluation criteria with putting scores. The teacher stated that products could be evaluated in terms of being earthquake resistant, being economical, appropriate sizes and necessary materials.

According to the observation of the researcher, the students and the teacher proceeded without any problem and they created criteria for evaluation form easily. 20 minutes had been arranged for this step and it was enough during the activity so there is no revision in time.

### *Creating solutions*

After determining the evaluation criteria and making scaling calculations, the participants developed solutions. The students' solutions were to design a building having three floors, cross links, struts, interconnections and based on  $1/50$ ,  $1/25$ ,  $1/20$  and  $1/15$  scaling of both materials and sizes of the building. The teacher's solutions were designing buildings based on  $1/50$  and  $1/25$  scaling and quadrilateral shapes.

According to the observation of the researcher, no problem was observed. While allocated time had been 45 minutes, creating solutions has lasted 30 minutes. Therefore, time has changed to 30 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

### *Day 6*

#### *D. Choose the best solution*

In this section, the participants determined an appropriate solution among the solutions they have previously produced according to the criteria and limitations.

Three students have chosen  $1/15$  scaling, two students have chosen  $1/20$  scaling and a student and the teacher have chosen  $1/50$  scaling for sizes of the products. Also, all the participants have determined to make buildings tetragonal and having cross links, struts and interconnections. Then, "Why did you choose those solutions?" was asked to all the participants. They said that the buildings would be more earthquake resistant with those solutions. Also, the teacher and a student who had decided to make  $1/50$  scaling said that with this scaling, making buildings would be easier. Other students said that they chose  $1/15$  or  $1/20$  scaling because they wanted to make big products.

According to the researcher's observation, unlike a previous activity, the students did not think that it would be difficult to construct wooden buildings in large dimensions and they preferred different scaling rates like 1/15, 1/20 and 1/50 for the products.

After determining the best solution, the participants have drawn the products with scales and determined the needed materials. Some examples among six drafts belonging to the students are placed in Figure 4.18 and the draft of the teacher is shown in Figure 4.19.

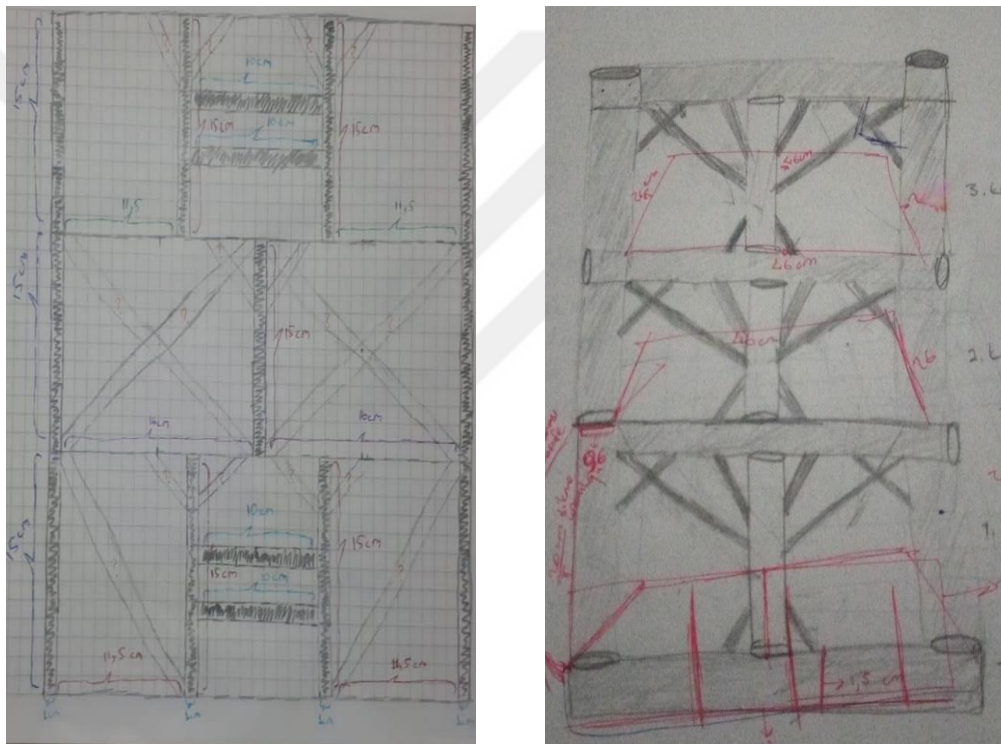


Figure 4.18. Some examples of drawings of the students' earthquake resistant wooden buildings

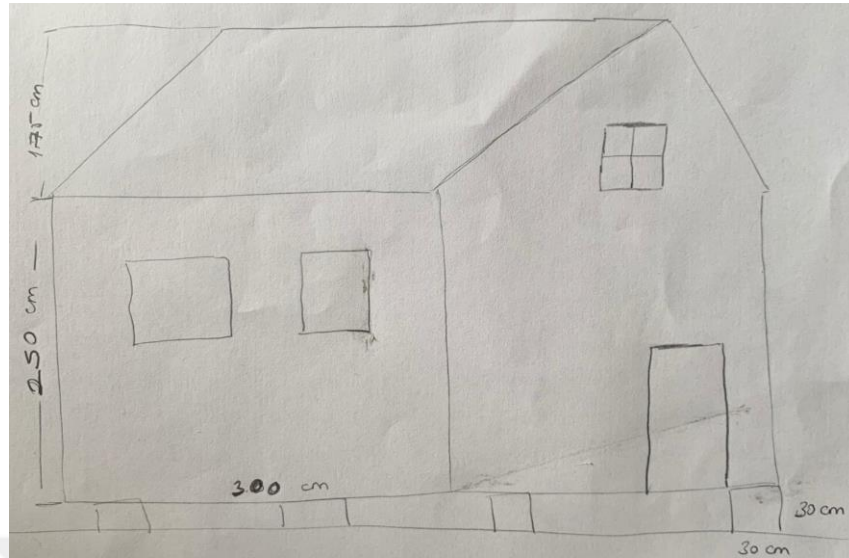


Figure 4.19. Drawings of the teacher's earthquake resistant wooden building

As a result of the researcher's observation, each student drew the product drafts irreplaceably so all drafts became different from each other. In this section, the students were able to make their own decisions and presented their ideas freely. Also, they worked within the harmony. As a result of the researcher's observation, the teacher drew the draft a little bit different from the students. While the students drew the frame of the buildings, the teacher drew the buildings as a whole. Upon this, the researcher reminded the teacher that in the activity, making the skeleton of the wooden building become enough, it is not needed to construct the wooden building with all structural elements like doors, windows and roof. Also, this reminding was added to the lesson plans of the first and the second activities.

After that, "What materials do you need to produce wooden building products?" was asked to the participants. The participants have wanted necessary sticks with the amount and the desired stick types and quantities are given in Table 4.10. After the arranging amount of the sticks and the sizes of the sticks, the participants went to the carpenter and provided the necessary sticks for their products.

Table 4.10. Desired Sticks' Lengths and Thicknesses by the Participants

| Desired Sticks' Lengths by Participants (cm)  |                                                                            |                                      |                                       |                                      |                                      |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Scaling                                       | For floors                                                                 | For pillars                          | For interconnections                  | For struts                           | For cross links                      |
| 1/50 scaling<br>(One student and the teacher) | 40 pieces sticks with 0.1 x 0.4 x 8; 32 pieces sticks with 0.1 x 0.4 x 14  | 60 pieces sticks with 0.2 x 0.2 x 6  | 120 pieces sticks with 0.2 x 0.2 x 4  | 140 pieces sticks with 0.2 x 0.2 x 2 | 30 pieces sticks with 0.2 x 0.2 x 5  |
| 1/20 scaling<br>(Two students)                | 32 pieces sticks with 0.25 x 1 x 35; 20 pieces sticks with 0.25 x 1 x 20   | 60 pieces sticks with 0.5 x 0.5 x 15 | 120 pieces sticks with 0.5 x 0.5 x 10 | 140 pieces sticks with 0.5 x 0.5 x 5 | 30 pieces sticks with 0.5 x 0.5 x 20 |
| 1/15 scaling<br>(Three students)              | 48 pieces sticks with 0.3 x 1.5 x 46; 60 pieces sticks with 0.3 x 1.5 x 26 | 90 pieces sticks with 0.6 x 0.6 x 20 | 180 pieces sticks with 0.6 x 0.6 x 13 | 210 pieces sticks with 0.6 x 0.6 x 4 | 45 pieces sticks with 0.6 x 0.6 x 26 |

According to the observation of the researcher, the students had problems determining the amount of sticks with reading the scaling table. To eliminate this problem, the instructor gave an example of how to calculate the number of sticks for a product then the students understood and determined the materials. The teacher didn't have trouble in this part and she read the scaling table and determined the amount of the materials easily. Allocated time had been 20 minutes but it has lasted 45 minutes so revision was made in timing.

The activity was suspended to continue for construction of the products.

Day 7

#### E. Construct a product

This step was executed by messaging with the participants. Online lessons were not held but the participants sent photos of the constructed parts of their products via WhatsApp application to the researcher and to the instructor daily and discussions were made, and then feedback was given by the researcher and the instructor. By this kind of communication, the researcher could observe the participants.

The participants were expected to develop products based on the variables which have been identified and tested with making spaghetti models on the fourth day of the activity and also based on the limitations and the criteria.

Since the carpenter had adjusted the materials according to the dimensions, the participants just connected to the sticks paying attention to the size. At the beginning of the construction of the products, the participants have formed the base frames and the grids of the floors. The wooden frames made by the students are shown in Figure 4.20 and by the teacher shown in Figure 4.21.



Figure 4.20. Some students' wooden frames



Figure 4.21. The teacher's wooden frames

This process has lasted on average one and a half hours. As a result of the observation of the researcher, the participants had no problem.

The activity was suspended to continue the production of the products.

Day 8

After making the frames of the wooden buildings, the participants attached the frames with gluing the struts to the floors. After completing connection of the frames, they inserted the cross links and interconnections to make products more earthquake resistant. Then, the products were completed. Some students' earthquake resistant wooden building products are shown in Figure 4.22 and the teacher's earthquake resistant wooden building product is shown in Figure 4.23.

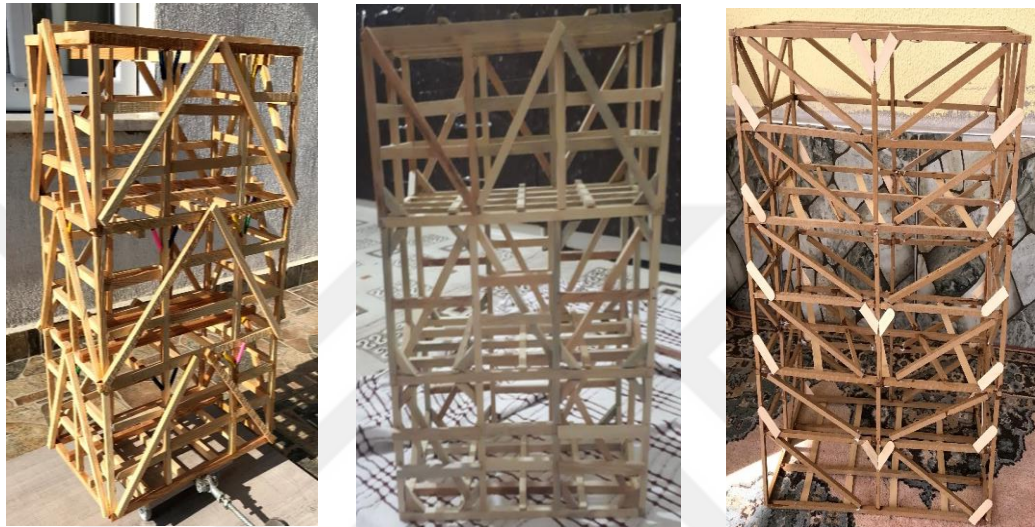


Figure 4.22. Some students' earthquake resistant wooden building products



Figure 4.23. The teacher's earthquake resistant wooden building product

According to the observation of the researcher, the participants had no problem and they produced desired products. Also, it was the easiest part for the students and the teacher since they just glued sticks to each other with paying attention to the sticks' sizes. As a result of the researcher's observation, both the male and the female students were very excited about creating their own products. Unlike the first activity, in which the teacher had difficulty during making the concrete building product, in the second activity, the teacher did not have problem during the construction of the wooden building product. On the contrary, producing the product was the most enjoyable part for the teacher. As previously arranged, producing the products has lasted 180 minutes so there is no revision in timing.

Day 9 and 10

#### F. Test the products and redesign

The participants were expected to check whether their products have the requirements and to test their wooden building products themselves by putting them on the shake table. In this section, if wooden building products were earthquake resistant, the participants could pass the next step. If their products were not working, the participants could go through previous steps to redesign of the products.

For the testing, the researcher has gone the students' homes and tested prototypes of the six students separately. During this process, the videos were recorded to watch for the evaluation of the products in the evaluation part of the activity.

In this step, the participants' products have been tested whether their products' sizes were arranged according to scaling and earthquake resistant or not. According to the 1/50 scaling, the lengths of the floors should be 8 cm and 14 cm; the width and the height of the floors should be 0.1 cm and 0.4 cm; the length of the pillars should be 6 cm, the width and the height of the pillars should be 0.2 cm and 0.2 cm. According to these measurements, the sizes of the teacher's and a student's products are given in Table 4.11.

Table 4.11. The Expected and Measured Sizes of 1/50 Products for the Student and the Teacher

|                             | Expected the<br>Floors' Width,<br>Height and<br>Lengths (cm) | Measured the<br>Floors' Width,<br>Height and<br>Lengths (cm) | Expected<br>the Pillars'<br>Width,<br>Height and<br>Lengths<br>(cm) | Measured the<br>Pillars' Width,<br>Height and<br>Lengths (cm) |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. Student's<br>Product     | 0.1 x 0.4 x<br>8 (For a<br>short edge)                       | 0.3 x 0.5 x 8<br>(For a short<br>edge)                       | 0.2 x<br>0.2 x 6                                                    | 0.3 x 0.5 x 6                                                 |
|                             | 0.1 x 0.4 x<br>14 (For a<br>long edge)                       | 0.3 x 0.5 x 14<br>(For a long<br>edge)                       |                                                                     |                                                               |
| The<br>Teacher's<br>Product | 0.1 x 0.4 x<br>8 (For a<br>short edge)                       | 0.1 x 0.9 x 8<br>(For short edge)                            | 0.2 x 0.2 x<br>6                                                    | 0.1 x 0.9 x 6                                                 |
|                             | 0.1 x 0.4 x<br>14 (For a<br>long edge)                       | 0.1 x 0.9 x 14<br>(For a long<br>edge)                       |                                                                     |                                                               |

According to the 1/20 scaling, the lengths of the floors should be 20 cm and 35 cm; the width and the height of the floors should be 0.25 cm and 1 cm; the length of the pillars should be 15 cm, the width and the height of the pillars should be 0.5 cm and 0.5 cm. According to these measurements, the sizes of two students' products are given in Table 4.12.

Table 4.12. Expected and Measured Sizes of 1/20 Products for the Students

|                          | Expected<br>the Floors'<br>Width,<br>Height and<br>Lengths<br>(cm)              | Measured the<br>Floors' Width,<br>Height and Lengths<br>(cm)                | Expected<br>the Pillars'<br>Width,<br>Height and<br>Lengths<br>(cm) | Measured the<br>Pillars' Width,<br>Height and<br>Lengths (cm) |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 2. Student's<br>Products | 0.25 x 1 x<br>20 (For a<br>short edge)<br>0.25 x 1 x<br>35 (For a<br>long edge) | 1 x 1 x 20 (For a<br>short edge)<br>1 x 1 x 37 (For a<br>long edge)         | 0.5 x 0.5 x<br>15                                                   | 1 x 1 x 15                                                    |
| 3. Student's<br>Products | 0.25 x 1 x<br>20 (For a<br>short edge)<br>0.25 x 1 x<br>35 (For a<br>long edge) | 1.5 x 2.5 x 19 (For a<br>short edge)<br>1.5 x 2.5 x 35 (For a<br>long edge) | 0.5 x 0.5 x<br>15                                                   | 1.5 x 2.5 x 15                                                |

According to the 1/15 scaling, the lengths of the floors should be 26 cm and 46 cm; the width and the height of the floors should be 0.3 cm and 1.5 cm; the length of the pillars should be 20 cm; the width and the height of the pillars should be 0.6 cm and 0.6 cm. According to these measurements, the sizes of three students' products are given in Table 4.13.

Table 4.13. Expected and Measured Sizes of 1/15 Products for the Students

|                          | Expected<br>the<br>Floors'<br>Width,<br>Height<br>and<br>Lengths<br>(cm)             | Measured the<br>Floors' Width,<br>Height and Lengths<br>(cm)                | Expected<br>the<br>Pillars'<br>Width,<br>Height<br>and<br>Lengths<br>(cm) | Measured the<br>Pillars' Width,<br>Height and<br>Lengths (cm) |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 4. Student's<br>Products | 0.3 x 1.5 x<br>26 (For a<br>short<br>edge) 0.3<br>x 1.5 x 46<br>(For a<br>long edge) | 1 x 1.5 x 26 (For a<br>short edge)<br>1 x 1.5 x 45 (For a<br>long edge)     | 0.6 x 0.6<br>x 20                                                         | 1 x 1.5 x 20                                                  |
| 5. Student's<br>Products | 0.3 x 1.5 x<br>26 (For a<br>short<br>edge) 0.3<br>x 1.5 x 46<br>(For a<br>long edge) | 1 x 3 x 26 (For a<br>short edge)<br>1 x 3 x 46 (For a<br>long edge)         | 0.6 x 0.6<br>x 20                                                         | 1 x 3 x 21                                                    |
| 6. Student's<br>Products | 0.3 x 1.5 x<br>26 (For a<br>short<br>edge) 0.3<br>x 1.5 x 46                         | 0.7 x 0.7 x 26 (For a<br>short edge)<br>0.7 x 0.7 x 46 (For a<br>long edge) | 0.6 x 0.6<br>x 20                                                         | 0.7 x 0.7 x 20                                                |

According to the researcher's observation, the products of the students and the teacher were built according to the expected dimensions. It shows that although the participants had trouble about calculation of the scaling values, they were able to use scaling values during the making products without any problems. As a result, the mathematics objectives were gained by the participants.

To measure the earthquake resistance of the products, the accelerometer in the "Google Science Journal" application has been used. Also, to test the products, the researcher had designed the shaking table and used electrical drill screwdriver to create steadily increasing accelerations which are shown in Figure 4.13. The shaking table has been shaken with increasing acceleration in every 10 seconds until the products collapse or overturned.

The products have been put on the shaking table and the smartphone with the "Google Science Journal" application has been placed on the shaking table or on the products. The products have been shaken to 7.5 - 7.9 values (5.3 m/s<sup>2</sup> - 5.8 m/s<sup>2</sup> acceleration) and if collapsing and overturning weren't observed, shaking increased regularly.

Since the "Google Science Journal" application gives linear acceleration values, the products were tested according to linear acceleration values rather than the magnitude of the earthquake. Maximum linear acceleration values were recorded at the moments when the products collapsed completely or overturned without collapsing. Then, acceleration values have been converted to Richter magnitude values are shown in Table 4.2 which had been formed by the researcher from the literature review. Linear ground accelerations corresponding to magnitude of earthquake values had been presented to the participants in the scenario part.

As mentioned in the scenario, the products should resist at least 7.9 magnitude value which corresponds to 5.8 m/s<sup>2</sup> linear ground acceleration. As a result of the observation of the researcher, when the products were tested, all the products have exceeded the desired earthquake magnitude value and they were built based on the

criteria, the restrictions and the limitations mentioned in the scenario. Also, the products had properties of earthquake resistant wooden buildings.

The first student's product collapsed in 6.0 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 8.1 Richter magnitude value. It has overturned and nothing happened. The second student's product collapsed in 10.4 m/s<sup>2</sup> which corresponded to above the 9 Richter magnitude value. It has overturned and nothing happened. The dimensions of all sizes were arranged according to the expected scaling values and the thickness of the sticks were almost the same with the scaling values. Also, the cross links, struts and interconnections were made as requested. The third student's product collapsed in 6.0 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 8.1 Richter magnitude value. It has overturned and divided into parts since wooden sticks had not firmly glued to each other so when the product hit the ground, its' pieces dispersed. The fourth student's product collapsed in 11.3 m/s<sup>2</sup> which corresponded to above the 9 Richter magnitude value. It has overturned and nothing happened. The dimensions of the sizes were arranged according to the expected scaling values. Also, all cross links, struts and interconnections were made as requested. The fifth student's product collapsed in 5.8 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 7.9 Richter magnitude value. It has overturned and broken in some parts since there were not enough interconnections on the product. The sixth student's product collapsed in 6.0 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 8.1 Richter magnitude value. It has overturned and nothing happened since it had been constructed based on scaling values and thickness of sticks were as desired. As it was mentioned at the beginning, the teacher's product couldn't be tested.

The linear acceleration values are given in Table 4.14 and Richter magnitude values corresponding the linear acceleration values are given in Table 4.15.

Table 4.14. The Linear Acceleration Values During Testing

| Linear Acceleration Values for Student's Products (m/s <sup>2</sup> ) |          |          |                                        |          |                                            |          |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------------------------------------|----------|--------------------------------------------|----------|
|                                                                       | 1.       | 2.       | 3.                                     | 4.       | 5.                                         | 6.       |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 1.2      | 1.5      | 2.1                                    | 1.3      | 1.7                                        | 1.6      |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 3.1      | 3.8      | 3.7                                    | 3.2      | 4.0                                        | 3.5      |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 5.0      | 5.4      | 4.2                                    | 4.2      | 4.6                                        | 4.7      |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | 6.0      | 5.9      | 6.0                                    | 6.6      | 5.8                                        | 6.0      |
|                                                                       | Overturn |          | Overturn<br>and<br>divided to<br>parts |          | Overturn<br>and broken<br>in some<br>parts | Overturn |
| Shaking<br>10<br>seconds                                              | x        | 10.4     | x                                      | 11.3     | x                                          | x        |
|                                                                       |          | Overturn |                                        | Overturn |                                            |          |

Table 4.15. Richter Magnitude Values Corresponding to the Linear Acceleration Values

| Richter Magnitude Values for Student's Products |          |                          |                                        |                          |                                               |          |
|-------------------------------------------------|----------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|----------|
|                                                 | 1.       | 2.                       | 3.                                     | 4.                       | 5.                                            | 6.       |
| Shaking<br>10<br>seconds                        | 3.6      | 4.3                      | 4.8                                    | 3.7                      | 4.5                                           | 4.4      |
| Shaking<br>10<br>seconds                        | 5.7      | 6.2                      | 6.2                                    | 5.7                      | 6.4                                           | 6.0      |
| Shaking<br>10<br>seconds                        | 7.2      | 7.6                      | 6.6                                    | 6.6                      | 6.9                                           | 7.0      |
| Shaking<br>10<br>seconds                        | 8.1      | 8                        | 8.1                                    | 8.6                      | 7.9                                           | 8.1      |
|                                                 | Overturn |                          | Overturn<br>and<br>divided<br>to parts |                          | Overturn<br>and<br>broken in<br>some<br>parts | Overturn |
| Shaking<br>10<br>seconds                        | x        | Above<br>9.5<br>Overturn | x                                      | Above<br>9.5<br>Overturn |                                               |          |

Since all the students were satisfied with their products, no one made any changes in their products. According to the researcher's observation, during the testing step, the students have enjoyed and were excited about whether their products would collapse or not. It was one of the most enjoyable and the easiest steps for them.

Allocated time for this step was 15 minutes but it had been arranged according to a product. During the applying of this activity, as group work could not be done, data was obtained by six individual products. For each product testing, 15 minutes was enough so timing didn't change in this part.

Day 11

#### G. Evaluation

In this part, the students' and the teacher's products have been evaluated according to values obtained from the test part. The students' products have been evaluated based on an evaluation form which had been prepared during the activity. To evaluate the students' products, the videos including moments of collapse and overturning of all the products were watched. As a result of the evaluation, the fourth student's product was chosen since its' almost all structure elements have been made based on the scaling and it has been collapsed over the 9 Richter magnitude value. As a result of the researcher's observation, the participants did not have difficulty and 45 minutes was enough for this part so any revision did not happen in the evaluation part.

From the initial to the end of the activity, according to the observation of the researcher, the students were more actively engaged. At the beginning of the activity, the teacher acted timidly because she was worried about not being able to answer correctly. The participants paid attention to each step of the activity rather than just focusing to produce products. As a result of the researcher's observation, the students and the teachers had difficulties in carrying out the mathematics objectives but they were more successful during performing the engineering objectives. Unlike previous activity, the teacher was as enthusiastic as the students to produce the products. As a

result of the observation of the researcher, both the students and the teacher had pretty good times and forced themselves to think critically and improved their creativity perspectives by construction of the products. The students' communication with the instructor and the teacher communication with the researcher were highly strong. According to the researcher's observation, there was no problem in the timing, allocated times were almost enough for each section except one or two.

In this activity, allocated times were edited and revised in some parts so total time decreased from 680 minutes to 670 minutes. Timing of the earthquake resistant wooden building design activity is presented in Table 4.16.

Table 4.16. Timing of the Earthquake Resistant Wooden Building Design Activity

| Seven Steps of the<br>STEM Activity  | Timing Before<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) | Timing After<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 8. Identify the Problem              | 30                                                           | 20                                                          |
| 9. Collect Information               | 300                                                          | 275                                                         |
| 10. Develop Solutions                | 90                                                           | 90                                                          |
| 11. Choose the Best<br>Solution      | 20                                                           | 45                                                          |
| 12. Construct a Product              | 180                                                          | 180                                                         |
| 13. Test the Product and<br>Redesign | 15                                                           | 15                                                          |
| 14. Evaluate                         | 45                                                           | 45                                                          |
| Total Timing                         | 680                                                          | 670                                                         |

#### **4.2.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the Second Activity**

A group interview with the six students and the interview with the teacher were conducted after the implementation of the activity. The students and the teacher were asked six questions (see Appendix D for the students' interview questions and see Appendix E for the teacher's interview questions).

The participants have responded to the first question, "Could you associate the problem situation in the STEM activity with daily life?" One female student has stated that she had difficulty in associating the problem with daily life since she has not seen any wooden buildings in daily life. Due to that, the researcher added photos of a rough construction of the concrete building, a wooden building and a building with an earthquake technology were added into the instructional materials which are lesson plans, the students' handouts and the teacher guide sheets of each activity. Figure 4.24 is the visual of a concrete building, Figure 4.25 is the visual of a wooden building and Figure 4.26 is the visual of a building with an earthquake technology



Figure 4.24. A concrete building as visual for revised instructional materials



Figure 4.25. A wooden buildings as visual for revised instructional materials



Figure 4.26. A building with an earthquake technology as visual for revised instructional materials

The second question was asked “Were there any most challenging steps in the STEM activity?” All the students and the teacher stated that determining the number of the sticks used in floors, pillars and links and finding suitable sticks were the most difficult processes. Also, they stated that the scaling part was quite challenging.

The next question was “During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?” All the students stated that identifying the problem, testing the products, producing the products and evaluation parts were the easiest part. The teacher said that all the steps were easy to progress.

Based on the question “Were the handouts distributed to you understandable?”, all the participants expressed that distributed handouts were understandable and useful.

“Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?” was asked to the participants and all of them said that no part needed to be changed.

The participants have responded to the final question “What are your general views and opinions about the STEM activity participated in?” Answers on which the most of the students and the teacher agree have presented as follows. Lessons were passing lively and usefully During the activity, exchanging the ideas and making discussion about an issue were possible. Thinking processes were dominant in every step of the activity. Opportunities for experiencing in building wooden products and for increasing awareness about earthquake resistant wooden buildings existed. Also, the teacher said that the activity would bring her a lot and at the end, it met her expectations and she learned how STEM activity should be.

#### **4.2.3. Results of the Interviews with the Instructor for the Second Activity**

The interview with the instructor was conducted after the implementation of the first activity and the six questions were asked to the instructor (see Appendix F for the instructor’s interview questions). The instructor, who had been in STEM studies before, responded to the first question, “During the STEM activity, were there any parts that you had difficulties applying and the students had difficulties in progressing?” The instructor said that some of the students had concerns especially in the parts that required high level thinking skills and in the scaling calculation parts. Also, the instructor continued that the students were inexperienced in doing search and did search without knowing which source was reliable or not, and were unable to interpret the information they found.

The next question was “During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?” The instructor said that defining the problem,

determining the research questions, determining the criteria for the product, producing product and evaluation were the sections that were easier.

“Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?” was asked by the instructor. She said that, like the first activity, the part of determining the criteria and the limitations was reached quickly, and the allocated time could be shorter. Likewise, the time allocated for answering the research questions could be decreased. Since the students have a little difficulty in calculating the scaling, the time allocated for this section can be given more.

The other question asked to the instructor was “Have the lesson plan, the teacher guide sheet and the handout been prepared suitable for the objectives? The instructor said that all the instruments were appropriate for the objectives.

Finally, the instructor responded to the question “How was your communication with the students?” The instructor said that her communication with the students was strong and due to that the students have eagerly attended to the activity.

#### **4.2.4. Results of the Observations for the Instructor for the Second Activity**

In order to directly monitor whether developed STEM activity have STEM principles and how the instructor reflects the nature of STEM education into practice, the researcher used the observation form to observe the instructor. The observation form (see Appendix G for the observation form) consists of 12 items and inside of the form, there are expressions to show the situations expected from the instructor during the student-centered activity. If the instructor applied the expected situation to the desired extent, tick was put the "Applied" section and if did not apply, "Not Applied" section was marked. According to the observations of the researcher based on the observation form, deficiencies and the problematic points in the activity were determined. The results are presented for the second STEM activity as follows.

The instructor applied 11 items of 12 expected situations. It was expected from the instructor to divide students into groups but did not, since the activity was conducted

as online lessons and each student attended to the lessons individually due to the pandemic. Therefore, 1 item could not be observed.

According to the researcher's observation for the second activity, the instructor discussed the problems in the scenarios with the students. As a result of the discussion about the problem in the scenario, since one female student could not associate the problem with daily life, the instructor presented the wooden building photos to the students then the student was able to visualize. Therefore, photos of a concrete building, a wooden building and a building with an earthquake technology were added to three activities.

In the second activity, according to the researcher's observation, the instructor had discussed the goal of the activity with the students and asked the questions to the students clearly. Also, the instructor has guided the students rather than answering the questions directly. In the collect information part of the activity, when the students asked how the earthquake resistant wooden buildings should be, the instructor has directed the students to search instead of saying the answers immediately. According to the researcher's observation for the second activity, the instructor made the explanations clearly and helped students by giving feedback. In the construct a product step of the activity, the students send the photos of the constructed parts of their products to the instructor daily and then feedbacks were given by the instructor. At the end of the activity, the instructor carefully examined the products produced by the students.

During the second activity, according to the researcher's observation, the instructor guided students with open-ended questions. The students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. Therefore, guiding questions were added to three lesson plans like "What do we need to know to make an earthquake resistant building?" "Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?" As a result of the researcher's observation, the instructor paid attention to the times stated in the

activity plan and finished the second activity 10 minutes earlier than the allocated time.

### **4.3. Technologies Design to Prevent Buildings from Earthquake**

In this section, technologies design to prevent buildings from earthquake activity is examined step by step. This activity is the third activity and was carried out with the six students by the instructor and with a physics teacher by the researcher at different times. Therefore, observations about both the students and the teacher are available. In here, the students and the teacher are all mentioned as the participants but when answers or behaviors of them are explained, they are explicitly specified as the students or the teacher.

The third activity was revised according to the first and the second activities. After implementations of the first and the second activities, the third activity was revised except timing and the revised third activity has been applied to the participants. Then, according to the observation of the researcher, and the interviews with the students, the teacher and the instructor, the third activity was revised again.

#### **4.3.1. Results of the Observations for the Students and the Teacher for the Third Activity**

In this stage, it is indicated that day to day observation of the activity performed with the students and the teacher. While the activity was applied to the teacher in the morning, it was applied to the students in the evening of that day. In total, the activity was observed 15 hours in 8 days for the students and 9 hours in 6 days for the teacher by the researcher. Total time includes 11 hours of online lessons and 6 hours of testing process of the products. The first four consecutive days, online lessons were made two hours per day. Then, in a day, the products were produced. Later, with 6 hours in two days, the products were tested, and an hour in a day, the evaluation part was fulfilled. Duration for each process was the same for the teacher except the

testing part. Observation time is shown in Table 4.17. Then, the implementation of the third STEM activity is explained day by day.

Table 4.17. Observation Time of the Implementation of the Third STEM Activity

| Day                            | 1, 2, 3, 4                         | 5,                                                  | 6,7                                     | 8                                                    | Totally            |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|
| The activity with the students | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Testing products with 6 hours in 2 days | Evaluating products with an hour online lesson       | 15 hours in 8 days |
| The activity with the teacher  | 2 hours online lessons in each day | Constructing products without making online lessons | Not tested                              | Evaluating products with an hour in an online lesson | 9 hours in 6 days  |

## Day 1

### A. Identify the problem

In this part, it is expected from the participants to examine the given scenario in detail. The participants should be able to determine the problem described in the scenario and identify the need to solve the problem. Also, criteria, restriction and limitations should be found with analyzing the scenario. The scenario which is inside of the handout was presented to the participants by sharing on the screen of the computer. The scenario is as follows.

When looking at the map of the seismic zone of Turkey, it is seen that the first degree earthquake zone causing substantial loss of life and property occupies a large area. According to the data of Kandilli Observatory, the largest earthquake recorded in this zone in the last 100 years is the 7.9 magnitude earthquake that took place in Erzincan province in 1939. As a result of the Erzincan earthquake, 32,986 people lost their lives and 116,720 residences were severely damaged.



Considering the data, earthquake resistant buildings in Erzincan, which is located on the first degree earthquake zone, has great importance in order to minimize the loss of life and property caused by the earthquake. For this reason, a construction company volunteers to apply earthquake technologies to reduce earthquake shaking in buildings in this city. Also, company wants to use economical materials for the earthquake technologies. If you were a civil engineer working in this company, how would you apply earthquake technologies to buildings to reduce the amount of shaking that occurs in buildings during earthquakes in Erzincan?

In the scenario, it was mentioned that, rather than building earthquake-resistant buildings, it is desired to apply earthquake technologies to existing buildings. As buildings, cardboard shoe boxes with the same sizes will be used and earthquake technologies will be applied to these boxes. As an addition, it is specified in the

scenario that linear ground accelerations are measured instead of magnitude of the earthquake since it is not possible to measure magnitude of earthquake directly. Therefore, Table 4.2 was presented to the participants to show linear ground accelerations corresponding to magnitude of the earthquake values.

It was asked to the participants what the problem is in the scenario. The students said not making sturdy houses, demolition of buildings and first degree earthquake zone. The teacher stated that destruction of buildings that are not resistant to earthquakes and loss of life and properties which are located in the first degree earthquake zone.

When it was asked what is the need, the students identified that the need is applying earthquake technologies to reduce shakings. The teacher said that the need is applying earthquake technologies to buildings.

What the criteria, the restrictions and the limitations were asked to the participants. The students and the teacher stated that criterion presented in the problem was that buildings are able to stand in 7.9 magnitude earthquakes. The participants said that the limitations were using economical materials and applying the earthquake technologies to the buildings.

According to the observation of the researcher, the participants had no difficulties to determine the problem and the need. Also, the participants were able to determine the criteria, the restrictions and the limitations without any problems. According to the researcher, the identify the problem section is one of the easiest parts for both the students and the teacher to progress. During the activity, since all the participants finished this step less than the specified time, allocated time had been decreased from 30 minutes to 20 minutes.

#### B. Collect information

In this stage, what is expected from the participants are determining research questions, making search, answering research questions, determining disciplines and objectives of the disciplines, finding variables and testing the variables.

### *Determining research questions*

“What should you investigate to make buildings earthquake resistant with applying earthquake technologies? What should be your research questions to apply earthquake technologies to the buildings?” were asked to the participants. The students’ research questions are what is an earthquake? What are earthquake technologies? Which criteria in the buildings are required to use earthquake technologies. A male student said that how the column strengthening is made in the buildings damaged by the earthquake should be searched. According to the observation of the researcher, the student thought that buildings on which earthquake technologies will be applied had already damaged due to earthquake. To clarify that the earthquake technologies will be applied to the buildings that have not been damaged by the earthquake, “...to protect buildings against a possible earthquake...” phrase was added to scenario in the lesson plan, the handout and the teacher guide sheet.

The teacher’s research questions are what is the earthquake? What are the intensity and magnitude of earthquake? What are the earthquake technologies? Which earthquake technology can be applied to which buildings?

As a result of the researcher’s observation, both a student and the teacher determined a research question like what criteria are required to use earthquake technologies or which earthquake technology is applied to which buildings. Therefore, “In which type of building, the earthquake technologies should be applied?” question was inserted to the determine the research questions part of the lesson plan. This part has lasted approximately 20 minutes so the timing for determining research questions was altered from 30 minutes to 20 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 2

### *Making search and answering the research questions*

After determining the research questions, the participants have searched questions. The questions identified in the previous step have been investigated one by one. That means, the students first searched for the answer of the first question, after finding it, they searched for the answer of the next question. The time given for each question was 10 minutes. After 10 minutes, answers were discussed in approximately 10 minutes. If needed information was reached, passed to the other question. If necessary information was missed, additional time was given. The students completed the search and discussion process in 60 minutes. For the teacher, search was done as a whole. She searched all the questions in a given time and after finding information, the researcher and the teacher have made discussions. The teacher completed the search and discussion process in 30 minutes.

As a result of the observation of the researcher, unlike previous activities, both the students and the teachers reach the necessary information easily. As a result of the researcher's observation, the students and the teacher had no difficulties in making searches and accessing the needed information. Before the activity, 120 minutes had been arranged for this step and it was enough during the activity so the allocated time has not been revised.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 3

### *Determining disciplines and objectives of the disciplines*

The instructor asked "What kind of information from which disciplines or courses do you need to apply earthquake technologies to the buildings?" "What disciplines or courses will help you to apply earthquake technologies to the buildings?" The students stated physics, technology and engineering. A student said that to calculate the amount of reduction of shaking, mathematics is necessary. Also, the teacher said that physics, engineering, mathematics and technology.

According to the researcher's observation, the students had no difficulties to understand the meaning of the disciplines item since the instructor asked questions with using courses item near the disciplines item. As a result of the observation of the researcher, like previous activities, social skills disciplines weren't found by the participants. The instructor asked the students that "If you did the activity as a group, what would group working have contributed to you?" Then, the students could think of social skills as a discipline. To be found social skills by the teacher, it was reminded to the teacher that the activity would be held in a group then the teacher added to social skills as a discipline of the activity.

To specify the objectives of the disciplines, it was asked "Which subjects and objectives do you need to produce solutions and where to find objectives?" While the teacher said that they can be found from the curriculums, the students needed to explain what objectives mean. The instructor explained what objectives mean and they exist in the curriculum and asked again "What could you gain at the end of this activity, what could you learn?" The students said that objectives can be found from the curriculums. They reached physics and mathematics curriculums easily. Also, they used technology and design curriculum for middle school to find engineering objectives but technology objectives inside the curriculum were not applicable for the activity. Therefore, the instructor provided references and led students to determine the objectives about technology and social skills disciplines.

The students and the teacher stated that in physics, earthquake waves should be known to reach the solution. For mathematics discipline, the participants determined objectives from the middle school mathematics curriculum. With the guidance of the instructor, the students chose that they should make the multiplication of a natural number and multiplying decimal representations with given numbers. The teacher determined the objectives like deciding whether two multiples are inversely proportional by examining real life situations. For technology and engineering disciplines, the participants determined objectives from the technology and design course curriculum and some thesis shared by the researcher. The students stated that they need to know necessary steps to reflect the thoughts anticipated for the design

to the design. Also, the teacher said that she needed to describe the necessary creation steps of the design and demonstrate the ability to select, use and troubleshoot available technologies. Finally, for social skills, the students determined objectives like working with a group and respecting group members' ideas. On the other hand, the teacher determined objectives like collaboration, team working, critical thinking, creativity and innovation.

As a result of the observation of the researcher, with the guidance of the instructor and the researcher, the students and the teacher had no difficulties determining the disciplines and the objectives. For this step of the activity, allocated time was 25 minutes but it has lasted 30 minutes so time has been revised to 30 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 4

C. Develop solutions

Here, what is expected from the participants are determining evaluation criteria, creating a product evaluation form and creating solutions.

*Determining evaluation criteria and creating a product evaluation form*

To determine evaluation criteria, the instructor asked "According to which features should the products be evaluated?" The students said the reducing amount of the shaking, being earthquake resistant and being economical. Then, the instructor asked "How can you compare the products? And the students classified the evaluation criteria with putting scores. The teacher stated that products could be evaluated in terms of being earthquake resistant and being economical.

According to the observation of the researcher, the students and the teacher proceeded without any problem and they created criteria for evaluation form easily. 20 minutes had been arranged for this step and it was enough during the activity so there is no revision in time.

### *Creating solutions*

After determining the evaluation criteria, the participants developed solutions. During the searching part of the activity, the participants searched detail about base isolation, seismic damper and tuned mass damper technologies. The students' solutions for base isolation technology were putting marbles or beads between the jar lids or bottle cap and using springs. Their solutions for seismic damper technology were using syringe, magnet and rope. For tuned mass damper system, the students produced solutions like hanging balls, punching bag, stone, keychain on the ceiling. Moreover, the teacher's solutions were inserting tires or plastic springs to bottom of the box for the base isolation; connecting walls with thick cardboard or using syringe for the seismic dampers; hanging the ball or keys to the ceiling with rope for the tuned mass damper systems.

According to the observation of the researcher, compared to the previous activities, during the finding solutions, the students and the teacher were more productive and each participant were able to present different and original ideas. In this part, the students shared opinions willingly, and the students and the teacher actively engaged in the process. As a result of the researcher's observation, no problems had been observed. Creating solutions has lasted 30 minutes while allocated time had been administered 40 minutes. Therefore, time has been changed to 30 minutes.

#### **D. Choose the best solution**

In this section, the participants determined the appropriate solution among the solutions they have previously produced according to paying attention to criteria and limitations.

For the base isolation system, three students have chosen using springs, and other three students have chosen using marbles between jar lids. The teacher has chosen using plastic springs. For the tuned mass damper system, three students have chosen using stones in the box, and other students have chosen using tiny sandbag, candle and big marble. The teacher has chosen a key chain. For the seismic damper system,

except a student which decided to use magnets, all the participants have decided to use syringes.

After that, the participants have drawn the draft of the products. One example among six drafts belonging to the students are placed in Figure 4.27 and the draft of the teacher is shown in Figure 4.28.

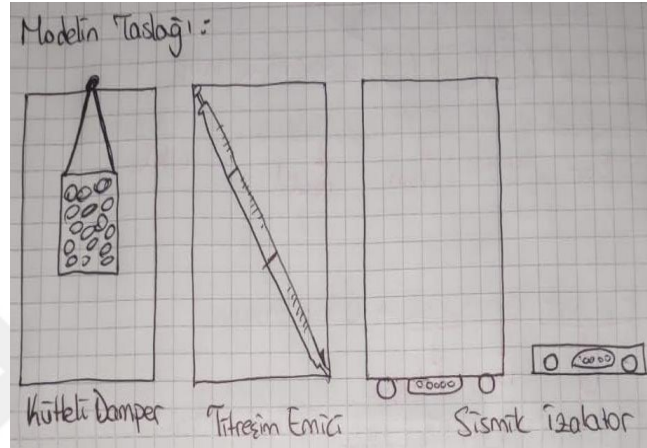


Figure 4.27. An example of the drawings of the students' earthquake technologies

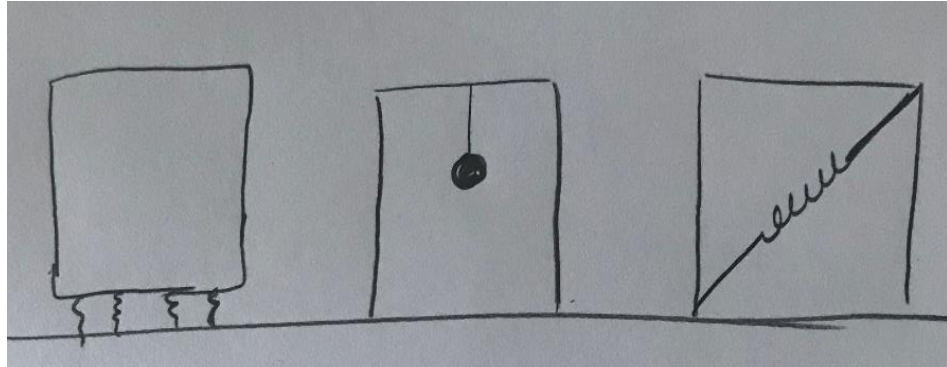


Figure 4.28. The drawing of the teacher's earthquake technologies

According to the observation of the researcher, the students and the teachers had no difficulties in this part. 20 minutes was arranged for this step and it was enough during the activity so there is no revision in time.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

## Day 5

### E. Construct a product

This step was executed by messaging with the participants. Online lessons were not held but the participants send the photos of the constructed parts of their products via WhatsApp application to the researcher and to the instructor daily and discussions were made, and then feedback was given by the researcher and the instructor. By this kind of communication, the researcher could observe the participants.

Before the construction, variables were asked to the participants. The students have answered that earthquake resistance of the building is a dependent variable; applying different earthquake technologies and earthquake magnitude are the independent variables; the building height and the building width are the constant variables. The teacher stated that earthquake intensity and earthquake resistance of the building are dependent variables; earthquake technologies are independent variables; the height and the width of the buildings are constant variables.

To test the effects of the variables, the participants have placed materials on the floor of the shoe box kept vertically for the base isolation technology. Also, they have put the materials inside of another shoe box for the damper system and finally they have held the materials on the ceiling of another shoe box for the mass damper technology. To observe the variables, an empty shoe box has been compared with a shoe box applied an earthquake technology. A bowl of water was put on both shoe boxes and they have been shaken equally. The water on the shoe box with the earthquake technology has shaken less than the water on the shoe box without earthquake technology. This observation was made for shoe boxes with three different technologies. As a result, the students and the teacher said that "When the earthquake technology is applied to the buildings, since the effect of shaking to the buildings decreases, earthquake resistance of the building increases." If the participants could

not observe any differences, they have changed materials used for three earthquake technologies and tested the variables again.

According to the variables, the teacher and each student applied three earthquake technologies to three different shoe boxes. As a result, six students produced 18 products and the teacher created three products in this activity. Some examples of the students' products with earthquake technologies are shown in Figure 4.29 and teacher's products are shown in Figure 4.30.



Figure 4.29. Examples of the students' products with the base isolation, the seismic damper and the tuned mass damper technologies

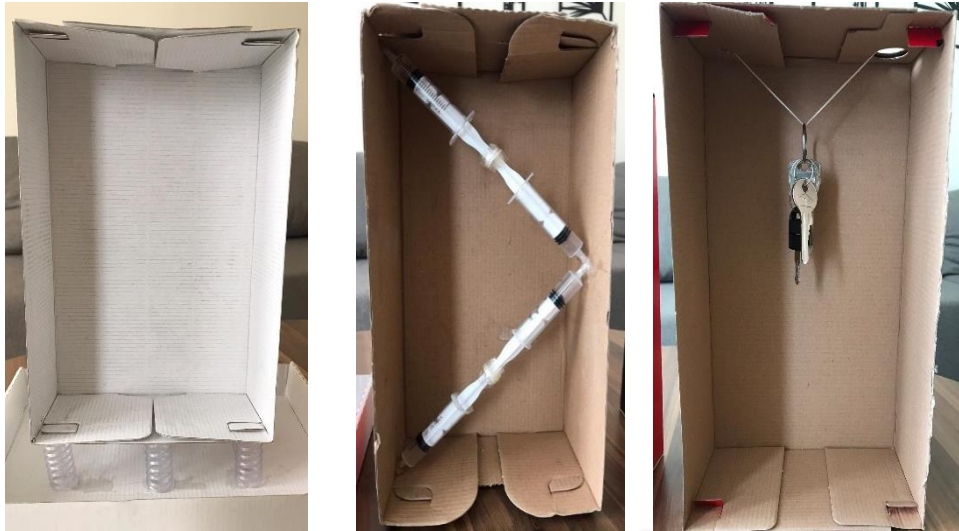


Figure 4.30. The teacher's products with the base isolation, the seismic damper and the tuned mass damper technologies

According to the observation of the researcher, the participants had no problem and they produced desired products. Also, both the male and the female students were very excited about creating their own products. According to the researcher's observation, the students and the teachers were able to reveal their creativity skills with finding different materials from their home to apply earthquake technologies. As a result of the researcher's observation, during the making of the products, both the students and the teacher had a good time and they enjoyed the process. Before the activity, time for this step had been arranged 120 minutes but 100 minutes have become enough. For this reason, allocated time has been revised to 100 minutes.

The activity was suspended to continue in the next online lesson.

Day 6 and 7

#### F. Test the products and redesign

The participants were expected to check whether their products have the requirements and to test their products themselves by putting them on the shake table. In this section, if the products were earthquake resistant, the participants could pass

the next step. If their products were not working, the participants could go through previous steps to redesign of the products.

For the testing, the researcher has gone to the students' homes and tested products of the six students separately. During this process, the videos were recorded to watch for the evaluation of the products in the evaluation part of the activity.

The students' products have been tested whether their products were earthquake resistant or not and how much the applied earthquake technologies reduced the magnitude of the earthquake. To test the products, the researcher had designed the shaking table and used an electrical drill screwdriver to create steadily increasing accelerations which are shown in Figure 4.13.

At the beginning, the products were put on the shake table. Two smartphones with the "Google Science Journal" application were placed on the shake table and on the product. The products have been shaken to 7.5 - 7.9 values (5.3 m/s<sup>2</sup> - 5.8 m/s<sup>2</sup> acceleration) and if collapsing and overturning weren't observed, shaking increased regularly. Every 10 seconds, the readings on both phones were noted.

With subtracting an arithmetic mean of the values from the phone on the shake table and an arithmetic mean of the values from the phone on the products, average decreasing acceleration values were calculated. Hereby, amounts of the magnitude reduction of the applied technologies were obtained.

Linear acceleration values for the base isolation technology are shown in Table 4.18; linear acceleration values for the seismic damper technology are shown in Table 4.19; linear acceleration values for the tuned mass damper technology are shown in Table 4.20. In the tables, three measurements were recorded for each product to show that the products collapsed in what magnitude of the earthquake and how much the applied earthquake technology reduced the magnitude of the earthquake.

As mentioned in the scenario, the products should resist at least 7.9 magnitude value which corresponds to 5.8 m/s<sup>2</sup> linear ground acceleration and reduce the magnitude of the earthquake. As a result of the observation of the researcher, when the products

were tested, all the products have exceeded the desired earthquake magnitude value and they were built based on the criteria, the restrictions and the limitations mentioned in the scenario.

Table 4.18. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Base Isolation System

| Linear Acceleration Values for Base Isolation Technology (m/s <sup>2</sup> ) |                                      |                   |                             |                                  |                   |                             |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| Students                                                                     | Values from Phone on the Shake Table |                   |                             | Values from Phone on the Product |                   |                             | Average Decreases |
|                                                                              | First 10 Seconds                     | Second 10 Seconds | Third 10 Seconds (collapse) | First 10 seconds                 | Second 10 Seconds | Third 10 Seconds (collapse) |                   |
|                                                                              |                                      |                   |                             |                                  |                   |                             |                   |
| 1.                                                                           | 2                                    | 4.6               | 5                           | 0.5                              | 2.2               | 2.9                         | 2                 |
| 2.                                                                           | 4                                    | 5                 | 7                           | 1.6                              | 2.4               | 4.3                         | 2.56              |
| 3.                                                                           | 3                                    | 4                 | 5                           | 1.7                              | 2.3               | 3.7                         | 1.43              |
| 4.                                                                           | 1.8                                  | 2.3               | 3.1                         | 1.2                              | 1.4               | 2.3                         | 0.77              |
| 5.                                                                           | 3                                    | 4                 | 6                           | 1,3                              | 2,2               | 4.7                         | 1.59              |
| 6.                                                                           | 2                                    | 3.8               | 5.2                         | 0.8                              | 2.5               | 3.9                         | 1.26              |

Table 4.19. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Tuned Mass Damper Technology

| Linear Acceleration Values for Tuned Mass Damper Technology (m/s <sup>2</sup> ) |                                      |  |  |                                  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--|--|----------------------------------|--|--|--|
|                                                                                 | Values from Phone on the Shake Table |  |  | Values from Phone on the Product |  |  |  |
|                                                                                 |                                      |  |  |                                  |  |  |  |
|                                                                                 |                                      |  |  |                                  |  |  |  |

Table 4.19 (continued)

| Students | First 10<br>Seconds | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) | First 10<br>Seconds | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) | Average<br>Decreases |
|----------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 1.       | 3.0                 | 4.0                     | 5.0                               | 1.5                 | 2.4                     | 3.3                               | 1.6                  |
| 2.       | 3.4                 | 4.9                     | 5.7                               | 1.4                 | 2.9                     | 3.4                               | 2.1                  |
| 3.       | 4.0                 | 5.0                     | 6.8                               | 2.7                 | 3.3                     | 5.3                               | 1.9                  |
| 4.       | 3.0                 | 4.4                     | 5.4                               | 1.0                 | 1.8                     | 3.3                               | 3.0                  |
| 5.       | 3.0                 | 5.0                     | 7.2                               | 0.6                 | 2.8                     | 6.3                               | 2.2                  |
| 6.       | 4.2                 | 5.3                     | 6.1                               | 2.5                 | 3.0                     | 4.1                               | 2.0                  |

Table 4.20. Linear Acceleration Values for the Students' Products with the Seismic Damper Technology

| Linear Acceleration Values for Seismic Damper Technology (m/s <sup>2</sup> ) |                                         |                         |                                   |                                     |                         |                                   |                      |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Students                                                                     | Values from Phone on the<br>Shake Table |                         |                                   | Values from Phone on the<br>Product |                         |                                   | Average<br>Decreases |
|                                                                              | First 10<br>Seconds                     | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) | First 10<br>Seconds                 | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) |                      |
| 1.                                                                           | 3.0                                     | 4.0                     | 5.8                               | 1.8                                 | 2.5                     | 4.1                               | 1.3                  |
| 2.                                                                           | 1.9                                     | 4.6                     | 6.5                               | 0.7                                 | 2.3                     | 4.3                               | 1.6                  |
| 3.                                                                           | 3.3                                     | 4.7                     | 5.6                               | 1.3                                 | 2.8                     | 4.3                               | 1.03                 |
| 4.                                                                           | 2.0                                     | 3.8                     | 5.2                               | 0.9                                 | 2.5                     | 3.7                               | 1.2                  |

Table 4.20 (*continued*)

|    |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5. | 1.2 | 4.7 | 5.9 | 0.6 | 3.3 | 4.8 | 1.0 |
| 6. | 2.5 | 4.0 | 6.1 | 1.7 | 2.0 | 4.5 | 1.4 |

Richter magnitude values corresponding to the linear acceleration values for three technologies are given below. With subtracting of an arithmetic mean of the magnitude values corresponding to values from phone on the shake table and an arithmetic mean of the magnitude values from the phone on the products, average decreasing magnitude values were calculated. Richter magnitude values for the base isolation technology are shown in Table 4.21; Richter magnitude values for the seismic damper technology are shown in Table 4.22; Richter magnitude values for the tuned mass damper technology are shown in Table 4.23.

Table 4.21. Richter Magnitude Values for Students' Products with the Base Isolation Technology

| Richter Magnitude Values for Base Isolation Technology |                                         |                         |                                   |                                     |                         |                                   |                      |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Students                                               | Values from Phone on the<br>Shake Table |                         |                                   | Values from Phone on the<br>Product |                         |                                   | Average<br>Decreases |
|                                                        | First 10<br>Seconds                     | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) | First 10<br>Seconds                 | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) |                      |
| 1.                                                     | 4.7                                     | 6.9                     | 7.2                               | 2.5                                 | 4.9                     | 5.5                               | 1.96                 |
| 2.                                                     | 6.4                                     | 7.2                     | 8.9                               | 4.4                                 | 5.1                     | 6.7                               | 2.13                 |
| 3.                                                     | 5.6                                     | 6.4                     | 7.2                               | 4.5                                 | 5.0                     | 6.2                               | 1.16                 |

Table 4.21 (*continued*)

|    |     |     |     |     |     |     |      |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 4. | 4.6 | 5.0 | 5.6 | 3.6 | 4.2 | 5.0 | 0.8  |
| 5. | 5.6 | 6.4 | 8.1 | 37  | 4.9 | 7.0 | 1.5  |
| 6. | 4.7 | 6.2 | 7.4 | 2.8 | 5.2 | 6.3 | 1.33 |

Table 4.22. Richter Magnitude Values for the Students' Products with the Tuned Mass Damper Technology

| Richter Magnitude Values for Tuned Mass Damper Technology |                                         |                         |                                   |                                     |                         |                                   |                      |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Student                                                   | Values from Phone on the<br>Shake Table |                         |                                   | Values from Phone on the<br>Product |                         |                                   | Average<br>Decreases |
|                                                           | First 10<br>Seconds                     | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) | First 10<br>Seconds                 | Second<br>10<br>Seconds | Third 10<br>Seconds<br>(collapse) |                      |
| 1.                                                        | 5.6                                     | 6.4                     | 7.2                               | 4.3                                 | 5.1                     | 5.8                               | 1.33                 |
| 2.                                                        | 5.9                                     | 7.2                     | 7.8                               | 4.2                                 | 5.5                     | 5.9                               | 1.77                 |
| 3.                                                        | 6.4                                     | 7.2                     | 8.7                               | 5.3                                 | 5.8                     | 7.3                               | 1.63                 |
| 4.                                                        | 5.6                                     | 6.7                     | 7.6                               | 3.4                                 | 4.6                     | 5.8                               | 2.03                 |
| 5.                                                        | 5.6                                     | 7.2                     | 9.1                               | 26                                  | 5.4                     | 6.1                               | 2.2                  |
| 6.                                                        | 6.6                                     | 7.5                     | 8.1                               | 5.2                                 | 5.6                     | 6.5                               | 1.63                 |

Table 4.23. Richter Magnitude Values for the Students' Products with the Seismic Damper Technology

| Richter Magnitude Values for Seismic Damper Technology |                                      |                   |                             |                                  |                   |                             |                   |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| Student                                                | Values from Phone on the Shake Table |                   |                             | Values from Phone on the Product |                   |                             | Average Decreases |
|                                                        | First 10 Seconds                     | Second 10 Seconds | Third 10 Seconds (collapse) | First 10 Seconds                 | Second 10 Seconds | Third 10 Seconds (collapse) |                   |
| 1.                                                     | 5.6                                  | 6.4               | 7.9                         | 4.6                              | 5.2               | 6.5                         | 1.03              |
| 2.                                                     | 4.7                                  | 6.9               | 8.5                         | 2.7                              | 5.0               | 6.7                         | 1.9               |
| 3.                                                     | 5.8                                  | 7.0               | 7.7                         | 3.7                              | 5.4               | 5.8                         | 1.5               |
| 4.                                                     | 4.8                                  | 6.2               | 7.4                         | 3.3                              | 5.2               | 6.2                         | 1.6               |
| 5.                                                     | 3.6                                  | 7.0               | 8.0                         | 2.6                              | 5.8               | 7.1                         | 1.2               |
| 6.                                                     | 5.2                                  | 6.4               | 8.2                         | 4.5                              | 4.7               | 6.8                         | 1.3               |

Since all the students were satisfied with their products, no one made any changes in their products. According to the researcher's observation, during the testing step, the students have enjoyed and were excited about whether their products would collapse or not. According to the observation of the researcher, it was the most enjoyable and the easiest step for the students. Allocated time for this step was 15 minutes but, as a result of the researcher's observation, the duration of this step has lasted 30 minutes during the activity. Therefore, the allocated time had been revised.

Day 8

#### G. Evaluation

In this part, the products have been evaluated according to values that have been obtained from the test part. The students' products have been evaluated based on the evaluation form which had been prepared by the participants and the instructor during the developing solutions part of the activity. To evaluate the students' products, the videos including moments of collapse and overturning of all the products were watched. According to the results, the best products were determined for applied three technologies.

Among six products with the base isolation technology, the second students' product, which was made by putting marbles under the shoe box, was chosen since it collapsed in 7.0 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 8.9 Richter magnitude value and reduced the magnitude of the earthquake the most with 2.13 Richter magnitude value. Among six products with the tuned mass damper technology, the fifth student's product, which was made by holding stone to the ceiling of the shoe box, collapsed in 7.2 m/s<sup>2</sup> which corresponded to above the 9.1 Richter magnitude value and reduced the magnitude of the earthquake the most with 2.2 Richter magnitude value. Among six students' products with the seismic damper technology, the second students' product, which was made by inserting syringes inside of the shoe box, collapsed in 6.5 m/s<sup>2</sup> which corresponded to 8.5 Richter magnitude value and reduced the magnitude of the earthquake the most with 1.9 Richter magnitude value. 45 minutes was not enough for that part so revision was made with changing time to 60 minutes.

According to the researcher's observation, both the students and the teacher were more active physically and mentally. Especially, in the determining the solution part, the students and the teacher generated genuine solutions and they presented creative thinking skills mostly. As a result of the researcher's observation, both the students and the teacher participated actively to the activity and they were eager to produce products. The male and female students have almost equally engaged in the seven

steps of the activity. According to the researcher's observation, both the students and the teacher had pretty good times and forced themselves to think more and tried to make the best of their products. The students' communication with the instructor and the teacher communication with the researcher were highly strong. According to the researcher's observation, there was no problem in the timing, allocated times were almost enough for each section.

In this activity, allocated times were edited and revised in some parts so total time decreased from 445 minutes to 450 minutes. Timing of the technologies design to prevent buildings from earthquake activity is presented in Table 4.24.

Table 4.24. Timing of the Technologies Design to Prevent Buildings from Earthquake Activity

| Seven Steps of the<br>STEM Activity | Timing Before<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) | Timing After<br>Implementation of the<br>Activity (minutes) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. Identify the Problem             | 30                                                           | 20                                                          |
| 2. Collect Information              | 175                                                          | 170                                                         |
| 3. Develop Solutions                | 40                                                           | 40                                                          |
| 4. Choose the Best<br>Solution      | 20                                                           | 20                                                          |
| 5. Construct a Product              | 120                                                          | 120                                                         |
| 6. Test the Product and<br>Redesign | 15                                                           | 30                                                          |
| 7. Evaluate                         | 45                                                           | 60                                                          |
| Total Timing                        | 445                                                          | 460                                                         |

#### **4.3.2. Results of the Interviews with the Students and the Teacher for the Third Activity**

A group interview with the six students and the interview with the teacher were conducted after the implementation of the activity. The students and the teacher were asked six questions (see Appendix D for the students' interview questions and see Appendix E for the teacher's interview questions).

The participants have responded to the first question, "Could you associate the problem situation in the STEM activity with daily life?" Two male students have stated that they had no difficulty in associating the problem with daily life since the instructor presented the photo of a building with an earthquake technology. Also, the teacher said that she had associated the problem with daily life since she had heard many times earthquake technologies applied to the buildings before.

The second question was asked "Were there any most challenging steps in the STEM activity?" on the contrary to the first and the second activity, all the students and the teacher stated that there were not any challenging parts in the activity.

The next question was "During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?" All the students and the teacher said that all the steps were easy to progress.

Based on the question "Were the handouts distributed to you understandable?", all the participants expressed that distributed handouts were clear and helpful.

"Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?" was asked to the participants and all of them said that no part needed to be changed.

The participants have responded to the final question "What are your general views and opinions about the STEM activity participated in?" Answers on which the most of the students and the teacher agree have presented as follows. Lessons were passing fast. During the activity, thinking more and producing were possible. Inquiry

processes were dominant in every step of the activity. Opportunities for increasing awareness about earthquake technologies applied to the buildings existed. Also, the teacher declared that they had opportunities for experiencing in earthquake waves and for increasing awareness about earthquake resistant buildings.

#### **4.3.3. Results of the Interviews with the Instructor for the Third Activity**

The interview with the instructor was conducted after the implementation of the first activity and the six questions were asked to the instructor (see Appendix F for the instructor's interview questions). The instructor, who had been in STEM studies before, responded to the first question, "During the STEM activity, were there any parts that you had difficulties applying and the students had difficulties in progressing?" The instructor said that on the contrary to the first and the second activity, the students had no difficulties about doing search and they could reach information easily.

The next question was "During the STEM activity, did you have any sections where you progress most comfortably?" The instructor said that defining the problem, determining the research questions, determining the criteria for the product, producing product and evaluation were the sections that were easier. Generally, all the parts were easy to progress.

"Are there any parts of the STEM activity that you think need to be corrected or changed?" was asked by the instructor. She said that, like the previous activities, the part of determining the criteria and the limitations was reached quickly, and the allocated time could be longer.

The other question asked to the instructor was "Have the lesson plan, the teacher guide sheet and the handout been prepared suitable for the objectives? The instructor said that all the instruments were suitable with the objectives.

Finally, the instructor responded to the question “How was your communication with the students?” The instructor said that her communication with the students was strong.

#### **4.3.4. Results of the Observations for the Instructor for the Third Activity**

In order to directly monitor whether developed STEM activities have STEM principles and how the instructor reflects the nature of STEM education into practice, the researcher used the observation form to observe the instructor. The observation form (see Appendix G for the observation form) consists of 12 items and inside of the form, there are expressions to show the situations expected from the instructor during the student-centered activity. If the instructor applied the expected situation to the desired extent, the tick was put in the "Applied" section and if did not apply, "Not Applied" section was marked. According to the observations of the researcher based on the observation form, deficiencies and the problematic points in the activity were determined. The researcher results are presented for the third STEM activity as follows.

The instructor applied 11 items of 12 expected situations. It was expected from the instructor to divide students into groups but did not, since the activity was conducted as online lessons and each student attended to the lessons individually due to the pandemic. Therefore, 1 item could not be observed.

According to the researcher’s observation for the third activity, the instructor discussed the problems in the scenarios with the students. In the identify the problem part of the activity, with examining the given scenario, the instructor and the students examined scenarios detailed and found the problems, the needs, the criteria, and the limitations.

In the third activity, according to the researcher’s observation, the instructor had discussed the goal of the activity with the students and asked the questions to the students clearly. Also, the instructor has guided the students rather than answering

the questions directly. Also, since the instructor directed the students to inquiry, the students were able to learn by themselves and they have corrected their mistakes by making searches. According to the researcher's observation, the instructor made the explanations clearly and helped students by giving feedback. In the construct a product step of the activity, the students send the photos of the constructed parts of their products to the instructor daily and then feedbacks were given by the instructor. At the end of the activity, the instructor carefully examined the products produced by the students.

During the activity, according to the researcher's observation, the instructor guided students with open-ended questions. The students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. As a result of the researcher's observation for the third activity, the instructor paid attention to the times stated in the activity plan but in the third activity, she has overrun the time a little. The instructor has finished the third activity 15 minutes later than the adjusted time.

#### **4.4. Summaries of the Results**

Here, in each section, results obtained from the researcher observations for the students and the teachers, the interviews with the students and the teachers, the interviews with the instructor, and the researcher's observations for the instruction for three activities are summarized for seven steps of the activities in below

##### **A. Identify the problem**

In this part, it is expected from the participants to examine the given scenario in detail. The participants should be able to determine the problem described in the scenario and identify the need to solve the problem. Also, criteria and limitations should be found with analyzing the scenario. Results are as the following:

- According to the observations of the researcher for the students and the teachers, in the first activity, the students couldn't differentiate the criteria and the limitations.

After the instructor explained what the differences between the criteria and the limitations, they could determine. Therefore, since some students couldn't differentiate limitations from criteria, "The limitations" item was changed with "The restrictions and the limitations" item in the three lesson plans, handouts and activity guide sheets. Due to this revision, in the second and the third activity, the students were able to determine the criteria, the restrictions and the limitations without any problems. According to the observations of the researcher, each student gave answers and was actively involved in the lessons. Also, both the students and the teacher could easily proceed in identifying the problem in the three activities.

Moreover, in the second activity, the teacher had a problem putting herself in the position of a civil engineer mentioned in the scenario. She needed help to understand that being an engineer is an assumption. Therefore, the following sentence in the scenarios "If you are a civil engineer working in this company..." was changed with "Assuming you are a civil engineer working for this company..."

- According to the interviews with the students and the teachers, in the second activity, one female student has stated that she had difficulty in associating the problem with daily life since she has not seen any wooden buildings in daily life. Due to that, the researcher added photos of a rough construction of the concrete building, a wooden building and a building with an earthquake technology were added into the instructional materials which are lesson plans, the students' handouts and the teacher guide sheets of each activity.
- According to the interviews with the instructor, since the scenario was a clear and understandable issue that also concerns the agenda of our country, the students were able to easily identify the problem and produce solutions.
- According to the observations for the instructor, in all three activities, the instructor discussed the problems in the scenarios with the students. In the identify the problem part of the activities, with examining the given scenario, the instructor and the students examined scenarios detailed and found the problems, the needs, the criteria, and the limitations.

This step has lasted 15 minutes in the first activity, 20 minutes in the second activity and 20 minutes in the third activity.

#### B. Collect information

In this stage, what is expected from the participants are determining research questions, making search, answering research questions, determining disciplines and objectives of disciplines, finding variables and testing the variables. Results are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in the first and the second activity, the students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. Therefore, guiding questions were added to the lesson plans like “What do we need to know to make an earthquake resistant building?” “Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?”

Also, in the first activity, as a result of the researcher observations, the teacher mostly focused on the construction of the building and she did not determine the research question related to the definition and the meaning of the earthquakes. Like the students, the teacher needed guidance to determine the research questions. Therefore, the importance of the guidance about the determining the research question was written elaborately to the relevant part of the lesson plans.

According to the observation of the researcher, unlike the students, the teacher had no difficulties in making searches and accessing the needed information. Also, the researcher observed that while the students conducted research only on the internet, the teacher also used the physics book as a resource.

According to the researcher observation, in the first activity, the students didn't hear the disciplines before and they had difficulties thinking. To make clear, “Courses” word was written in parenthesis near the “Disciplines” word in the students' handout. Due to this revision, in the second and the third activity, the students were able to determine the disciplines easily.

As a result of the observation of the researcher, during the finding variables and testing the variables process in the first and the second activities, some students had problems from the fragility of spaghetti. It was difficult to attach spaghetti with tape. Therefore, the students used materials from their homes which are thin wooden sticks and pipettes. Also, some students wrapped spaghetti with insulating tape to make it stronger. Like the students, the teacher had a problem about attaching spaghetti with tape so she used wooden sticks rather than spaghetti. Therefore, in the lesson plans, this step was revised by announcing that because of the fragility of spaghetti, there may be difficulties in making models, so other materials like wooden sticks or pipettes can be used. Moreover, according to the observation of the researcher, both the students and the teacher had problems making spaghetti models with three floors so the number of floors was revised with two for spaghetti models in the lesson plans.

- According to the interviews with the students and the teachers, the collecting information parts of the three activities were one of the easiest parts.
- According to the interviews with the instructor, in three activities, the students were inexperienced in doing search and they did research without knowing which source was reliable or not, and were unable to interpret the information they found. After studying what is a short secure source, how to access it, and the importance of interpreting the information they obtained, the students had searched trusted sites. Therefore, the following sentence has been added to this section: In order to get information from reliable sites, make sure that the websites you search have "edu" or "gov" extensions. As a result of the interviews with the instructor, in three activities, the students had difficulties understanding the meaning of the educational terms like disciplines, curriculums, and objectives. Therefore, in the lesson plans, this step was revised by emphasizing that the terms should be explained to the students before they were asked. Also, this step forced the participants to think more since they should choose proper objectives among many objectives.
- According to the observations for the instructor, in the first activity, the instructor had discussed the goal of the activity with the students and asked the questions to the

students clearly. Also, in three activities, the instructor has guided the students rather than answering the questions directly. In the collect information part of the activity, to specify the objectives of the disciplines, it was asked “Which subjects and objectives do you need to produce solutions and where to find objectives?” The students said that objectives can be found from the internet. The instructor let the students search the objectives in a minute then they found that objectives are obtainable from the curriculums. As a result, the instructor has directed the students instead of saying the answers immediately.

Also, in the three activities, the instructor guided students with open-ended questions. The students could not easily determine the research questions and they needed the instructor's guidance. Therefore, guiding questions were added to three lesson plans like “What do we need to know to make an earthquake resistant building?” “Did you build any real buildings before? If you have all the materials, can you make a building immediately?”

This step has lasted 295 minutes in the first activity, 275 minutes in the second activity and 170 minutes in the third activity. The third activity has the less timing for this part since while variables was tested by making spaghetti building models in the first and the second activities, variables was tested during the construction of the products in the third activity.

### C. Develop solutions

Here, what is expected from the participants are to determine evaluation criteria and to make scaling calculations, to create a product evaluation form and solutions. Results are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in the first and the second activities, both the students and the teacher had difficulties in scaling of the amounts of the materials and the sizes of the building. They had problems making calculations. With guidance of the instructor to the students and

guidance of the researcher to the teacher, the problem has been eliminated. In three activities, the participants had a problem carrying through mathematics objectives.

According to the observation of the researcher, compared to the previous activities, in the third activity, during the finding solutions, the students and the teacher were more productive and each participant were able to present different and original ideas. In this part, the students shared opinions willingly, and the students and the teacher actively engaged in the process.

- According to the interviews with the students and the teachers, all the students and the teacher stated that they had difficulties in making calculations for scaling about the amount of the materials and the sizes of the buildings in the first and the second activity. In the third activity, all the participants stated that they had no problem in this step.
- According to the interviews with the instructor, in the first and the second activities, the students have a little difficulty in calculating the scaling, the time allocated for this section can be given more. However, in the third activity, the students had no difficulties in the developing solutions step.
- According to the observations for the instructor, in the three activities, the instructor guided students to the scaling part. The students could not easily calculate the scaling and they needed the instructor's guidance.

This step has lasted 90 minutes in the first activity, 90 minutes in the second activity and 40 minutes in the third activity. The number of the research questions to search in the first and the second activities are more than in the third activity. Therefore, timing for this part is less for the third activity.

#### D. Choose the best solution

In this section, the participants determined the appropriate solution among the solutions and they have previously produced according to paying attention to criteria and limitations. Results are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in the first activity, before the students drew the product drafts, they have exchanged the ideas and decided together to shape the product so all drafts became similar to each other. In this section in three activities, the students worked within the harmony and the objectives related to social skills were acquired predominantly.
- According to the interviews with the students and the teachers, choosing the best solution parts of the three activities was one of the easiest parts.
- According to the interviews with the instructor, the students had no difficulties in this step.
- According to the observations for the instructor, choosing the best solution step was the easy progress for the instructor.

This step has lasted 20 minutes in the first activity, 20 minutes in the second activity and 20 minutes in the third activity.

#### E. Construct a product

The participants were expected to develop products based on the variables and also based on the limitations and the criteria. Results are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in the first activity, both the students and the teacher had difficulties in construction of the concrete products because they have not experienced before but all the participants have been able to make the desired products. According to the observation of the researcher, in the first activity, the teacher had more difficulty in the concrete building product construction than the students so she built the product with 2-floors rather than 3-floors. The students finished the construction phase in less time than the teacher. In the second and the third activity, the students and the teachers had no problem in construction of the products.

Also, in three activities, for handcraft, the students were more enthusiastic than the teacher by designing the products. Both the male and the female students were very

excited about creating their own products and they had a good time. According to the researcher's observation, the students and the teachers were able to reveal their creativity skills with finding different materials from their home to produce their products. As a result of the researcher's observation, in three activities, the participants have completed the process by considering the variables, the criteria, and the limitations.

- According to the interviews with the students and the teachers, for the first activity, all the participants said that bending iron wires and making floors of the concrete products were the most challenging parts. For the second and the third activity, all the participants said that producing the product part was one of the easiest parts of the activities. Also, the students stated that the activities forced the students to think critically and improved their creativity perspectives by construction of the products.
- According to the interviews with the instructor, students had problems making a concrete building in the first activity, but in the second and the third activity, they proceeded easily.
- According to the observations for the instructor, in three activities, the instructor made the explanations clearly and helped students by giving feedback. In the construction a product step of the activity, the students send the photos of the constructed parts of their products to the instructor daily and then feedback was given by the instructor.

This step has lasted 720 minutes in the first activity, 180 minutes in the second activity and 120 minutes in the third activity. In the first activity, the concrete building made in the activity were expected to dry so it took a long time.

#### F. Test the product and redesign

In this step, the participants were expected to check whether their products have the requirements and to test their concrete building products themselves by putting them on the shake table. In this section, if concrete building products were earthquake resistant, the participants could pass the next step. If their products were not working,

the participants could go through previous steps to redesign of the products. are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in three activities, since all the students were satisfied with their products, no one made any changes in their products. According to the observation of the researcher, each student was able to construct earthquake resistant products with the expected features in their measurements. Also, during the testing step, the students had enjoyed and were excited about whether their products would collapse or not. It was one of the most enjoyable and easiest steps for them.
- According to the interviews with the students and the teachers, testing the product parts of the three activities was one of the easiest parts.
- According to the interviews with the instructor, the students had no difficulties in this step.
- According to the observations for the instructor, this step was the easy progress for the instructor.

This step has lasted 15 minutes in the first activity, 15 minutes in the second activity and 30 minutes in the third activity.

#### G. Evaluate

In this part, the products have been evaluated according to values that have been obtained from the test part. Results are as the following:

- According to the observation of the researcher for the students and the teachers, in the three activities, the students and the teachers had no difficulties during the evaluating of the products.
- According to the interviews with the students and the teachers, evaluating the product parts of the three activities was one of the easiest parts.

- According to the interviews with the instructor, the students had no difficulties in this step.
- According to the observations for the instructor, this step was the easy progress for the instructor.

This step has lasted 45 minutes in the first activity, 45 minutes in the second activity and 60 minutes in the third activity. In the first and the second activities, one product for each student was evaluated but in the third activity, 3 products were evaluated for each student. Therefore, the third activity has lasted more than others.

Generally, in the three activities, each student has made an effort to respond to the questions willingly. The students actively participated in the lessons both mentally and physically. Besides, in due course of the whole activity, the teacher acted timidly because she was worried about not being able to answer correctly. Also, the teachers were excited at the beginning of the activities but after a little progress in the activities, they beat their excitement and answered questions more relaxed. While the students were eager to produce the products, the teacher was not as enthusiastic as the students. The students and the teachers paid attention to each step of the activities rather than just focusing to produce products. Also, the students and the teachers had difficulties in carrying out the mathematics objectives but they were more successful during performing the engineering objectives. Both the students and the teacher had pretty good time and forced themselves to think critically and improved their creativity perspectives by construction of the products. The students worked within the harmony and the objectives related to social skills and creativity were acquired predominantly. The students' communication with the instructor and the teacher communication with the researcher were highly strong.

Allocated times for the first and second activities were sufficient, but it was insufficient a little bit for the third activity. In the first activity, time set for activity decreased from 1220 minutes to 1200 minutes. In the second activity, the total time allocated to the activity decreased from 680 minutes to 670 minutes. In the third activity, the time set for activity increased from 445 minutes to 460 minutes.



## **CHAPTER 5**

### **DISCUSSION, CONCLUSION AND IMPLICATION**

The purpose of this study is to develop STEM Engineering Design Process by using an ADDIE Model for 10<sup>th</sup> grade students. In the study, three STEM EDP activities have been developed based on the high school physics topic. As a context, earthquake was determined. As a result, an earthquake resistant concrete building design, an earthquake resistant wooden building design, and the technologies design to prevent buildings from earthquake STEM EDP activities were formed. Three STEM EDP activities consist of lesson plans, teacher guide sheets, and the student activity handouts. Each activity was tested with six different students and the instructor led the three activities applied on the students. The instructor conducted every process of the activities and guided the students. During the implementations of the activities, the researcher made classroom observation and provided support to the instructor. Apart from the students, each activity was implemented to a physics teacher by the researcher. Due to the pandemic, all the implementations were carried out in the online platform. The researcher observed the students, the teachers, and the instructors. The researcher noted the activity processes and filled the observation form for each activity. The interviews were conducted with the students, the teachers, and the instructor in order to acquire their opinions about the activities. After finishing the implementation of each activity, the researcher did the interview with the students, the teachers, and the instructor separately. The interviews with the students were conducted as a group but the interviews with the teachers and the instructors were done one by one. For the three activities, the instructor attended to three interviews. During the interview, while the same questions were asked to the students and to the teachers, different questions were asked to the instructor. The interview with the students took about 15 minutes and the interview with the teachers took approximately 20 minutes.

Also, the interview with the instructor lasted about 20 minutes for each activity. Thanks to feedbacks from 18 students, 3 physics teachers and 1 instructor, the activities were revised and made feasible.

In this section, the results obtained based on the research findings are discussed with the related literature and suggestions are made for similar studies to be conducted in the future. Discussion of the results, conclusions, implications and suggestions for further researches are explained in below.

### **5.1. Discussion of the Results**

In this study, the Educational Design Based Research (DBR) method was used for the purpose of developing activities based on STEM principles and implementations. Yin (2011) claimed that observations, interviews, feeling and collecting are data collection method types for qualitative studies. In this study, the researcher observations and the semi-structured interviews were determined as data collection tools and to ensure the validity and reliability of these tools, certain methods have been used. Initially, in terms of the internal validity, triangulation method has been used. Patton (2015) stated that triangulation refers to use various data sources to understand the phenomena comprehensively. Due to that, this study includes more than one data source which are the researcher's observations, interviews with the students, the physics teachers, and the instructor. Besides that, the study was supported by doing detailed literature review, making discussion with the supervisor and getting feedback from the supervisor of the study to enhance the strengthening of the study. For objectivity of the study and the reliability of the data, the researcher conducted the study objectively and made impartial observation.

Since being systematical is one of the characteristics of STEM activities, activities have been developed and conducted systematically by the researcher. The activities were created to include science, technology, engineering, mathematics and social skills objectives. While conducting this study, seven steps of the EDP were

followed which are identifying the problem, collecting information, development solutions, choosing the best solution, construction a product, testing product and redesigning, and evaluation. Also, to be systematic, the researcher has carried out the activities in separated days and required time intervals for each step in the lesson plans has specified. The first activity has divided into eight days, the second activity has divided into four days and the third activity has divided into three days. Likewise, the Sink or Float activity developed by Drey (2016) has the same STEM characteristics. Besides of the science, mathematics, technology, engineering and social study disciplines, the language arts objectives are integrated to the activity. Therefore, optionally, the language art objectives can be inserted to the other studies. Moreover, the Sink or Float activity consists of six steps. These six steps are respectively; discussion, brainstorming, construction, testing and redesign, judgement, and presentation. Also, the activity is applied in six consecutive days and each step is implemented in a day. In addition, the activity includes handouts, scenario, rubrics and summative assessment tools. However, in this study, rather than rubrics for peer evaluation and tools for summative assessment, the researcher's observation and the interviews were available. Therefore, rubrics and summative assessment tools could be added to the further studies.

According to the observation, the researcher aware that the students had difficulties understanding the meaning of the educational terms like disciplines, curriculums, and objectives. To make clear, "Courses" word was written in parenthesis near the "Disciplines" word in the students' handout. Also, in the lesson plans, it was emphasized the importance of the explanations of the educational terms to the students before those were asked. When looking at the studies, it is seen that same results have emerged. Gustiani, Widodo, and Suwarna (2017) conducted a study by developing simple machines instructional material and they found that students had difficulties to understand some science terminologies like radius and ulna inside the instructional materials. After those terms have defined using single synonyms, instructional materials became clear and easy to read.

The researcher observed that described problems in the activities were made more understandable by using visuals. Therefore, the photos related with the given scenarios were inserted to the instructional materials and the students were able to visualize the problem situations. Similarly, thanks to the Picture STEM Project, Tank, Moore, and Pettis (2013) observed that images used in the text content have provided a deep and flexible understanding and helped to the students' broader perspectives on the content.

The researcher observed and the instructor stated that the participants had difficulties in carrying out the mathematics objectives but they were more successful during performing the engineering objectives. Also, the participants have enjoyed mostly during the hands-on activity processes. This view is consistent with the following study. According to the Christensen, Knezek, and Wood (2015), the students have positive interest towards the hands-on and active learning stages of the STEM programs which are related with the real world.

The study conducted by Gül (2019) has determined that STEM education has an effect on the development of teachers' field knowledge. In this study, a same result has been reached. The teachers participated to the activities declared that they had opportunities for experiencing in earthquake waves and for increasing awareness about earthquake resistant buildings.

In the activity process, the students and the teachers had pretty good time and forced themselves to think more. The students actively participated in the lessons both mentally and physically. The students worked within the harmony and the objectives related to social skills and creativity were acquired predominantly. When looking at the studies, it is seen that same results have emerged. Siew (2015) carried out a study to evaluate the learning experience of students with integrating STEM to the EDP and results have obtained from science teachers' field notes and interviews. According to the interviews with the students, 96% of 89 10<sup>th</sup> grade students stated that STEM-EDP activities forced them to create many science products and 93% of them expressed that they were challenged to think critically.

Also, 78% of the science teachers noted that the constructing a model parts of the STEM activities provided opportunities to the students to enhance creative thinking and problem solving skills.

In addition, timing is a substantial process for the STEM activities. In this study, while allocated times for the first and second activities were sufficient, it was insufficient a little bit for the third activity. As a results of the implementation of the activities, times for each step have been revised in the lesson plans. When the literature has been examined, an activity having a detailed time revision was not encountered.

## **5.2. Conclusions**

The conclusion of the study is that STEM Engineering-Design Process activities, which were developed by using ADDIE Model, were applied according to the 7-step implementation model without any problem within the scope of the Educational Design Based Research method design.

## **5.3. Implications**

The implications can be made from the findings of the current study as following:

- Systematically development of the STEM activities on the basis of STEM principles is a significant issue. Therefore, in this study, to be systematic, the ADDIE instructional model were used to develop STEM activities. According to the researcher, ADDIE model provided convenience to the researcher to develop the activities incrementally and the activities have been created as desired. Also, while the applying the activities, any problem was not observed. Hereby, the teachers and the researchers can develop STEM activities by using ADDIE model.

- Another important issue is to implement STEM activities correctly. As a result of the detailed literature review, STEM-EDP activities were formed with seven steps and they have been applied by following EDP model. During the implementations of the activity, thanks to the steps of EDP model, the students, the teachers and the instructor were able to progress in the activities easily and reach a product-oriented result. As a result, STEM-EDP activities have been applied without any problem. In this regard, other researchers can apply the STEM activities by using EDP model.
- It is significant to determine a proper research methodology for studies involving instructional materials development process. In this study, the Educational Design Based Research (DBR) method was used for the purpose of developing STEM-EDP activities. Since Design Based Research provided a systematic and flexible order to the researcher, STEM-EDP activities have been developed without any problem. For this reason, other researchers can develop STEM education-based activities by using DBR.
- One of the main characteristics of the STEM activities is integration of the disciplines. In this study, science, technology, engineering, mathematics and the social studies disciplines were integrated to the activities by including the objectives belonging to those disciplines to all the stages of the activities. During the implementation of the activities, the students and the teachers reached the objectives related with the disciplines without any problem. As a result, integration of the disciplines to the STEM activities has been made successfully by the researcher and other researchers can also use interdisciplinary approaches in STEM activities.
- Plenty of STEM activities are available in literature and most of them have been formed in a way to present the objectives directly to the learners. However, in this study, activities were created by enabling the students to reach the objectives in the process. Thanks to this, since the students determined the competencies expected from them, they could be aware of the expected changes in their knowledge and skills at the end of the learning process. Also,

determining the objectives forced both the students and the teacher to think more since they should choose proper objectives among many objectives belonging to the physics, mathematics, technology and engineering disciplines. Therefore, other researches could prepare STEM activities in a way that the students reach the objectives by themselves.

- STEM-EDP activities developed for this study were implemented not only to the students but also to the physics teachers. Hereby, the activities were evaluated from the perspectives of the teachers and revised comprehensively thanks to the teachers' feedback about the activities. Thus, other researchers can apply activities to educators due to educators' useful contributions to STEM activities.
- It is important that STEM activities should develop 21<sup>st</sup> century skills of the learners. For this, the researcher has designed the activities focusing on innovation, creativity, critical thinking, problem solving and inquiry processes. The students attended to the STEM activities for this study expressed that the activities forced them to think critically and improved their creativity perspectives by construction of the products. Also, improving of the social skills is another important reason underlying STEM education. The activities were created according to this basis but due to the pandemic, contribution of the activities to the social skill were not able to observed. Other researchers should examine the activities according to whether they provide social skills or not.

#### **5.4.Suggestions for Further Researches**

The suggestions can be made by considering the results of the current study as following:

- I observed that the physics teachers who participated in the activities enhanced their awareness about STEM education, and as a result of their responds to the interview questions, they had an idea of how STEM activities

should be applied in the classes. In this direction, it may be recommended to use these activities within the scope of in-service teacher training programs so that physics teachers gain competence in applying STEM education in their professional life.

- When I examined the physics curriculum, I observed that there are many objectives applicable for writing STEM activities. However, in this research, STEM activities are limited by earthquake waves objectives. Further researches can include STEM education activities which are developed based on different physics subjects and objectives.
- Since the participants in the research are limited to physics teachers and Anatolian high school students, I could not include interpretations and feedback of students studying at different school levels. In this context, it is thought that studies including activities revised by applying to different study groups could contribute to the literature.
- In this study, STEM-EDP activities were improved according to the findings obtained from the students and teachers. However, it was not tested whether the activities enhance the students' achievement or not. Therefore, I observed that the activities could not be improved and revised according to this point. In further studies, after STEM activities are developed, the impact of the activities on students' success can be measured.

## REFERENCES

- Aldoobie, N. (2015). ADDIE model. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68-72.
- Altan, E., Yamak, H., & Kırıkkaya, E. (2016) A Proposal of the STEM education for teacher training: design based science education. *Trakya University Education Faculty*, 6(2), 212-232.
- Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426–453.
- Beals, J. (1999). *The Biography of Thomas Edison*. Retrieved from <http://www.thomasedison.com/biography.html>.
- Benjamin J., Bessant J.& Watts R. (1997). *Making Groups Work: Rethinking Practice*, Allen & Unwin, ISBN 1-86448-304-0.
- Breiner, J., Harkness, M., Johnson, C. C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Buckley, C., Fraser, S., Garbely, T., & Naras, K. (2018). *Developing STEM Activities for the Museum of London*. An Interactive Qualifying Project Submitted to the Faculty of Worcester Polytechnic Institute.
- Burke, L., Francis, K., & Shanahan, M. (2014). A horizon of possibilities: a definition of STEM education. Paper presented at the STEM 2014 Conference, Vancouver, July 12–15.
- Butz, W. P., Kelly, T. K., Adamson, D. M., Bloom, G. A., Fossum, D., & Gross, M. E. (2004). Will the scientific and technology workforce meet the requirements of the federal government? Pittsburgh, PA: RAND.

- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5e Instructional Model and 21st Century Skills. Biological Sciences Curriculum Study (BSCS).
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Bybee, R. W. 2013. *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: National Science Teachers Association (NSTA) Press.
- California Mathematics Council. (2019). *Science, technology, engineering, & mathematics (STEM) information*. Retrieved from <https://www.cmc-math.org/stem>.
- Capraro M. M., & Jones, M. (2013). Interdisciplinary Stem Project-Based Learning. In Capraro R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (eds). *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: SensePublishers.
- Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning. In Capraro R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (eds). *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: SensePublishers.
- Cetin, A., Balta, N. (2017) Pre-Service Science Teachers Views on Stem Materials and Stem Competition in Instructional Technologies and Material Development Course.
- Cheung, L. (2016) Using the ADDIE Model of Instructional Design to Teach Chest Radiograph Interpretation, Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Biomedical Education*. <http://doi.org/10.1155/2016/9502572>.
- Christensen, R., Knezek, G., & Wood, T.T. (2015) Alignment of Hands-on STEM Engagement Activities with Positive STEM Dispositions in Secondary School Students. *Journal of Science Educational Technology* (24), 898–909

- Corlu, M. S., Capraro, R. M. & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers for the Age of Innovation. *Education and Science*, 39 (171), 74-85.
- Christensoni, J. (2011). *Ramaley coined STEM term now used nationwide*. Retrieved from [https://www.winonadailynews.com/news/local/ramaley-coined-stem-term-now-used-nationwide/article\\_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.html](https://www.winonadailynews.com/news/local/ramaley-coined-stem-term-now-used-nationwide/article_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.html).
- Committee on STEM Education National Science and Technology Council (2013). *Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education 5-year strategic plan*. Retrieved from [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf).
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Boston, MA: Pearson.
- Dass, P. (2015). Teaching STEM Effectively with the Learning Cycle Approach. K-12 STEM Education. *The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology*, 1(1), 5-12.
- Demirkıran, Z. A. (2016). Fen bilimleri dersinde araştırma-sorgulamaya dayalı uygulamaların etkileri. (Master's thesis). İstanbul Aydın University, İstanbul, Turkey.
- d'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis. Menlo Park, CA: SRI International.
- d'Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>.

Engineering. (n.d). Retrieved August 7, 2019 from <https://www.lexico.com/en/definition/engineering>.

English, L. D., & Gainsburg, J. (2016). Problem solving in a 21st-century mathematics curriculum. In L. D. English & D. Kirshner (Eds.). *Handbook of international research in mathematics education* (3rd ed., pp. 313–335). New York: Taylor & Francis.

English, L. D. (2016). Perspectives on Integration K12 Stem Education. *International Journal of STEM Education* 3, 3 (2016) <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages.

Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127–141.

Fulton, K., & Britton, T. (2011). *STEM teachers in professional learning communities: From good teachers to great teaching*. Washington, DC: National Commission on Teaching and America's Future.

Gökbayrak, S. & Karışan, D. (2017). Stem etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Journal of West Anatolia Educational Science*, 8(2), 63-84.

Gökçe, O. (2006). *İçerik analizi: Kuramsal ve pratik bilgiler*. Ankara: Siyasal Kitabevi.

Guba, E. G. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries, *Educational Communication and Technology Journal*, 29 (2), 75–91.

- Gustiani, I., Widodo, A., & Suwarna, I. R. (2017). Development and validation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) based instructional material.
- Gül, K. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarına Yönelik Bir STEM Eğitimi Dersinin Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. (Doctoral dissertation) Gazi University.
- Güneş, H. M. & Karaşah, Ş., (2016). Geçmişten Günümüze Fen Eğitiminin Önemi ve Fen Eğitiminde Son Yıllarda Yapılan Çalışmalar. *Journal of Educational Research*.
- Hakim, L. L., Sulatri, Y. L., Mudrikah, A., & Ahmatika, D. (2019). STEM Project-Based Learning models in learning mathematics to develop 21st century skills. Conference: International Conference of Science and Technology for the Internet of Things.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M.M. (2015) “How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement, *International Journal of Science and Mathematics Education*,13(5), 1089–1113.
- Hassan, A. I. (2014). *The ASSURE Model Lesson Plan*. Department of Instructional Technology, Faculty of Education, University of Khartoum.
- Herrington, J., McKenney, S., Reeves, T., & Oliver, R. (2007). Design-based research and doctoral students: Guidelines for preparing a dissertation proposal. Retrieved from [http://researchrepository.murdoch.edu.au/6762/1/design\\_based\\_doctoral.pdf](http://researchrepository.murdoch.edu.au/6762/1/design_based_doctoral.pdf)
- Hoachlander, G., & Yanofsky, D. (2011). Making STEM real: by infusing core academics with rigorous real-world work, linked learning pathways prepare students for both college and career. *Educational Leadership*, 68(3), 60–65.

- Hoachlander, G. (2014/2015). Integrating SET&M. *Educational Leadership*, 74–78.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- Lance, V., & Etchells, M. J. (2016). *Dam*. In *A Companion to Interdisciplinary STEM Project-Based Learning* (pp. 111-119). SensePublishers, Rotterdam.
- Judy, B. (2011). *Five innovations from world war II*. Retrieved from <http://bigdesignevents.com/2011/09/innovations-from-world-war-ii>.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). doi 10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: Lessons learned from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 9-40.
- Kuo, C.M. (2013). Use of Multimedia to Enhance Service Quality in Hospitality Education.
- Lincoln, Y.S., & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage Publication.
- Lou, S., Shih, R., Diez, C. R., & Tseng K. (2010). The Impact of Problem-Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes: An Exploratory Study Among Female Taiwanese Senior High School Students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 195–215. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9114-8>.
- Mathematics. (n.d). Retrieved August 7, 2019 from <https://www.lexico.com/en/definition/mathematics>.

- Merriam, S. (2009). *Qualitative research: A guide to implementation and design* (3rd ed.). California, CA: John Wiley & Sons.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2016). *STEM eğitimi raporu*.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). *Ortaöğretim fizik dersi öğretim programı*.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). *Ortaöğretim matematik dersi öğretim programı*.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). *Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı*.
- Millî Eğitim Bakanlığı Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü (2019). *Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları*.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Moomaw, S. (2013). *Teaching STEM in the early years: Activities for integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Redleaf Press.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education*, 15(1), 5–10.
- Morrison, J., (2013). STEM education monograph series, attributes of STEM education. *Teaching Institute for Essential Science*.
- Morgan, J.R., Moon, A.M., & Barroso, L.R. (2013) Engineering Better Projects. In Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds). *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: SensePublishers.
- National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards. National Committee for Science Education Standards and Assessment*. Washington: National Academies Press.

- National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K12 science education: Practices, cross cutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press.
- Nieveen, N., & Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. *Educational Design Research*, (pp. 152-169). London: Routledge.
- NSES (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press,
- Partnership for 21st Century Skills. (2011). *Framework for 21st century learning*. Retrieved from <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research and methods: Integrating theory and practice* (6th ed.). London: Sage Publications.
- Plasman, J.S., & Gottfried, M.A. (2018). Applied STEM coursework, high school dropout rates and students with learning disabilities. *Educational Policy*, 32(5) 664 –696.
- Policy Statement of Ireland (2019). *STEM Education Implementation Plan*. Retrieved December 26, 2019 from <https://www.education.ie/en/The-Education-System/STEM-Education-Policy/stem-education-implementation-plan-2017-2019-.pdf>.
- Puente, S. M. (2014). *Design-based learning: exploring an educational approach for engineering education*. Technische Universiteit Eindhoven, doi: 10.6100/IR771111.
- Reiser, R. A., & Dempsey, J. V. (2007). *Trends and issues in instructional design and technology* (4th ed.). Columbus, OH: Pearson.

- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Science. (n.d). Retrieved August 7, 2019 from <https://www.lexico.com/en/definition/science>.
- Siew, N.M. (2017) Integrating STEM in an Engineering Design Process: The Learning Experience of Rural Secondary School Students in an Outreach Challenge Program. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences* (6)128-141
- Siribaddana, D. (2010). The Future of Instructional Designing in Medical Education: Letting the Computer do the Work. *Sri Lanka Journal of Bio-Medical Informatics*. 1(1): 76-85.
- Slough, S.W., & Milam, J.O. (2013). Theoretical Framework for the design of STEM Project-Based Learning. In Capraro, R.M., Capraro, M.M., & Morgan, J.R. (eds). *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: SensePublishers.
- Tank, K.M., Moore, T.J., & Pettis, C. (2013). The PictureSTEM Project: A Curricular Approach Using Picture Books to Transform STEM Learning in Elementary Classrooms(Curriculum Exchange). Paper presented at the 120<sup>th</sup> ASEE Annual Conference & Exposition 2013, June 23–26.
- Teaching Institute for Excellence in STEM. (2018). *What is STEM Education?* Retrieved from <https://www.tiesteach.org/>.
- Technology. (n.d). Retrieved August 7, 2019 from <https://www.lexico.com/en/definition/technology>.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*, no. Mc. Bloomington: Center for Innovation in Teaching the Handicapped, Indiana University.

- Truesdell, P. (2014). *Engineering Essentials for STEM Instruction: How Do I Infuse Real-world Problem Solving into Science, Technology, and Math?* United States of America: ASCD.
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon.* Pennsylvania.
- Türk, N. (2019). *Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi.* (Doctoral dissertation) Gazi University.
- Üçüncüoğlu, İ., & Altan, E. (2017). Fen bilimleri öğretmen adayları için STEM odaklı laboratuvar uygulamaları: "sağlıklı yaşam" etkinliği. *International Journal of Humanities and Education*.
- Wang, F. & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Yalçın, V. (2019). Kuram, öğretim modeli, uygulama yöntemi ve çalışma planı bağlamında STEM. *Journal of Academic Social Science*, 7(90), 356-368 <https://doi.org/10.16992/ASOS.14877>.
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2), 28–40.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). Stem uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma eğitimde kuram ve uygulama. *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 183-210.
- Yurtluk, M. (2005). Proje tabanlı öğrenme. In Ö. Demirel (Ed.), *Eğitimde yeni yönelimler içinde* (pp. 67-79). Ankara, Pegem.

- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Walshe, G., Johnston, J. & McClelland G. (2008). *Designing, developing and evaluating integrated Stem activities for junior science*. Retrieved August 7, 2019 from <https://pdfs.semanticscholar.org/4802/7acb6d8e594fe648bbb6d6eb5e04488bb16a.pdf>.
- Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1–13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>.
- Wilson, J. (2018). *NASA History Overview*. Retrieved July 29, 2019 from <https://www.nasa.gov/content/nasa-history-overview>.
- Whitehouse.gov (2011). *Remarks by the President in State of Union Address*. Retrieved July 29, 2019, from <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/01/25/remarks-president-state-union-address>.
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-8.



## APPENDICES

### A. Pilot Study of Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP Activity Lesson Plan

#### STEM Etkinlik Planı

1. Sınıf : 10

2. Süre : 420 dakika (9 ders saati + 4 gün)

3. Hedef Kazanımlar

##### 3.1 Bilişsel Süreç Kazanımları

###### ➤ Fizik (MEB, 2018)

10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.

a) Deprem büyüklüğü ve şiddeti ile ilgili bilgi verilir.

b) Depremlerde dalga çeşitlerine girilmez.

10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.

9.2.2.1. Dayanıklılık kavramını açıklar.

###### ➤ Matematik (MEB, 2018)

M.7.1.4.4. Doğru orantılı iki çokluk arasındaki ilişkiyi ifade eder.

M.7.1.4.6. Gerçek hayat durumlarını inceleyerek iki çokluğun ters orantılı olup olmadığına karar verir.

M.5.2.3.1. Uzunluk ölçme birimlerini tanıır.

M.5.3.1.1. Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur.

M.5.3.1.2. Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar

###### ➤ Mühendislik / Tasarım (MEB, 2018), (Türk, 2019)

7. A. 2. 4. Çevresindeki bir tasarım ürününü yeniden yorumlar.

7.A. 2. 5. Sanat/tasarım elemanlarını ve tasarım ilkelerini kullanarak bir tasarım oluşturur.

7. B. 1. 3. Belirlediği probleme yönelik geliştirdiği çözüm önerisini paylaşır.

7. B. 1. 7. Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar

- 7. B. 1. 9.** Tasarım ürünlerinin üretim süreçlerini açıklar.
- 7. B. 1. 13.** Tasarımı değerlendirdikten sonra elde ettiği verilerden hareketle tasarımını yeniden yapılandırır.
- 7. B. 2. 1.** Tasarımı için taslak çizimler yapar.
- 7. C. 2. 1.** Tasarımın kullanıcının ihtiyacına ve beğenisine göre şekillendirildiğini ifade eder.
- 7. C. 2. 7.** Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.
- 7. C. 2. 8.** Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.
- 7. D. 1. 4.** Tasarımın modelini veya prototipini oluşturur.
- M.1.** Tasarım eyleminin bir problem tanımlama ve çözüm önerme süreci olduğunu kavrar.
- M.2.** Günlük hayattan bir problemi tanımlar.
- M.3.** Problem için muhtemel çözümler üretir.
- M.4.** Muhtemel çözümler arasından belli kriterleri dikkate alarak en uygun çözümü seçer.
- M.5.** Tasarım için öngördüğü düşünceleri tasarımına yansıtır.
- M.6.** Ürünü test eder.
- M.7.** Ürün testinden elde edilen verilere ve belirlenen kriterlere göre ürünü değerlendirir.
- M.8.** Tasarım yaparken gerekli güvenlik önlemlerini alır.

➤ **Teknoloji (MEB, 2019)**

- T.1.** Geri bildirim almak için uygulamalarını geliştirdiği teknolojiyi kullanır.
- T.2.** Mevcut teknolojileri seçme, kullanma ve sorun giderme yeteneklerini gösterir.
- T.3.** Tasarım kısıtlamalarını ve hesaplanan riskleri dikkate alan bir tasarım sürecini planlamak ve yönetmek için dijital araçları seçer ve kullanır.
- T.4.** Bilgi, medya, veri veya diğer kaynakların doğruluğunu, bakış açısını, güvenilirliğini ve uygunluğunu değerlendirir.
- T.5.** Bileşenleri tasarlamak için çeşitli teknolojiler kullanır.

**T.6.** Uygun araçlar kullanır.

**T.7.** Fikir üretmek, teorileri test etmek, yenilikçi eserler yaratmak veya gerçek problemleri çözmek için bilinçli bir şekilde tasarım sürecini kullanır.

**T.8.** Gerçek dünya sorunlarını ve problemlerini aktif olarak keşfederek fikir ve teoriler geliştirerek, cevaplar ve çözümler üzerinde durarak bilgi havuzu oluşturur.

### **3.2 Sosyal Ürün Kazanımları**

**S.1.** Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır (Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

**S.2.** Fikirleri, düşünceleri ve sorunları tartışır (Benjamin et al., 1997)

**S.3.** Özgün ürünler ortaya koyar ve oluşturduğu özgün prototipini arkadaşlarıyla birlikte sunar (Benjamin et al., 1997).

**S.4.** Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir (English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011).

**S.5.** Konuları güncel hayat ile ilişkilendirir (Gökbayrak & Karışan, 2017).

### **4. Eğitsel Malzeme, Teknoloji ve Medya**

- **Akıllı Tahta:** Ders ile alakalı videoları göstermek için akıllı tahta kullanılacaktır.
- **Beyaz tahta ve kalem:** Ders esnasında yapılan gerekli açıklamaları yazmak için beyaz tahta ve kalem kullanılacaktır.
- **MEB Kitapları, Okul Bilgisayarları:** Ders esnasında öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
- **Çalışma Kâğıdı:** Öğrencilerin ders esnasında önemli noktaları not almaları, aktivite için yönlendirilmeleri ve dersten sonra konu ile ilgili alıştırmalar yapmaları için hazırlanmıştır.
- **Ürün Değerlendirme Formu:** Grupların tasarımlarını değerlendirmek için hazırlanmıştır.
- **Öğrenci Değerlendirme Formu:** Öğrencileri değerlendirmek için hazırlanmıştır.

- **Araç ve Gereçler:** Kullanılacak malzemelerin öğrenciler tarafından karar verilip, belirlenmesi beklenmektedir.

## 5. Senaryo

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1976 yılında Van'ın Çaldıran bucağında gerçekleşen 7,6 büyüklüğündeki depremdir. Çaldıran depremi sonucunda 3840 kişi yaşamını yitirmiş, 497 kişi yaralanmış ve 9232 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremde kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Van'da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması bu ilde depreme dayanıklı betonarme binalar yapmak için gönüllü oluyor. Firma sahibi, deprem esnasında asansörlerin, kabin sıkışması ya da düşmesi gibi tehlike arz eden olaylara sebep olmasından dolayı, binaları asansöre ihtiyaç duymayacak en büyük yükseklikte olmasını istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, binalardaki asansör yönetmeliğinin en fazla üç katlı binalara izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Van'a depreme dayanıklı nasıl bir betonarme bina yaparsınız?

- **Not:** Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak depremin büyüklüğü eşdeğeri olarak yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu,

2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulur ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,0 – 7,4 değerlerinden başlayarak (4,70 yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak 5,20 değerine artırılacaktır) değerlerine göre sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test eder. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,026 - 0,08                   |
| 2,5 - 3,4         | 0,10 - 0,25                    |
| 3,5 - 4,4         | 0,26 - 0,80                    |
| 4,5 - 4,9         | 0,90 - 1,40                    |
| 5,0 - 5,4         | 1,50 - 2,50                    |
| 5,5 - 5,9         | 2,6 - 3,15                     |
| 6,0 - 6,4         | 3,20 - 4,00                    |
| 6,5 - 6,9         | 4,10 - 5,10                    |
| 7,0 - 7,4         | 4,70 - 5,20                    |
| 7,5 - 7,9         | 5,30 - 5,80                    |
| 8,0 - 8,4         | 5,90 - 6,40                    |
| 8,5 - 8,9         | 6,50 - 7,00                    |
| 9,0 ve üstü       | 7,10 ve üstü                   |

Öğretmen öğrencileri gruplara ayırır ve her öğrenciye “Çalışma Kâğıdı” verir. Dağıtılan kâğıdı tanıtır ve okumalarını ister.

*“Her şey anlaşıldıysa gruplara ayrılabiliriz. Ben daha önceden grupları oluşturdum. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim.” (S.1)*

#### **5.1 Problemi Tanımlama (Süre: 30 dakika)**

Öğretmen çalışma kâğıdındaki senaryoyu okumalarını ve anladıklarını arkadaşlarıyla paylaşmalarını söyler ve bu esnada öğretmen öğrencileri gözlemler. *“Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Bunun için size 7 dakika süre veriyorum. Başlayabilirsiniz.” (S.1.), (S.2.), (S.4)*

Grup tartışmasından sonra öğretmen sorar: *“Okuduğunuz senaryo hakkında ne düşünüyorsunuz? Daha önce depremi yaşayanınız ya da depremin yıkıcı etkisine şahit olanınız oldu mu?”. (S.4.) (S.5.)*

Öğretmen senaryodaki problemi öğrencilere sorar ve verilen cevapları ve öğrencilerin belirlediği problemi tahtaya yazar ve öğrencilerden çalışma kâğıdındaki “Problem nedir?” bölümüne yazmalarını ister.

*“Arkadaşlar, senaryoda problem / sorun var mı? Problem nedir? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Problem; Birinci derece deprem kuşağında bulunan Van ilinde depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.” (S.4.), (S.5.), (M.1.) , (M.2.)*

Sonra öğretmen probleme yönelik ihtiyacı belirlemelerini ister ve belirledikleri ihtiyacı tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kâğıdındaki “İhtiyaç” bölümüne yazmalarını ister.

*“Bu problemi çözmek için neye ihtiyaç var? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Van bölgesindeki depremlere dayanabilecek betonarme binalar yapmaya ihtiyaç var.” (M.2.) (S.4.)*

Buraya kadar “Problem ve ihtiyaç” ana hatlarıyla belirlenmiştir. Fakat problem “Tam tanımlanmamış problem” olduğu için detaylı incelenmelidir. Bundan dolayı, öğretmen ve öğrenciler tartışarak / beyin fırtınası yaparak problemi detaylı incelemeli ve problemde belirtilen kriterleri ve sınırlamaları belirleyip aktivite kâğıdına not etmelidirler. Böylelikle problem tanımlanmış ve üründe istenilen detaylar belirlenmiş olur. Öğretmen 10 dakika süre verir ve grup içerisinde tartışarak sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını ister. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Grup arkadaşlarınızla soruları cevaplamanız için 10 dakikanız var. Sürenin sonunda bulduklarınızı beraber tartışacağız.” (M.2.), (S.1.), (S.2.), (S.4.), (M.5.3.1.1.)*

Öğrenciler bulduklarını öğretmenle tartışır ve öğretmen gruplardan aldığı cevapları başlıklara ayırarak tahtaya yazar. Öğrencilerden, belirlenen kriterleri ve sınırlamaları, çalışma kâğıdındaki “Kriterler ve Sınırlamalar” bölümüne yazmalarını ister. *“İstenilen kriterler ve sınırlamalar nelerdir?” Öğrencilerden şu cevaplar alınana kadar öğretmen senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendirir: “Kriterler: Binalar, Van ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,6 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalar betonarme olmalıdır. Sınırlamalar: Bina asansör yönetmeliği, asansörsüz binaları 3 kat ile sınırlandırmaktadır. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanılmamalıdır. Bunların yanında, Van’da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların binalara sahip olabilmesi için kullanılan malzemelerin hem kaliteli hem de ekonomik olması gerekir.” (M.2.), (S.2.), (S.4.)*

## **5.2 Bilgi Toplama (Süre: 100 dakika)**

Öğretmen araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, mümkünse akıllı telefon ve tablet gibi cihazları

ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlar. Öğrenciler kendi başlarına araştırma yaparak gerekli bilgiye ulaşır. “*Problemi ve ihtiyacı belirlediğimize göre, şimdi araştırma yapma zamanı. Size 60 dakika süre vereceğim. Bu süre zarfında problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapacaksınız.*”

Araştırma yapmadan önce neleri araştıracaklarına öğretmen ve öğrenciler birlikte karar verir. Öğretmen “*Sizce depreme dayanıklı betonarme bina yapmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?*” der ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını ister. Öğrenciler aşağıdaki araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder :

1. *Depreme dayanıklı betonarme binalarda olması gereken özellikler nelerdir? / Bu binaların depreme dayanıklı olması için nasıl inşa edilmesi gerekir?*
2. *Depreme dayanıklı betonarme binalarının inşa aşamaları nelerdir? (Ne zaman temele beton dökülür?, Kolon ne zaman yerleştirilir?, Beton kolona ne zaman dökülür? Beton kolona dökülmeden önce ne yapılır?...)*
3. *Üç katlı betonarme binaların ölçüleri nelerdir? (Katlar arası yükseklik kaç metredir?, Katların yüzey alanları kaç m<sup>2</sup>'dir?, Katların zemin kalınlıkları kaç metredir?, Kolonların en, boy ve yükseklikleri kaç metredir?...)*
4. *Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatı esnasında hangi malzemeler kullanılır?*
5. *Betonarme üç katlı binaların kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri nelerdir?*

**NOT: Öğrenciler gerçek hayatta inşa edilebilecek binaları ölçeklendirerek prototip yapacakları için üç katlı binaların minimum boyutlarının referans alınması tavsiye edilir - her katında birer tane 1+1 dairelerin olduğu binalar- fakat öğretmen ya da öğrenciler isterse farklı boyutları referans alarak araştırma yapabilirler.**

6. *Depremde yıkılan betonarme binalar neden yıkılıyor?*

7. Daha önce depreme dayanıklı tasarlanan prototipler/modeller yapılırken nelere dikkat edilmiş?

Öğretmen “Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı internet sitelerinde de araştırarak teyit ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” der. (M.5.3.1.1.), (7. A. 2. 4.), (T.1.), (T.2.), (T.3.), (T.4.)

Öğrencilerin araştırmaları bittikten sonra, öğretmen sorar “Neler buldunuz?” Öğrenciler aşağıdaki bilgileri bulana kadar araştırma yapmaya teşvik edilir. Verilen süre yeterli olmazsa ek süre tanınabilir. Süreler dolduğunda hala yeterli bilgiye ulaşılmadıysa geri kalanını öğretmen öğrencilere sunar:

*Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.*

1. Betonarme, betonun çelik kullanılarak güçlendirilmiş yapı malzemesidir. Betonarme binalar, kirişleri, kolonu ve tavanı beton olan yapılardır. Beton ve demir birbirlerinin eksik özelliklerini tamamlayarak dayanıklı yapıların inşa edilebilmesini sağlar. Depreme dayanıklı betonarme binalarda dikkat edilmesi gereken beş temel unsur vardır:

- a) **Zemin**: Binalar sağlam zemine yapılmalıdır.
- b) **Taşıyıcı sistemler / Kolonlar**: Güçlü kolonlar inşa edilmelidir. Kolonlar çapraz destekler ile birbirine bağlanmalıdır.
- c) **Simetriklik**: Kolonlar eşit dağılımlı olmalıdır.
- d) **Kaliteli / nitelikli malzeme**: Hafif (katların taşıyabileceği) ve kaliteli malzemeler kullanılmalıdır.

- e) **Süneklik / esneklik**: Bina deprem esnasında salınım hareketi yaparak enerjiyi sönmölmelidir. Betonarme binalarda kırılğan olan beton, demir kullanılarak sünek hale getirilir.
2. Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatlarının basit yapım aşamaları şu şekildedir:
- a) **Zemin**: Sağlam ve düz bir zemin oluşturulur. Bunun için zemin kazılır ya da düzleştirilir. (Öğrencilerin zemini kazmaları mümkün olmadığı için bellirlenen derinlikte düz bir kalıp kullanacaklarını düşünmeleri beklenir.)
- b) **Temel**: Temel, yapının ayakları ve yapı ile zemin arasındaki geçiş elemanı olduğu için sağlam bir şekilde yapılmalıdır. Bunun için öncelikle zemine demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır.  
(<https://www.youtube.com/watch?v=c3JsgnB5FY8> TEMELE NASIL BAŞLANIR?)
- c) **Taşıyıcı sistemler**: Temele beton dökölmeden önce kolonların yerleri belirlenir ve kolonlar yerleştirilir. En az dört adet demirin belli aralıklarla birbirine bağlanması ile kolon oluşur. Kesit alanı dikdörtgen ya da dairesel olabilir. Demirden yapılan kolonlar zemindeki demirlere sabitlenirler.  
(<https://www.sanalsantiye.com/kolon-turleri/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=oTLdaxC-V9s> Building / House Construction Process step by step Upto SLAB  
<https://www.gninsaatt.com.tr/bina-insaat-yapim-asamaları-insaat-nasil-yapilir>  
[https://www.youtube.com/results?search\\_query=kolon+yap%C4%B1m%C4%B1](https://www.youtube.com/results?search_query=kolon+yap%C4%B1m%C4%B1) KOLONA HAZIRLIK NASIL YAPILIR?)
- d) **Beton dökümü**: Temelin demirleri ve kolonlar yerleştirildikten sonra temele beton dökölür ve donması için beklenir.

(<https://www.youtube.com/watch?v=ZFLnsG8pM3k> RADYE TEMEL BETON DÖKÜMÜ)

- e) **Kolon kaplama ve beton dökümü:** Kolonlara beton dökülmek için öncelikle kolonlar geçici olarak kaplanır daha sonra beton dökülür. Beton kuruduktan sonra kalıplar çıkartılır.

(<https://www.youtube.com/watch?v=9STmkKzyArU>  
Kolon Yapımı)

- a) **Kat tabanları:** Taşıyıcı sistemlerin üzerine kalıp oluşturulur. Demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır. Kalıp üzerine beton dökülerek kat yapılır.

**Not:** Buraya kadar binanın temelini, kolonlarının ve bir katının kaba inşaatının nasıl yapılacağı öğrenilmiştir. Aynı işlemler takip edilerek diğer katlar inşa edilir.

**Not:** Öğretmen betonarme binaların yapım aşamaları hakkında öğrencileri yetersiz gördüğü takdirde aşağıdaki linklerden videoları izletebilir.

(<https://www.youtube.com/watch?v=2ecqslqwXLQ> How to Make Awesome Mini House from Concrete

[https://www.youtube.com/watch?v=6\\_1yf44xk4w](https://www.youtube.com/watch?v=6_1yf44xk4w) BETONDAN MAKET EV VE YAPIM AŞAMASI

<https://www.youtube.com/watch?v=MVLRpZqwn3w> Ahşap, Demir, Kum ve Çimento'dan Maket Ev Yap

<https://www.youtube.com/watch?v=1nEQKWJkiUQ> Gerçek İnşaat Malzemeleriyle Mini Maket Ev Yapan Adam)

3. Üç katlı betonarme bir binanın bir katının ölçüleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

| Binanın Bir Katının Ölçüleri |          |     |           |
|------------------------------|----------|-----|-----------|
| Yapılan iş                   | Boyutlar |     |           |
|                              | En       | Boy | Yükseklik |

|                      |                                                                                               |        |        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| Temel                | 700 cm                                                                                        | 400 cm | 100 cm |
| Kat Tabanı           | 700 cm                                                                                        | 400 cm | 50 cm  |
| Kolon                | 50 cm                                                                                         | 50 cm  | 300 cm |
| Dairenin yüzey alanı | 28 m <sup>2</sup> (1+1 dairenin sahip olabileceği minimum değer)<br>= 280.000 cm <sup>2</sup> |        |        |
| Kolon sayısı         | 4 adet                                                                                        |        |        |

**Not: Bu tablodaki ölçüler her katında sadece bir tane 1+1 daire olan bir binanın sahip olabileceği minimum değerler göz önüne alınarak bir inşaat mühendisinin onayı ile belirlenmiştir. Öğretmen isterse bu tablodaki değerleri öğrencilere sunabilir ya da öğrencilerin araştırarak bulmasını isteyebilir. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit etmelidir. Ayrıca öğrenciler isterse 1+1 daire ölçüleri yerine farklı daire ölçüleri kullanabilir.**

4. *Betonarme binaların kaba inşaatı için kullanılan malzemeler:*

- Çimento
- Kum
- Su
- İnşaat demiri
- Kolonu oluşturan demirleri birbirine bağlamak için kullanılan demir (Etriye)
- Kolon kalıpları
- Katları desteklemek için kereste

5. *İnşaattan önce yapının ölçülerini göz önünde bulundurarak malzeme miktarı hesaplanır. Üç katlı betonarme binaların bir katının kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri şöyledir:*

|                                                                                  | Temel                                                                                                           | Bir Kolon                                                                                                     | Kat Tabanı                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beton miktarı<br>(m <sup>3</sup> )                                               | 28 m <sup>3</sup><br><br>(Temelin hacmi kadar beton gereklidir 28 m <sup>2</sup> x 1m = 28 m <sup>3</sup> )     | 0,75 m <sup>3</sup><br><br>(Kolonun hacmi kadar beton gereklidir; 0,5 m x 0,5 m x 3 m = 0,75 m <sup>3</sup> ) | 14 m <sup>3</sup><br><br>(Tabanların hacmi kadar beton gereklidir; 28 m <sup>2</sup> x 0,5 m = 14 m <sup>3</sup> ) |
| Çimento miktarı<br>(m <sup>3</sup> )<br><br>(Beton %10 oranında çimento içerir.) | 2,8 m <sup>3</sup><br><br>(28 m <sup>3</sup> x %10 = 2,8 m <sup>3</sup> )                                       | 0,075 m <sup>3</sup><br><br>( 0,75 m <sup>3</sup> x %10 = 0,075 m <sup>3</sup> )                              | 1,4 m <sup>3</sup><br><br>(14 m <sup>3</sup> x %10 = 1,4 m <sup>3</sup> )                                          |
| Kum miktarı (m <sup>3</sup> )<br><br>(Beton %70 oranında kum içerir.)            | 19,6 m <sup>3</sup><br><br>(28 m <sup>3</sup> x %70 = 19,6 m <sup>3</sup> )                                     | 0,52 m <sup>3</sup><br><br>(0,75 m <sup>3</sup> x %70 = 0,52 m <sup>3</sup> )                                 | 9,8 m <sup>3</sup><br><br>(14 m <sup>3</sup> x %70 = 9,8 m <sup>3</sup> )                                          |
| Su miktarı (litre)<br><br>(Beton %20 oranında su içerir.)                        | ~ 6 m <sup>3</sup><br><br>(28 m <sup>3</sup> x %20 = 5,6 m <sup>3</sup> )                                       | ~ 2 m <sup>3</sup><br><br>(0,75 m <sup>3</sup> x %20 = 0,15 m <sup>3</sup> )                                  | ~ 3 m <sup>3</sup><br><br>(14 m <sup>3</sup> x %20 = 2,8 m <sup>3</sup> )                                          |
| Demir miktarı<br>(kg)                                                            | 980 kg<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye 35 kg demir gereklidir. 28 m <sup>2</sup> x 35 kg/m <sup>2</sup> = 980 kg ) | 32 adet                                                                                                       | 728 kg<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye 26 kg demir gereklidir. 28 m <sup>2</sup> x 26 kg/m <sup>2</sup> = 728 kg )    |

|                           |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Demirin kalınlığı<br>(mm) | 14 mm | 12 mm | 10 mm |
|---------------------------|-------|-------|-------|

[http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/dcdca973649730a\\_ek.pdf?tipi=79&tur u=X&sube=7](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/dcdca973649730a_ek.pdf?tipi=79&tur u=X&sube=7)

**Not: Bu tablodaki değerler bir önceki tablodaki ölçülere göre inşaat mühendisi tarafından belirlenmiştir. Öğretmen isterse tabloyu öğrencilerine sunar ya da öğrencilerinin araştırıp bulmalarını ister. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit eder.**

**(7. A. 2. 4.), (T.5.), (T.6.), (S.2.), (S.4.) (M.5.3.1.2.)**

Öğretmen sorar “Araştırma yaparken hangi üniteleri incelediniz? Çözüm üretmek için hangi ünite ya da konu size yardımcı oldu?” Bu aşamada öğrenciler problemin çözümünde hangi bilgilere / kazanımlara ihtiyaç duyduklarını belirler. Öğrenciler istenilen kazanımlara ulaşamamışlarsa öğretmen rehberlik ederek yönlendirir.

Öğrencilerden beklentiler şu şekildedir:

- “Depreme dayanıklı bina tasarlamak için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırdıklarını, ayrıca deprem kavramının hangi üniteye olduğunu araştırdıklarında fizik dersinin “Dalgalar” ünitesindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını” söylemeleri beklenir. **(10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- “Dayanıklı bina yapabilmek için dayanıklılık kavramını bilmeye ihtiyaç duyduklarını bunun için fizik dersinin “Madde ve Özellikleri” ünitesindeki

*“Dayanıklılık” konusunu incelediklerini” söylemeleri beklenir. (9.2.2.1. Dayanıklılık kavramını açıklar.)*

- *“Problemin çözümü için betonarme bina yapılması istenildiğinden betonarme binalarının yapısal özelliklerini ve hangi aşamaları takip ederek yapıldıklarını bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını” söylemeleri beklenir. (7. C. 2. 7. Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar, 7. B. 1. 7. Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar, 7. B. 1. 9. Tasarım ürünlerinin üretim süreçlerini açıklar. T.3. Tasarım kısıtlamalarını ve hesaplanan riskleri dikkate alan bir tasarım sürecini planlamak ve yönetmek için dijital araçları seçer ve kullanır.)*
- *“Bir mühendis gibi kendi binalarını inşa edecekleri için inşaat mühendislerinin depreme dayanıklı betonarme binaları nasıl tasarladıklarını ve daha önceden yapılan depreme dayanıklı betonarme binaların nasıl yapıldıklarını incelemeye ihtiyaç duyduklarını” söylemeleri beklenir. (7. A. 2. 4. Çevresindeki bir tasarım ürününü yeniden yorumlar. 7.A. 2. 5. Sanat/tasarım elemanlarını ve tasarım ilkelerini kullanarak bir tasarım oluşturur. 7. C. 2. 1. Tasarımın kullanıcının ihtiyacına ve beğenisine göre şekillendirildiğini ifade eder.)*
- *“Gerçek bir depreme dayanıklı bina yapılacağı için bir binanın boyutlarının ölçüleri, malzemeleri ve malzeme miktarları bilinmeli bu yüzden inşaat mühendislerinin projelerindeki ölçüler kullanılarak bina tasarlamalı” kanısına varmaları beklenir. (M.5.2.3.1. Uzunluk ölçme birimlerini tanır. 7. C. 2. 8. Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar. M.7.1.4.4. Doğru orantılı iki çokluk arasındaki ilişkiyi ifade eder. M.7.1.4.6. Gerçek hayat durumlarını inceleyerek iki çokluğun ters orantılı olup olmadığına karar verir.)*

**Not:** Eğer öğrenciler üniteyi ve/ya konuyu bulamazlarsa ya da farklı bulurlarsa, öğretmen *“MEB fizik kitabında deprem ya da dayanıklılık*

***konusu nerede geçiyor beraber bakalım.” diyerek kitabı öğrenciler ile birlikte inceler. Öğrenciler diğer kazanımlara ulaşamazlarsa öğretmen ile beraber internet üzerinden araştırır.***

Öğretmen *“Lütfen bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Ünite ve Konu” bölümüne yazınız.”*der.

### **5.3 Çözümler Üretme (Süre: 60 dakika)**

Çözüm üretmeye geçmeden önce öğrencilerin binalarının nasıl değerlendirileceğine öğretmen ve öğrenciler beraber karar verir. Öğretmen *“Bildiğiniz üzere en az 7,6 büyüklüğündeki depreme dayanabilecek 3 katlı betonarme bina tasarlayacaksınız. Gerçek ölçülerine göre 3 katlı binaları yapmanız mümkün mü? Peki gerçeğini yapamıyorsak ne yapacağız?”* Öğrencilerin binanın maketini / prototipini yapacakları çıkarımına varmaları beklenir. Öğretmen devam eder *“Yapacağınız binalar kullanılan malzemeler, katlar arası mesafe, katların yüzey alanları ve binanın uzunluğu bakımından gerçeğini en çok yansıtan olmalı. Ne kadar gerçeğine benzerse o kadar yüksek puan alırsınız.”* Öğrenciler bu aşamada binaları gerçek binaların uzunluk değerlerine göre ölçeklendirecekleri çıkarımını yapmalıdır bunun için öğretmen aşağıdaki tabloyu göstererek rehberlik eder. Böylelikle öğrenciler yapacakları binanın her uzunluğunun ve malzemelerinin aynı oranda ölçeklendirileceğinin farkına varır.

**Not: Öğretmen tablodaki her değeri vermez, örnek değer verdikten sonra öğrencilerin bulması için zaman tanır.**

Öğretmen sorar *“Mesela bir katın uzunluğu ortalama kaç metredir? Hemen az önce hazırladığımız tabloya bakıp bulalım. 3 metre. 1/50 oranında küçültsek bir kolonun yüksekliği 6cm olur. Peki bir katın yüzey alanı ortalama ne kadar? Buna da hemen bakalım. 1+1 olan evlerin yüzey alanı 28m<sup>2</sup> ise onu da aynı oranda küçülttüğümüzde 56 cm<sup>2</sup> olur. Gördüğünüz gibi her uzunlukta aynı küçültmeyi yaptık ki gerçeğine yakın olsun.”*

**Not: Bir katın uzunluğu ya da minimum bir dairenin yüzey alanı değerleri ve diğer değerler “Bilgi Toplama” bölümünde oluşturulan tablodan alınır.**

Öğretmen “*Başka hangi oranlarda küçültme yapabiliriz belirleyelim. Hesaplamalarını sizlerin yapmasını istiyorum.*” der.

Öğrenciler tablodaki ölçeklendirmelerden daha farklı değerler verebilir önemli olan öğretmenin ve öğrencilerin verilen ölçeklendirme değerlerine göre yapabilecekleri alt ve üst sınırları belirlemeleridir.

**Not: Aşağıdaki tabloya göre alt sınır 1/50 oranı üst sınır 1/5 oranı olarak belirlenmiştir. Bu değerler öğrenciler ile öğretmenler arasında istenildiği gibi değiştirilebilir.**

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                                 |                                                 |                                                 |                                                   |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me           | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me           | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me           | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me             | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me                 |
| Temelin<br>ve<br>Katların<br>Yüzey<br>Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> =<br>700 cm x<br>400 cm )                                   | 112 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 10 cm x<br>11 cm) | 448 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 21 cm x<br>21 cm) | 700 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 26 cm x<br>26 cm) | 1244 cm <sup>2</sup><br><br>( ~ 35 cm x<br>35 cm) | 11.200 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 105 cm<br>x 106 cm) |
| Temelin<br>Kalınlığı<br><br>(100 cm)                                                                                              | 2 cm                                            | 4 cm                                            | 5 cm                                            | ~ 7 cm                                            | 20 cm                                                |

|                                                                                                                |                       |                         |                       |                         |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Temel için Gerekli Beton Miktarı<br><br>(28.000.000 cm <sup>3</sup> )                                          | 224 cm <sup>3</sup>   | 1.792 cm <sup>3</sup>   | 3.500 cm <sup>3</sup> | ~ 8.708 cm <sup>3</sup> | 224.000 cm <sup>3</sup> |
| Temel için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(2,8 m <sup>3</sup> = 2.800.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 22 cm <sup>3</sup>  | ~179 cm <sup>3</sup>    | 350 cm <sup>3</sup>   | ~ 829 cm <sup>3</sup>   | 22.400 cm <sup>3</sup>  |
| Temel için Gerekli Kum Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(19,6 m <sup>3</sup> = 19.600.000 cm <sup>3</sup> )   | ~ 156 cm <sup>3</sup> | ~ 1.254 cm <sup>3</sup> | 2.450 cm <sup>3</sup> | ~ 5.807 cm <sup>3</sup> | 156.800 cm <sup>3</sup> |
| Temel için Gerekli Su Miktarı (cm <sup>3</sup> )                                                               | 48 cm <sup>3</sup>    | 384 cm <sup>3</sup>     | 750 cm <sup>3</sup>   | ~1.777 cm <sup>3</sup>  | 48.000 cm <sup>3</sup>  |

|                                                                             |                |                |                    |                  |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|
| (6 m <sup>3</sup> =<br>6.000.000<br>cm <sup>3</sup> )                       |                |                |                    |                  |                  |
| Temel<br>için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(980 kg)          | ~ 20 kg        | 39 kg          | 49 kg              | 65 kg            | 196 kg           |
| Temel<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(14 mm)    | ~ 0,3 mm       | ~ 0,6 mm       | 0,7 mm             | ~ 1 mm           | ~ 3 mm           |
| Kolon<br>Uzunluğu<br>/ Katlar<br>Arası<br>Mesafe<br><br>(300cm)             | 6 cm           | 12 cm          | 15 cm              | 20 cm            | 60 cm            |
| Kolonun<br>En ve Boy<br>Uzunlukla<br>rı<br><br>(En 50 cm<br>x Boy 50<br>cm) | 1 cm x 1<br>cm | 2 cm x 2<br>cm | 2,5 cm x<br>2,5 cm | ~ 3 cm x 3<br>cm | 10 cm x 10<br>cm |
| Kolon için<br>Gerekli<br>Demir<br>Sayısı                                    | 4 adet         | 4 adet         | 4 adet             | 4 adet           | 4 adet           |

|                                                                                                        |                     |                      |                     |                       |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| (En az 4 adet demir kullanılır.)                                                                       |                     |                      |                     |                       |                        |
| Kolon için Kullanılacak Demirin Kalınlığı (12mm)                                                       | ~ 0,3 mm            | ~ 0,5 mm             | 0,6 mm              | 0,8 mm                | ~ 3 mm                 |
| Kolon için Gerekli Beton Miktarı (750.000 cm <sup>3</sup> )                                            | 6 cm <sup>3</sup>   | 48 cm <sup>3</sup>   | 94 cm <sup>3</sup>  | 222 cm <sup>3</sup>   | 6.000 cm <sup>3</sup>  |
| Kolon için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> ) (0,075 m <sup>3</sup> = 75.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 1 cm <sup>3</sup> | ~ 5 cm <sup>3</sup>  | ~ 9 cm <sup>3</sup> | ~ 22 cm <sup>3</sup>  | 600 cm <sup>3</sup>    |
| Kolon için Gerekli Kum Miktarı (cm <sup>3</sup> ) (0,52 m <sup>3</sup> = 520.000 cm <sup>3</sup> )     | ~ 4 cm <sup>3</sup> | ~ 33 cm <sup>3</sup> | 65 cm <sup>3</sup>  | 154 cm <sup>3</sup>   | 4.160 cm <sup>3</sup>  |
| Kolon için Gerekli Su                                                                                  | 16 cm <sup>3</sup>  | 128 cm <sup>3</sup>  | 250 cm <sup>3</sup> | ~ 592 cm <sup>3</sup> | 16.000 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                                                                                |                     |                     |                       |                            |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(2 m <sup>3</sup> =<br>2.000.000<br>cm <sup>3</sup> )                                                     |                     |                     |                       |                            |                            |
| Kat<br>Tabanları<br>nın<br>Kalınlığı<br><br>(50 cm)                                                                                            | 1 cm                | 2 cm                | 2,5 cm                | ~ 3 cm                     | 5 cm                       |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(14.000.0<br>00 cm <sup>3</sup> )                                               | 112 cm <sup>3</sup> | 896 cm <sup>3</sup> | 1.750 cm <sup>3</sup> | ~ 3.732<br>cm <sup>3</sup> | 56.000 cm <sup>3</sup>     |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(1,4 m <sup>3</sup> =<br>1.400.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 11 cm <sup>3</sup>  | 90 cm <sup>3</sup>  | 175 cm <sup>3</sup>   | 415 cm <sup>3</sup>        | 11. 200<br>cm <sup>3</sup> |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Gerekli<br>Kum                                                                                                     | 78 cm <sup>3</sup>  | 627 cm <sup>3</sup> | 1.225 cm <sup>3</sup> | 2.903 cm <sup>3</sup>      | 78.400 cm <sup>3</sup>     |

|                                                                                                                                         |                    |                     |                     |                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(9,8 m <sup>3</sup> =<br>9.800.000<br>cm <sup>3</sup> )                                            |                    |                     |                     |                     |                        |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Gerekli<br>Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(3 m <sup>3</sup> =<br>3.000.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 24 cm <sup>3</sup> | 192 cm <sup>3</sup> | 375 cm <sup>3</sup> | 889 cm <sup>3</sup> | 24.000 cm <sup>3</sup> |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(728 kg)                                                           | ~ 15 kg            | ~ 30 kg             | ~ 36 kg             | ~ 48 kg             | ~ 145 kg               |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(10 mm)                                                     | 0,2 mm             | 0,4 mm              | 0,5 mm              | ~ 0,6 mm            | 2 mm                   |

**Not: Alan ölçeklendirmesi yaparken ölçeklendirme oranının karesini, hacim ölçeklendirmesi yaparken de ölçeklendirme oranının küpünü almayı unutmayınız.**

Ölçeklendirme anlaşıldıktan sonra değerlendirme kriterlerini belirlemeye devam edilir. Öğretmen sorar “*Değerlendirme kriterlerimizden birini ölçeklendirme olarak belirledik sizce binalarınızı başka hangi özelliklere göre değerlendirelim?*” Öğrenciler “*7,6 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen, 7,6 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen ve ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.*” sonucuna ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder. Bu kriterler dışında başka kriterler de değerlendirmeye alınabilir. Öğretmen “*Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp katlarında kopmalar oluyorsa ya da sapaşğlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım?*” der. Böylelikle aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturuluna kadar öğretmen rehberlik eder.

| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                         |                                                       |                                                              |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                     |                                                       |                                                              |                                                              |
|                                                                                                                  | 1 puan                                                | 2 puan                                                       | 3 puan                                                       |
| Bina 7,6 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabildi mi?                                                        | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı           | 10 saniyeden daha az sürede katta kopmalar oldu              | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı  |
| Binanın boyutları ve malzeme miktarları gerçek bina değerlerine göre ölçeklendirildi mi?                         | Hiç bir boyut ve malzeme miktarları ölçeklendirilmedi | Sadece boyut ya da sadece malzeme miktarları ölçeklendirildi | Her boyutta ve malzeme miktarlarında ölçeklendirilme yapıldı |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve grup sayısına bölünerek | Toplam tutar grupların ortalama masraflarının üstünde | Toplam tutar grupların ortalama masraflarında                | Toplam tutar grupların ortalama masraflarının altında        |

|                                                                                                                                                                                                       |         |         |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| ortalama miktar belirlenir.)                                                                                                                                                                          |         |         |             |
| 7,6<br>büyüklüğünde<br>yıkılmayan<br>binalar en fazla<br>hangi<br>büyüklükteki<br>depreme<br>dayandı?<br>(Ürünler<br>arasında eşitlik<br>varsa sarsıntı<br>şiddeti<br>arttırılarak<br>eleme yapılır.) | 8,0-8,4 | 8,5-8,9 | 9,0 ve üstü |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                                                                                                    |         |         |             |

Öğretmen devam eder “Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere ve sınırlamalara göre çözümler üreteceksiniz. Planladığınız ürünün taslağını çalışma kâğıdındaki “Modelin Taslağını Çiz” bölümüne detaylandırmadan çiziniz. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız. Daha sonra çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz. Süreniz 45 dakika olacaktır.” der. (10.3.5.2.), (T.8.), (S.1.), (S.4.)

#### 5.4 Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme (Süre: 20 dakika)

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra gruplar çözümlerini açıklar, öğretmen tahtaya yazar. Öğretmen sorar “*Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?*” Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmaları beklenir:

- *Bina 3 katlı ve betonarme olacak*
- *7,6 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek*
- *Bina sağlam ve düz bir zemine inşa edilecek*
- *Bina simetrik olacak.*
- *Kolonlar eşit dağıtılacak*
- *Binanın sarsıntı esnasında kırılmaması için binayı oluşturan yapı elemanlarında demir kullanarak beton esnek hale getirilecek*
- *Kaliteli ve ekonomik malzeme kullanılacak.*

**Not: Öğrenciler bu aşamada sıkıntı yaşarlarsa öğretmen “Bilgi Toplama” bölümünde bulunanları hatırlatır.**

**(10.3.5.1.), (9.2.2.1.), (7.B.1.3), (7. C.2.7.), (M.3.), (S.2.), (S.4.)**

Öğretmen sorar “*Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?*” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirtir. Öğretmen ve öğrenciler tartışarak fikirlerini sunarlar ve toplu alınan karar sonucunda en iyi görülen çözümler belirlenir. Her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır. Öğretmen en iyi görülen çözümleri tahtaya yazar ve öğrencilerden de yazmalarını ister “*Çalışma kâğıdındaki “Plan Yapma” bölümünü çözümünüze göre doldurunuz. Planladığınız ürününüzü “Modelini Çiz” bölümüne çiziniz, sahip olduğu özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız. Ayrıca “Modelin Yapım Aşamaları” kısmına oluşturacağınız ürünü yaparken hangi aşamaları takip edeceğinizi yazınız.*”

**(M.7.1.4.4.), (M.7.1.4.6.), (M.4.), (T.7.), (T.8.), (S.2.)**

Öğretmen sorar “*Problemin değişkenleri var mı?*” Öğrenciler değişkenleri şu şekilde bulana kadar öğretmen rehberlik eder: “*Problemdeki bağımlı değişken*

*depreme dayanıklılık; bağımsız değişkenler binanın yüksekliği, binanın genişliği, binanın simetrikliği, kolonların yerleri, kolonların sayısı, sarsıntının süresi; sabit değişkenler ise binanın kat sayısı ve sarsıntının büyüklüğüdür.” (T.8.), (S.4.)*

Öğretmen “Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” der. (T.5), (T.6), (S.1.), (S.4.)

Öğrencilerden beklenen malzemeler şunlardır:

- Çimento
- İnce kum
- Su
- Kalın çelik tel (Temel, kat tabanları ve kolonlar için farklı kalınlıklardaki demirlerin ölçeklendirme değerlerine göre belirlenen teller)
- İnce çelik tel (Kalın telleri birbirine bağlamak için)
- İnce mdf / sunta / kontraplak (Binanın temelini ve kolonların kalıplarını yapmak için)
- Kıl testere (Mdf ya da sunta kesimi için)
- Pense (Telleri bükme için)
- Silikon tabanca (Kolon kalıplarını yapıştırmak için)
- Elektrik bantı (Kolon kalıplarını tutturmak için)
- Boş plastik kap (Çimento kum ve su karışımını yapmak için)
- Dereceli silindir
- Spatula
- Dijital hassas tartı
- Şerit metre

**NOT: Öğrenciler bazı malzemeleri söylemediklerinde öğretmen rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlar.**

**NOT: Malzemelerin miktarları ve ölçüleri öğrencilerin kullandığı ölçeklendirme oranına göre değişeceği için hangi grup hangi oranda**

ölçeklendirme yaptı ise öğretmen o orandaki malzeme miktarını ve ölçülerini sınıfa getirir.

**NOT: İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara verilir. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanılır.**

#### 5.5 Ürün Geliştirme: (Süre: 180 dakika+ 3 gün)

Öğretmen öğrencilerin öngördüğü malzemeleri sınıfa getirir. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapar. (M.8.)

**NOT: Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden (Kıl testere) sadece bir tane alınır ve öğretmen gözetiminde kullanılır.**

Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi prototiplerini yaparlar. Öğretmen öğrencilere rehberlik eder. Soruları varsa cevaplandırır.

*“Artık ürün oluşturma zamanı. Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi çözüm seçme aşamasında belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturacaksınız. Bu değişkenleri çalışma kâğıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu doldurarak ürününüzü geliştiriniz. Mesela, binanın yüksekliği arttırılsa, depreme dayanıklılığı azalır mı artar mı bulup tabloya yazınız.”*

(M.5.2.3.1.)

|        | Bağımlı Değişken       | Bağımsız Değişken    | Sabit Değişken                       | Gözlemlerimi z |
|--------|------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Örne k | • Depreme dayanıklılık | • Binanın yüksekliği | • Kat sayısı<br>• Sarsıntı büyüklüğü |                |
|        |                        |                      |                                      |                |

Öğrenciler en olası çözümü gerçekleştirmek için çeşitli değişkenleri dener. Öğrenciler araştırmaları sonucu bazı teorik bilgilere ulaştıkları için tüm değişkenleri test etmek zorunda değildir. Öğretmen sorular sorarak doğruyu bulmalarına yardımcı olur. Sorulara doğru cevaplar vermiyorlarsa o zaman değişkenleri test etmeleri gerekir.

(F.7.7.1.6.), (7.A.2.5.), (7.B.1.5.), (7.B.1.9.), (7. B.2.1.), (7. C.2.8.), (7.D.1.4.), (M.5.), (T.6.), (T.7.9, (S.1.), (S.3)

**NOT: Öğrenciler ürünlerini yaparken binalarının katlarına ve kolonlarına döktükleri betonun kurumasını en az bir gün beklemelidir. Bu sebepten dolayı her bir katın ve kolonlarının betonu döküldükten sonra bir gün beklenilmeli, aktiviteye bir sonraki ders saatinde devam edilmelidir (3 katlı bir bina için en az 3 güne ihtiyaç bulunmaktadır.)**

#### **5.6 Test Etme ve Yeniden Yapma (Süre: 15 dakika)**

Öğretmen açıklama yapar “Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız. Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.” (7.C.2.1.), (7.C.2.7.), (M.6.), (S.3)

Binanın depreme dayanıklılığını ölçmek için “Google Science Journal” uygulamasında bulunan ivmeölçer kullanılır. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürün koyulur. Sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası 10 saniye sarsılır. “Google Science Journal” uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Gruplar binalarının 7,6 büyüklüğündeki

depreme dayanıklı olup olmadığını ölçecekleri için, bu büyüklüğe denk gelen ivme değerlerinde (Tablo “Senaryo” kısmında verilmiştir.) 10 saniye sallayıp test etmeleri yeterlidir. Öğretmen, aktivitenin başında öğrencilerine sunduğu Richter Büyüklüğü - Yer İvmesi tablosunu öğrencilerine göstererek hangi değerlerde test edecekleri konusunda yardımcı olur.

#### 5.7 Değerlendirme (Süre: 15 dakika)

Bütün gruplar oluşturdukları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Ürünü hangi amaçla yaptıklarından ve hangi malzemeleri kullandıklarından bahsederler. Öğretmen “*Her grup kendi ürününü çıkardı. Şimdi sırasıyla her grup ürününü tanıtacak. Hangi amaçla yaptığınızı, hangi malzemeleri kullandığınızı, yaparken takip ettiğiniz aşamaları ve ürününüzün özelliklerini anlatmanızı istiyorum.*” der. (M.7.)

Öğretmen bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklar: “*Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek.*”

Öğretmen ortaya çıkan ürünün ekonomikliğini değerlendirmek için aşağıdaki malzemelerin birim fiyatlarının yazılı olduğu tabloyu öğrencilerine sunar. Tablodaki boş kısımlar öğrenciler tarafından doldurulur böylelikle her grubun yaptığı total harcamalar bulunur. “*Ayrıca ürünlerinizin ekonomikliğini değerlendirmek için kullanılan malzemelerin birim fiyatlarını içeren bir tablo hazırladım. Sizler kullandığınız malzemelerin miktarlarını birim fiyatları ile çarparak ne kadar harcama yaptığınızı hesaplayacaksınız. Her grubun yaptığı hesaplama sonucunda puanlamamızı yapacağız.*”

| Malzemeler                                      | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| Çimento (1 kg)                                  | 0,56 TL     |                   |       |
| İnce Kum (1 kg)                                 | 1,2 TL      |                   |       |
| Mdf / Sunta /<br>Kontraplak (1cm <sup>2</sup> ) | 0,09 TL     |                   |       |
| 0,5 mm tel (1 metre)                            | 1 TL        |                   |       |
| 1 mm tel (1 metre)                              | 1,5 TL      |                   |       |
| 2 mm tel (1 metre)                              | 2,5 TL      |                   |       |
| 3 mm tel (1 metre)                              | 3 TL        |                   |       |
| Toplam fiyat:                                   |             |                   |       |

Öğretmen devam eder: “Formları dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.”

Ürünü tanıtan grup, diğer grupların ve öğretmenin soruları varsa cevaplar. Değerlendirme yapılır. Öğretmen dersi bitirir.

## 6. Kaynaklar

Benjamin J., Bessant J.& Watts R. (1997). Making Groups Work: Rethinking Practice, Allen & Unwin, ISBN 1-86448-304-0.

Betonarme <https://tr.wikipedia.org/wiki/Betonarme>,

Bir M3 Beton Kaç Tondur? <https://www.saracyapi.com.tr/bir-m3-beton-kac-tondur.html>

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/xMercalli.htm>

- English, L. D. (2016). Perspectives on Integration K12 Stem Education. International Journal of STEM Education 3, 3 (2016) doi:10.1186/s40594-016-0036-1.
- Millî Eğitim Bakanlığı Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü (2019). Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı.
- Partnership for 21st Century Skills. (2011). Framework for 21st century learning. Retrieved from <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Suncuoğlu, H. (2019) 5.8 Silivri Depremi. Retrieved from [http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019\\_1007\\_GTU\\_-silivridepremi.pdf](http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019_1007_GTU_-silivridepremi.pdf)Türk,
- Türk, N. (2019). Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi) Gazi University.

## **A.1. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP Activity Lesson Plan**

### **STEM ETKİNLİK PLANI**

#### **Depreme Dayanıklı Betonarme Bina Tasarımı**

- 1. Sınıf :** 10, 11 ve 12
- 2. Süre :** 13 günde toplam 1200 dakika (30 ders saati)
- 3. Eğitsel Malzeme, Teknoloji ve Medya**
  - **Akıllı Tahta:** Ders ile alakalı videoları göstermek için akıllı tahta kullanılacaktır.
  - **Beyaz tahta ve kalem:** Ders esnasında yapılan gerekli açıklamaları yazmak için beyaz tahta ve kalem kullanılacaktır.
  - **MEB Kitapları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Okul Bilgisayarları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Akıllı Telefon:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Laptop:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Çalışma Kâğıdı:** Öğrencilerin ders esnasında önemli noktaları not almaları, aktivite için yönlendirilmeleri ve dersten sonra konu ile ilgili alıştırmalar yapmaları için hazırlanmıştır.
  - **Ürün Değerlendirme Formu:** Grupların tasarımlarını değerlendirmek için öğrenciler ile birlikte hazırlanması beklenmektedir.
  - **Araç ve Gereçler:** Kullanılacak malzemelerin öğrenciler tarafından karar verilip, belirlenmesi beklenmektedir.
- 4. Taslak ve zamanlama**
  - Problemi tanımlama (30 dk)
    - Problemi belirleme (5 dk)
    - Probleme yönelik ihtiyaçlar belirleme (5 dk)
    - Kriterleri ve sınırlamaları belirleme (20 dk)
  - Bilgi Toplama (295 dk)



Verilere bakıldığında, depremde kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan’da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyedeki insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı betonarme binalar yapmaya gönüllü oluyor. Firma sahibi, deprem esnasında asansörlerin, kabin sıkışması ya da düşmesi gibi tehlike arz eden olaylara sebep olmasından dolayı, binaları asansöre ihtiyaç duymayacak en büyük yükseklikte olmasını istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, binalardaki asansör yönetmeliğinin en fazla üç katlı binalara izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan’a depreme dayanıklı nasıl bir betonarme bina yaparsınız?



**Not: Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer**

ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi ( $\text{m/s}^2$ ) |
|-------------------|-------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                       |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                 |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                    |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                     |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                     |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                     |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                     |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                     |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                     |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                     |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                     |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                     |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                     |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                     |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                   |

## 6. Ders İçeriği

### 1. GÜN

Öğretmen öğrencileri gruplara ayırır ve her öğrenciye “Çalışma Kâğıdı” verir. Dağıtılan kâğıdı tanıtır ve okumalarını ister. “*Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not*”

*almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim.”*

## **6.1 Problemi Tanımlama**

Öğretmen çalışma kâğıdındaki senaryoyu okumalarını ve anladıklarını arkadaşlarıyla paylaşımlarını söyler ve bu esnada öğretmen öğrencileri gözlemler. *“Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.”*

### **6.1.1 Problemi belirleme (5 dk)**

Grup tartışmasından sonra öğrenciler senaryodan genel olarak neler anladıklarını sınıf içerisinde söyler. Öğretmen sorar: *“Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?”* Öğrencilerin cevapları alındıktan sonra senaryo detaylı incelenir. Senaryoda bulunan problem ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğretmen senaryodaki problemi öğrencilere sorar ve verilen cevapları ve öğrencilerin belirlediği problemi tahtaya yazar ve öğrencilerden çalışma kâğıdındaki *“Problem nedir?”* bölümüne yazmalarını ister. *“Arkadaşlar, senaryoda problem / sorun var mı? Problem nedir? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Problem; Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.”*

### **6.1.2 Probleme yönelik ihtiyacı belirleme (5 dk)**

Sonra öğretmen probleme yönelik ihtiyacı belirlemelerini ister ve belirledikleri ihtiyacı tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kâğıdındaki *“İhtiyaç”* bölümüne yazmalarını ister. *“Bu problemi çözmek için neye ihtiyaç var? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Erzincan’daki depremlere dayanabilecek betonarme binalar yapmaya ihtiyaç var.”*

### 6.1.3 Kriterleri ve sınırlamaları belirleme (20 dk)

Buraya kadar “Problem ve ihtiyaç” ana hatlarıyla belirlenmiştir. Fakat problem “Tam tanımlanmamış problem” olduğu için detaylı incelenmelidir. Bundan dolayı, öğretmen ve öğrenciler tartışarak / beyin fırtınası yaparak problemi detaylı incelemeli ve problemde belirtilen kriterleri ve sınırlamaları / kısıtlamaları belirleyip aktivite kâğıdına not etmelidirler. Böylelikle problem tanımlanmış ve üründe istenilen detaylar belirlenmiş olur. Öğretmen grup içerisinde tartışarak sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını ister. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Grup arkadaşlarınızla soruları cevaplayınız, daha sonra bulduklarınızı beraber tartışacağız.”*

Öğrenciler bulduklarını öğretmenle tartışır ve öğretmen gruplardan aldığı cevapları başlıklara ayırarak tahtaya yazar. Öğrencilerden, belirlenen kriterleri ve sınırlamaları, çalışma kâğıdındaki “Kriterler ve Sınırlamalar / Kısıtlamalar” bölümüne yazmalarını ister. *“İstenilen kriterler ve sınırlamalar / kısıtlamalar nelerdir?”* Öğrencilerden şu cevaplar alınana kadar öğretmen senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendirir: *“Kriterler: Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalar betonarme olmalıdır. Sınırlamalar / Kısıtlamalar: Bina asansör yönetmeliği, asansörsüz binaları 3 kat ile sınırlandırmaktadır. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanılmamalıdır. Bunların yanında, Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların binalara sahip olabilmesi için kullanılan malzemelerin hem kaliteli hem de ekonomik olması gerekir.”*

### 6.2 Bilgi Toplama

Öğretmen araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, mümkünse akıllı telefon ve tablet gibi cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlar. Öğrenciler kendi başlarına araştırma yaparak gerekli bilgiye ulaşır. *“Problemi ve ihtiyacı belirlediğimize göre, şimdi problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapma zamanı.”*

### 6.2.1 Araştırma sorularını belirleme (20 dk)

Araştırma yapmadan önce neleri araştıracaklarına öğretmen ve öğrenciler birlikte karar verir. Öğretmen “Sizce depreme dayanıklı betonarme bina yapmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?” der ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını ister. Öğrenciler aşağıdaki araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder:

1. Deprem nedir? Deprem büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?
2. Depreme dayanıklı betonarme binalarda olması gereken özellikler nelerdir? / Bu binaların depreme dayanıklı olması için nasıl inşa edilmesi gerekir?
3. Depreme dayanıklı betonarme binalarının inşa aşamaları nelerdir? (Ne zaman temele beton dökülür?, Kolon ne zaman yerleştirilir?, Beton kolona ne zaman dökülür? Beton kolona dökülmeden önce ne yapılır?...)
4. Üç katlı betonarme binaların ölçüleri nelerdir? (Katlar arası yükseklik kaç metredir?, Katların yüzey alanları kaç  $m^2$ 'dir?, Katların zemin kalınlıkları kaç metredir?, Kolonların en, boy ve yükseklikleri kaçar metredir?...)
5. Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatı esnasında hangi malzemeler kullanılır?
6. Betonarme üç katlı binaların kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri nelerdir?

**NOT: Öğrenciler gerçek hayatta inşa edilebilecek binaları ölçeklendirerek prototip yapacakları için üç katlı binaların minimum boyutlarının referans alınması tavsiye edilir - her katında birer tane 1+1 dairelerin olduğu binalar - fakat öğretmen ya da öğrenciler isterse farklı ölçülerdeki daire tiplerini (2+1, 3+1... daireler) referans alarak araştırma yapabilirler.**

Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

## 2. GÜN

---

### 6.2.2 Araştırma yapma (90 dk)

Öğretmen “Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit ediniz. Ayrıca, güvenilir sitelerden bilgi almak için, araştırma yaptığınız internet sitelerinin “edu” ve “gov” uzantılı olmasına dikkat ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” der. Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

## 3. GÜN

---

### 6.2.3 Araştırma sorularını cevaplandırma (60 dk)

Öğrencilerin araştırmaları bittikten sonra, öğretmen sorar “Neler buldunuz?” Öğrenciler aşağıdaki bilgileri bulana kadar araştırma yapmaya teşvik edilir. Verilen süre yeterli olmazsa ek süre tanınabilir. Süreler dolduğunda hala yeterli bilgiye ulaşılmadıysa geri kalanını öğretmen öğrencilere sunar:

1. Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem b büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Betonarme, betonun çelik kullanılarak güçlendirilmiş yapı malzemesidir. Betonarme binalar, girişleri, kolonu ve tavanı beton olan yapılardır. Beton ve demir birbirlerinin eksik özelliklerini tamamlayarak dayanıklı yapıların inşa

edilebilmesini sağlar. Depreme dayanıklı betonarme binalarda dikkat edilmesi gereken beş temel unsur vardır:

- **Zemin:** Binalar sağlam zemine yapılmalıdır.
- **Taşıyıcı sistemler / Kolonlar:** Güçlü kolonlar inşa edilmelidir. Kolonlar çapraz destekler ile birbirine bağlanmalıdır.
- **Simetriklik:** Kolonlar eşit dağılımlı olmalıdır.
- **Kaliteli / nitelikli malzeme:** Hafif (katların taşıyabileceği) ve kaliteli malzemeler kullanılmalıdır.
- **Süneklik / esneklik:** Bina deprem esnasında salınım hareketi yaparak enerjiyi sönmülemelidir. Betonarme binalarda kırılğan olan beton, demir kullanılarak sünek hale getirilir.

3. Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatlarının basit yapım aşamaları şu şekildedir:

- **Zemin:** Sağlam ve düz bir zemin oluşturulur. Bunun için zemin kazılır ya da düzleştirilir. (Öğrencilerin zemini kazmaları mümkün olmadığı için belirlenen derinlikte düz bir kalıp kullanacaklarını düşünmeleri beklenir.)
- **Temel:** Temel, yapının ayakları ve yapı ile zemin arasındaki geçiş elemanı olduğu için sağlam bir şekilde yapılmalıdır. Bunun için öncelikle zemine demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır.

(<https://www.youtube.com/watch?v=c3JsgnB5FY8> TEMELE NASIL BAŞLANIR?)

- **Taşıyıcı sistemler:** Temele beton dökülmeden önce kolonların yerleri belirlenir ve kolonlar yerleştirilir. En az dört adet demirin belli aralıklarla birbirine bağlanması ile kolon oluşur. Kesit alanı dikdörtgen ya da dairesel olabilir. Demirden yapılan kolonlar zemindeki demirlere sabitlenirler.

(<https://www.sanalsantiye.com/kolon-turleri/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=oTLdaxC-V9s> Building / House Construction Process step by step Upto SLAB

<https://www.gninsaat.com.tr/bina-insaat-yapim-asamalari-insaat-nasil-yapilir>

[https://www.youtube.com/results?search\\_query=kolon+yap%C4%B1m%C4%B1](https://www.youtube.com/results?search_query=kolon+yap%C4%B1m%C4%B1) KOLONA HAZIRLIK NASIL YAPILIR?)

- **Beton dökümü:** Temelin demirleri ve kolonlar yerleştirildikten sonra temele beton dökülür ve donması için beklenir. (<https://www.youtube.com/watch?v=ZFLnsG8pM3k> Radye Temel Beton Dökümü)
- **Kolon kaplama ve beton dökümü:** Kolonlara beton dökülmek için öncelikle kolonlar geçici olarak kaplanır daha sonra beton dökülür. Beton kuruduktan sonra kalıplar çıkartılır. (<https://www.youtube.com/watch?v=9STmkKzyArU> Kolon Yapımı)
- **Kat tabanları:** Taşıyıcı sistemlerin üzerine kalıp oluşturulur. Demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır. Kalıp üzerine beton dökülerek kat yapılır.

#### (M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.)

Buraya kadar binanın temelini, kolonlarının ve bir katının kaba inşaatının nasıl yapılacağı öğrenilmiştir. Aynı işlemler takip edilerek diğer katların inşa edileceği bilinir.

Öğretmen betonarme binaların yapım aşamaları hakkında öğrencileri yetersiz gördüğü takdirde aşağıdaki linklerden videoları izletebilir.

(<https://www.youtube.com/watch?v=2ecqslqwXLQ> How to Make Awesome Mini House from Concrete

[https://www.youtube.com/watch?v=6\\_1yf44xk4w](https://www.youtube.com/watch?v=6_1yf44xk4w) BETONDAN MAKET EV VE YAPIM AŞAMASI

<https://www.youtube.com/watch?v=MVLRpZqwn3w> Ahşap, Demir, Kum ve Çimento'dan Maket Ev Yap

<https://www.youtube.com/watch?v=1nEQKWJkiUQ> Gerçek İnşaat Malzemeleriyle Mini Maket Ev Yapan Adam)

4. Üç katlı betonarme bir binanın bir katının ölçüleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

| Binanın Bir Katının Ölçüleri |                                                                                            |        |           |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| Yapılan iş                   | Boyutlar                                                                                   |        |           |
|                              | En                                                                                         | Boy    | Yükseklik |
| Temel                        | 400 cm                                                                                     | 700 cm | 100 cm    |
| Kat Tabanı                   | 400 cm                                                                                     | 700 cm | 50 cm     |
| Kolon                        | 50 cm                                                                                      | 300 cm | 50 cm     |
| Dairenin yüzey alanı         | 28 m <sup>2</sup> (1+1 dairenin sahip olabileceği minimum değer) = 280.000 cm <sup>2</sup> |        |           |
| Kolon sayısı                 | 4 adet                                                                                     |        |           |

Bu tablodaki ölçüler her katında sadece bir tane 1+1 daire olan bir binanın sahip olabileceği minimum değerler göz önüne alınarak bir inşaat mühendisinin onayı ile belirlenmiştir. Öğretmen isterse bu tablodaki değerleri öğrencilere sunabilir ya da öğrencilerin araştırarak bulmasını isteyebilir. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit etmelidir. Ayrıca öğrenciler isterse 1+1 daire ölçüleri yerine farklı daire ölçüleri kullanabilir. Öğrencilerin tabloyu Excel programında yapmaları beklenir.

5. Betonarme binaların kaba inşaatı için kullanılan malzemeler:

- Çimento
- Kum
- Su

- İnşaat demiri
- Kolonu oluşturan demirleri birbirine bağlamak için kullanılan demir (Etriye)
- Kolon kalıpları
- Katları desteklemek için kereste

6. İnşaattan önce yapının ölçüleri göz önünde bulundurularak malzeme miktarı hesaplanır. Üç katlı betonarme binaların bir katının kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri şöyledir:

| Betonarme Binanın Bir Katı İçin Gerekli Malzemelerin Miktarları               |                                                                                                             |                                                                                                               |                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                               | Temel                                                                                                       | Bir Kolon                                                                                                     | Kat Tabanı                                                                                                         |
| Beton miktarı (m <sup>3</sup> )                                               | 28 m <sup>3</sup><br><br>(Temelin hacmi kadar beton gereklidir 28 m <sup>2</sup> x 1m = 28 m <sup>3</sup> ) | 0,75 m <sup>3</sup><br><br>(Kolonun hacmi kadar beton gereklidir; 0,5 m x 0,5 m x 3 m = 0,75 m <sup>3</sup> ) | 14 m <sup>3</sup><br><br>(Tabanların hacmi kadar beton gereklidir; 28 m <sup>2</sup> x 0,5 m = 14 m <sup>3</sup> ) |
| Çimento miktarı (m <sup>3</sup> )<br><br>(Beton %10 oranında çimento içerir.) | 2,8 m <sup>3</sup><br><br>(28 m <sup>3</sup> x %10 = 2,8 m <sup>3</sup> )                                   | 0,075 m <sup>3</sup><br><br>(0,75 m <sup>3</sup> x %10 = 0,075 m <sup>3</sup> )                               | 1,4 m <sup>3</sup><br><br>(14 m <sup>3</sup> x %10 = 1,4 m <sup>3</sup> )                                          |
| Kum miktarı (m <sup>3</sup> )                                                 | 19,6 m <sup>3</sup>                                                                                         | 0,52 m <sup>3</sup>                                                                                           | 9,8 m <sup>3</sup>                                                                                                 |

|                                                           |                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Beton %70 oranında kum içerir.)                          | $(28 \text{ m}^3 \times \%70 = 19,6 \text{ m}^3)$                                                                        | $(0,75 \text{ m}^3 \times \%70 = 0,52 \text{ m}^3)$                             | $(14 \text{ m}^3 \times \%70 = 9,8 \text{ m}^3)$                                                                         |
| Su miktarı (litre)<br><br>(Beton %20 oranında su içerir.) | $\sim 6 \text{ m}^3$<br><br>$(28 \text{ m}^3 \times \%20 = 5,6 \text{ m}^3)$                                             | $\sim 2 \text{ m}^3$<br><br>$(0,75 \text{ m}^3 \times \%20 = 0,15 \text{ m}^3)$ | $\sim 3 \text{ m}^3$<br><br>$(14 \text{ m}^3 \times \%20 = 2,8 \text{ m}^3)$                                             |
| Demir miktarı (kg)                                        | 980 kg<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye 35 kg demir gereklidir. $28 \text{ m}^2 \times 35 \text{ kg/m}^2 = 980 \text{ kg}$ ) | 32 adet                                                                         | 728 kg<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye 26 kg demir gereklidir. $28 \text{ m}^2 \times 26 \text{ kg/m}^2 = 728 \text{ kg}$ ) |
| Demirin kalınlığı (mm)                                    | 14 mm                                                                                                                    | 12 mm                                                                           | 10 mm                                                                                                                    |

Bu tablodaki değerler bir önceki tablodaki ölçülere göre inşaat mühendisi tarafından belirlenmiştir. Öğretmen isterse tabloyu öğrencilerine sunar ya da öğrencilerinin araştırıp bulmalarını ve bulduklarını Excel dosyasına yazmalarını ister. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit eder.

Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

### 6.2.4 Disiplinleri ve disiplinlere ait kazanımları belirleme (30 dk)

Araştırma soruları cevaplandırıldıktan sonra problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğrencilerin belirlediklerini öğretmen tahtaya, öğrenciler ise çalışma kağıdındaki “Disiplinler” ve “Kazanımlar” bölümüne yazar. Öğretmen sorar “*Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere ihtiyacınız var?*” Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerin “*Dalga bilgisi için fizik; ölçüm ve hesaplama yapmak için matematik, binanın planı ve dizaynı için mühendislik; araştırma yapmak ve binayı tasarlamak için teknoloji; grup çalışması ve ürün çıkarma süreci için sosyal beceriler disiplinine ihtiyaç vardır.*” demeleri beklenir.

Öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Öğretmen bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik eder. Öğretmen sorar “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi konular / kazanımlar size yardımcı oldu?*” Bu aşamada öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demeleri beklenir. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabilecekleri hatırlatılır.

Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için öğretmen referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik eder. (Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları, [https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143 STEM KitapYk](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143 STEM KitapYk).)

[pdf](#); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3, M.5.2.3.1), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2, M.3) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerden beklenen kazanımlar şu şekildedir:

- *“Depreme dayanıklı bina tasarlamak için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını, ayrıca deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını”* söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- *“Problemin çözümü için betonarme bina yapılması istenildiğinden bir mühendis gibi betonarme binalarının yapısal özelliklerini ve hangi aşamaları takip ederek yapıldıklarını bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını”* söylemeleri beklenir. **(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**
- *“Bir mühendis gibi kendi binalarını inşa edecekleri için inşaat mühendislerinin depreme dayanıklı betonarme binaları nasıl tasarladıklarını ve daha önceden yapılan depreme dayanıklı betonarme binaların nasıl yapıldıklarını incelemeye ihtiyaç duyduklarını ve incelemeler sonucunda*

öğrendikleri yapı özelliklerine göre tasarımlarını yapacaklarını” söylemeleri beklenir. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.)**

- “Gerçek bir depreme dayanıklı bina yapılacağı için bir binanın boyutlarının ölçüleri, malzemeleri ve malzeme miktarları bilinmeli bu yüzden inşaat mühendislerinin projelerindeki ölçüleri kullanmaları gerektiğinin ve gerçek ölçüleri uygulanabilir hale dönüştürmek için matematik kullanarak ölçeklendirilme yapmalarının ve uzunluk birimlerinde dönüşümler yaparak binayı tasarlamaları gerektiğinin” kanısına varmaları beklenir. **(M.5.2.3.1 Uzunluk ölçme birimlerini tanır.), (M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)**
- “Gerçeğine benzer prototip yapılacağı için kullanılan malzeme miktarları ve yapı ölçüleri gerçek bina ölçüleriyle orantılı olmalı ve bu değerler excel üzerinde toplanmalı ve değerlere göre prototipin planı yapılmalı” demeleri beklenir. **(T.1 Bilgiyi kaydetmek, yönetmek, ve ilişkilendirmek için dijital teknolojileri uygun bir şekilde kullanır.)**
- “Ürünü tasarlarken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme, içlerinde uygun olanını belirleme ve ürün geliştirebilme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**
- “Ürün tasarımı yaparken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve ürünün oluşması için üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

Öğretmen “Lütfen bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Konu ve Kazanımlar” bölümüne yazınız.”der.

Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

## 5. GÜN

---

### 6.2.5 Değişkenleri bulma (5 dk)

Kazanımların belirlenmesinden sonra bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenler belirlenir ve öğretmen tarafından tahtaya yazılır. Öğretmen sorar “*Problemin değişkenleri var mı?*” Öğrenciler değişkenleri şu şekilde bulana kadar öğretmen rehberlik eder: “*Problemdeki bağımlı değişken depreme dayanıklılık; bağımsız değişkenler binanın yüksekliği, binanın genişliği (Kat yüzey alanı), binanın şekli, simetrikliği, kolonların sayısı, sarsıntının süresi, kullanılan malzemeler ve oranları; sabit değişkenler ise binanın kat sayısı ve sarsıntının büyüklüğüdür.*” Öğretmen “*Çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazınız.*” der.

Belirlenen değişkenlerin bir kısmının öğrenciler tarafından ürün geliştirme esnasında yaparak test edilmesi beklenir fakat bu aktivitede öğrenciler gerçek betonarme prototipi yapacakları için değişkenleri ürün üzerinde test etmeleri zor olacaktır. Bu sebepten ötürü, bazı değişkenler kitaptan ya da internetten bilgi alarak bazıları ise öğretmenin getirdiği alternatif malzemelerin kullanılması ile test edilir ve gözlemlenir. Belirlenen değişkenlerin binaların depreme dayanıklılığını nasıl etkilediği öğrencilerin gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır. Bağımsız değişkenlerden binanın yüksekliği, genişliği ve şekli öğretmenin daha önceden sınıfa getirdiği alternatif malzemeler ile oluşturabilecekleri prototip üzerinde test edilir. Değişkenlerin test edilmesi için gerekli alternatif malzemeler çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometredir. (İsteğe bağlı olarak karton, mukavva, tahta çubuk... gibi farklı malzemeler kullanılabilir.)

### 6.2.6 Değişkenleri test etme (90 dk)

Bu bölümde değişkenler öğrenciler tarafından çubuk makarnalarla yapılan prototipler ile test edilecektir. Öğretmen aktiviteye başlamadan önce yanında bir paket çubuk makarna, bant ve cetvel getirmelidir (çubuk makarna yerine başka seçenekler de kullanılabilir). Öğretmen “*Şimdi değişkenlerin ürününüzün depreme*

dayanıklılığını nasıl etkilediğini test edeceksiniz. Bunun için sizlere çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometre (telefon) vereceğim. Makarnadan oluşturduğunuz prototipler sonucunda değişkenleri gözlemleyebileceksiniz. Değişkenleri çalışma kâğıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu dolduracaksınız.” der. Öğretmen kendi örnek tablosunu gösterir ve öğrencilerden çalışma kağıtlarında bulunan tabloyu vakti geldiğinde doldurmasını ister.

|       | Bağımlı Değişken                                                       | Bağımsız Değişken                                                    | Sabit Değişken                                                                           | Yorumlarınız / Gözlemleriniz |
|-------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Binanın yüksekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> |                              |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                              |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                              |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                              |

Öğretmen devam eder “Bağımsız değişkenleri test etmeye başlayalım. İlk olarak bina yüksekliğini inceleyelim. Bina yüksekliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?” Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar “Bina yüksekliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?” Öğrencilerden “Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı uzunlukta üç katlı prototipler oluşturulmalı” cevabı beklenir. Öğretmen sorar “Peki oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?” Öğrencilerden “Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.” cevabı beklenir. Gruplar eşit genişliğe ve aynı şekle sahip iki tane üç katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun

süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Bina yüksekliği arttıkça depreme dayanıklılık azalır.*” yönündedir. Öğretmen “*Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.*” der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

Sonra bina genişliğinin (Kat yüzey alanlarının) etkisi gözlemlenir. Öğretmen “*Bağımsız değişkenlerimizi test etmeye devam edelim. Bina genişliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?*” Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar “*Bina genişliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?*” Öğrencilerden “*Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı yüzey genişliğinde üç katlı prototipler oluşturulmalı*” cevabı beklenir. Öğretmen sorar “*Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?*” Öğrencilerden “*Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.*” cevabı beklenir. Gruplar eşit yüksekliğe ve aynı şekle sahip iki tane üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Bina genişliği arttıkça depreme dayanıklılık artar.*” yönündedir. Öğretmen “*Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.*” der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

**NOT: Bağımsız değişkenlerden bina şeklinin depreme dayanıklılığı test edilirken bir hususa dikkat edilmesi gerekir. Öğrenciler bina şekli olarak sayısız seçenekler sunabilir ve gerçek çıkarımlar yapabilmek için her şekle etki eden rüzgar kuvvetlerinin hesaplanması gerekir. Bu durum öğrencinin seviyesini aşacağından dolayı binanın şeklinin depreme dayanıklılığını test**

ederken bazı sınırlamalar getirilmelidir. Sınırlama şu şekilde olabilir: Her grup kendi betonarme binasını hangi iki farklı şekilde yapmayı planlıyorsa o şekilleri makarna prototipinde deneyip daha dayanıklı olan şekli asıl betonarme prototipinde uygulamalıdır. Böylelikle iki şekil arasından daha dayanıklı olan keşfedilmiş olur.

Daha sonar, bina şeklinin etkisi gözlemlenir. Öğretmen “*Bina şekli depreme dayanıklılığı etkiler mi?*” Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar “*Bina şeklinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?*” Öğrencilerden “*Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı şekillere sahip (Üçgen, dörtgen, beşgen, daire, T şekli, V şekli, U şekli...) üç katlı prototipler oluşturulmalı*” cevabı beklenir. Öğretmen sorar “*Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılarını nasıl kıyaslayacaksınız?*” Öğrencilerden “*Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.*” cevabı beklenir. Gruplar eşit yüksekliğe ve eşit yüzey alanına sahip iki tane (Herhangi iki şekli kullanabilir) üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.*” yönündedir. Öğretmen “*Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.*” der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

Öğretmen devam eder. “*Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve kolon sayısı deprem dayanıklılığını nasıl etkiler?*” Öğrenciler araştırmaları sonucu bazı teorik bilgilere ulaşabilecekleri için her değişkeni test etmek zorunda değildir. Öğrenciden bu değişkenlerin etkisini internetten araştırarak bulabileceğini söylemesi beklenir. Sonuç olarak, “*Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem*

*dayanıklılığını artırır; sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi de artar; simetrik cisimler daha çok dengede kalır; bina yeterli kolon ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar” gibi çıkarımlar yapmaları beklenir. (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)*

Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

## 6. GÜN

---

### 6.3 Çözümler Üretme

#### 6.3.1 Ölçeklendirme hesapları yapma ve değerlendirme kriterleri belirleme (40 dk)

Çözüm üretmeye geçmeden önce öğrencilerin binalarının nasıl değerlendirileceğine öğretmen ve öğrenciler beraber karar verir. Öğretmen “*Bildiğiniz üzere en az 7,9 büyüklüğündeki depreme dayanabilecek 3 katlı betonarme bina tasarlayacaksınız. Gerçek ölçülerine göre 3 katlı binaları yapmanız mümkün mü? Peki gerçeğini yapamıyorsak ne yapacağız?*” Öğrencilerin binanın maketini / prototipini yapacakları çıkarımına varmaları beklenir. Öğretmen devam eder “*Yapacağınız binalar kullanılan malzemeler, katlar arası mesafe, katların yüzey alanları ve binanın uzunluğu bakımından gerçeğini en çok yansıtan olmalı. Ne kadar gerçeğine benzerse o kadar yüksek puan alırsınız.*” Öğrenciler bu aşamada binaları gerçek binaların uzunluk değerlerine göre ölçeklendirecekleri çıkarımını yapmalıdır bunun için öğretmen aşağıdaki tabloyu göstererek rehberlik eder. Böylelikle öğrenciler yapacakları binanın her uzunluğunun ve malzemelerinin aynı oranda ölçeklendirileceğinin farkına varır. (M.5.2.3.1. Uzunluk ölçme birimlerini tanır.), (M.6.1.5.3. Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)

Öğretmen tablodaki her değeri vermez, örnek değer verdikten sonra öğrencilerin bulması için zaman tanır. Öğretmen sorar “*Mesela bir katın uzunluğu ortalama kaç metredir? Hemen az önce hazırladığımız tabloya bakıp bulalım. 3 metre. 1/50*

oranında küçültsek bir kolonun yüksekliği 6 cm olur. Peki bir katın yüzey alanı ortalama ne kadar? Buna da hemen bakalım. 1+1 olan evlerin yüzey alanı 28 m<sup>2</sup> ise onu da aynı oranda küçülttüğümüzde 56 cm<sup>2</sup> olur. Gördüğünüz gibi her uzunlukta aynı küçültmeyi yaptık ki gerçeğine yakın olsun.”

**Not: Bir katın uzunluğu ya da minimum bir dairenin yüzey alanı değerleri ve diğer değerler “Bilgi Toplama” bölümünde oluşturulan tablodan alınır.**

Öğretmen “Başka hangi oranlarda küçültme yapabiliriz belirleyelim. Hesaplamaları sizlerin yapmanızı istiyorum.” der. Öğrencilerin ölçeklendirme değerlerini Excel programında tablolayarak yapmaları beklenir. Öğrenciler tablodaki ölçeklendirmelerden daha farklı değerler verebilir önemli olan öğretmenin ve öğrencilerin verilen ölçeklendirme değerlerine göre yapabilecekleri alt ve üst sınırları belirlemeleridir. Bu tablodaki değerler sayesinde öğrenciler kullanmaları gereken malzeme miktarlarını ve yapacakları prototipin boyutlarını bilirler. Öğrenciler aşağıdaki tabloyu ürün ortaya çıkarmadan önce model planlamasını yaparken kullanır. Daha önce test ettiği bağımsız değişkenlerden çıkardıkları sonuçlara göre aşağıdaki ölçeklendirme oranlarından birini depreme dayanıklı ürün için uygun görürler ve prototipi o ölçülerde yapacağını planlar. Aşağıdaki tabloya göre alt sınır 1/50 oranı üst sınır 1/5 oranı olarak belirlenmiştir. Bu değerler öğrenciler ile öğretmenler arasında istenildiği gibi değiştirilebilir.

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                   | 1/50        | 1/25        | 1/20        | 1/15        | 1/5         |
|                                                                                                                                   | oranında    | oranında    | oranında    | oranında    | oranında    |
|                                                                                                                                   | ölçeklendir | ölçeklendir | ölçeklendir | ölçeklendir | ölçeklendir |
|                                                                                                                                   | me          | me          | me          | me          | me          |

|                                                                                                                |                                          |                                          |                                          |                                            |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Temelin ve Katların Yüzey Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> = 700 cm x 400 cm )                                  | 112 cm <sup>2</sup><br>(~ 10 cm x 11 cm) | 448 cm <sup>2</sup><br>(~ 21 cm x 21 cm) | 700 cm <sup>2</sup><br>(~ 26 cm x 26 cm) | 1244 cm <sup>2</sup><br>( ~ 35 cm x 35 cm) | 11.200 cm <sup>2</sup><br>(~ 105 cm x 106 cm) |
| Temelin Kalınlığı<br><br>(100 cm)                                                                              | 2 cm                                     | 4 cm                                     | 5 cm                                     | ~ 7 cm                                     | 20 cm                                         |
| Temel için Gerekli Beton Miktarı<br><br>(28.000.000 cm <sup>3</sup> )                                          | 224 cm <sup>3</sup>                      | 1.792 cm <sup>3</sup>                    | 3.500 cm <sup>3</sup>                    | ~ 8.708 cm <sup>3</sup>                    | 224.000 cm <sup>3</sup>                       |
| Temel için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(2,8 m <sup>3</sup> = 2.800.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 22 cm <sup>3</sup>                     | ~179 cm <sup>3</sup>                     | 350 cm <sup>3</sup>                      | ~ 829 cm <sup>3</sup>                      | 22.400 cm <sup>3</sup>                        |
| Temel için Gerekli Kum Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(19,6 m <sup>3</sup> = 19.600.000 cm <sup>3</sup> )   | ~ 156 cm <sup>3</sup>                    | ~ 1.254 cm <sup>3</sup>                  | 2.450 cm <sup>3</sup>                    | ~ 5.807 cm <sup>3</sup>                    | 156.800 cm <sup>3</sup>                       |

|                                                                                                                        |                    |                     |                     |                        |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Temel için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(6 m <sup>3</sup> =<br>6.000.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 48 cm <sup>3</sup> | 384 cm <sup>3</sup> | 750 cm <sup>3</sup> | ~1.777 cm <sup>3</sup> | 48.000 cm <sup>3</sup> |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye<br>35 kg<br>demir<br>gereklidir)          | ~ 0,4 kg           | 2 kg                | 2,45 kg             | ~ 4,5 kg               | 40 kg                  |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(14 mm)                                                  | ~ 0,3 mm           | ~ 0,6 mm            | 0,7 mm              | ~ 1 mm                 | ~ 3 mm                 |
| Kolon<br>Uzunluğu<br>/ Katlar<br>Arası<br>Mesafe<br><br>(300cm)                                                        | 6 cm               | 12 cm               | 15 cm               | 20 cm                  | 60 cm                  |
| Kolonun<br>En ve<br>Yükseklik<br>Uzunlukla<br>rı<br><br>(En 50 cm<br>x                                                 | 1 cm x 1 cm        | 2 cm x 2 cm         | 2,5 cm x<br>2,5 cm  | ~ 3 cm x 3<br>cm       | 10 cm x 10<br>cm       |

|                                                                                                                                                           |                                      |                                       |                                     |                                     |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Yükseklik<br>50 cm)                                                                                                                                       |                                      |                                       |                                     |                                     |                                     |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Demir<br>Sayısı<br><br>(En az 4<br>adet 12<br>mm<br>kalınlığın<br>da x 300<br>cm<br>uzunluğun<br>da demir<br>kullanılır.) | 4 adet<br><br>~ 0,3 mm x<br><br>6 cm | 4 adet<br><br>~ 0,5 mm x<br><br>12 cm | 4 adet<br><br>0,6 mm x<br><br>15 cm | 4 adet<br><br>0,8 mm x<br><br>20 cm | 4 adet<br><br>~ 3 mm x<br><br>60 cm |
| Bir Kolon<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(12mm)                                                                               | ~ 0,3 mm                             | ~ 0,5 mm                              | 0,6 mm                              | 0,8 mm                              | ~ 3 mm                              |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(750.000<br>cm <sup>3</sup> )                                                                     | 6 cm <sup>3</sup>                    | 48 cm <sup>3</sup>                    | 94 cm <sup>3</sup>                  | 222 cm <sup>3</sup>                 | 6.000 cm <sup>3</sup>               |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )                                                                                  | ~ 1 cm <sup>3</sup>                  | ~ 5 cm <sup>3</sup>                   | ~ 9 cm <sup>3</sup>                 | ~ 22 cm <sup>3</sup>                | 600 cm <sup>3</sup>                 |

|                                                                                                                                |                     |                      |                       |                         |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| (0,075 m <sup>3</sup><br>= 75.000<br>cm <sup>3</sup> )                                                                         |                     |                      |                       |                         |                         |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br>(0,52 m <sup>3</sup> =<br>520.000<br>cm <sup>3</sup> ) | ~ 4 cm <sup>3</sup> | ~ 33 cm <sup>3</sup> | 65 cm <sup>3</sup>    | 154 cm <sup>3</sup>     | 4.160 cm <sup>3</sup>   |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(2 m <sup>3</sup> =<br>2.000.000<br>cm <sup>3</sup> )  | 16 cm <sup>3</sup>  | 128 cm <sup>3</sup>  | 250 cm <sup>3</sup>   | ~ 592 cm <sup>3</sup>   | 16.000 cm <sup>3</sup>  |
| Kat<br>Tabanları<br>nın<br>Kalınlığı<br><br>(50 cm)                                                                            | 1 cm                | 2 cm                 | 2,5 cm                | ~ 3 cm                  | 5 cm                    |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(14.000.0<br>00 cm <sup>3</sup> )                              | 112 cm <sup>3</sup> | 896 cm <sup>3</sup>  | 1.750 cm <sup>3</sup> | ~ 3.732 cm <sup>3</sup> | 56.000 cm <sup>3</sup>  |
| Bir Kat<br>Tabanı                                                                                                              | 11 cm <sup>3</sup>  | 90 cm <sup>3</sup>   | 175 cm <sup>3</sup>   | 415 cm <sup>3</sup>     | 11. 200 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                                                                             |                    |                     |                       |                       |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(1,4 m <sup>3</sup> =<br>1.400.000<br>cm <sup>3</sup> )                  |                    |                     |                       |                       |                        |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(9,8 m <sup>3</sup> =<br>9.800.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 78 cm <sup>3</sup> | 627 cm <sup>3</sup> | 1.225 cm <sup>3</sup> | 2.903 cm <sup>3</sup> | 78.400 cm <sup>3</sup> |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(3 m <sup>3</sup> =<br>3.000.000<br>cm <sup>3</sup> )       | 24 cm <sup>3</sup> | 192 cm <sup>3</sup> | 375 cm <sup>3</sup>   | 889 cm <sup>3</sup>   | 24.000 cm <sup>3</sup> |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye<br>26 kg                                        | ~ 0,3 kg           | ~ 1 kg              | ~ 2 kg                | ~ 3 kg                | ~ 30 kg                |

|                                                                                 |        |        |        |          |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|----------|------|
| demir<br>gereklidir)                                                            |        |        |        |          |      |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br>(10 mm) | 0,2 mm | 0,4 mm | 0,5 mm | ~ 0,6 mm | 2 mm |

**Not: Alan ölçeklendirmesi yaparken ölçeklendirme oranının karesini, hacim ölçeklendirmesi yaparken de ölçeklendirme oranının küpünü almayı unutmayınız.**

| Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerlerinin Toplamları                                                                 |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                          | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |
| 3 katlı<br>bina<br>için<br>gerekli<br>toplam<br>beton<br>miktarı<br><br>(Temel:<br>28 m <sup>3</sup> ,<br>16<br>Kolon:<br>12 m <sup>3</sup> , 3<br>Taban :<br>42 m <sup>3</sup> =<br>82 m <sup>3</sup> ) | 656 cm <sup>3</sup>                   | 5.248 cm <sup>3</sup>                 | 10.250 cm <sup>3</sup>                | 24.296 cm <sup>3</sup>                | 656.000<br>cm <sup>3</sup>           |
| 3 katlı<br>bina<br>için<br>gerekli<br>toplam<br>çimento<br>miktarı<br>(6 m <sup>3</sup> )<br>(1 m <sup>3</sup><br>çimento<br>=<br>~1300<br>kg)                                                           | 66 cm <sup>3</sup><br>(0,5 kg)        | 525 cm <sup>3</sup><br>(1 kg)         | 1.025 cm <sup>3</sup><br>(1,5 kg)     | 2.430 cm <sup>3</sup><br>(3 kg)       | 65.600 cm <sup>3</sup><br>(85 kg)    |

|                                                                                                        |                                     |                                    |                                    |                                     |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 3 katlı bina için gerekli toplam kum miktarı (Betonun % 70'i kum)<br><br>(1 m <sup>3</sup> = 1.500 kg) | 459 cm <sup>3</sup><br>(1 kg)       | 3.673 cm <sup>3</sup><br>(6 kg)    | 7.175 cm <sup>3</sup><br>(11 kg)   | 17.007 cm <sup>3</sup><br>(25,5 kg) | 459.200 cm <sup>3</sup><br>(688 kg)    |
| 3 Katlı bina için gerekli toplam su miktarı (Betonun % 20'si su)<br>(1 litre= 1000 cm <sup>3</sup> )   | 131 cm <sup>3</sup><br>(0,13 litre) | 1.049 cm <sup>3</sup><br>(1 litre) | 2.050 cm <sup>3</sup><br>(2 litre) | 4.859 cm <sup>3</sup><br>(5 litre)  | 131.200 cm <sup>3</sup><br>(130 litre) |
| 3 katlı bina için gerekli toplam demir miktarı (Temel için 1                                           | 1,3 kg                              | 5 kg                               | 8,45 kg                            | 45 kg                               | 130 kg                                 |

|                                                                                                                                 |                     |                       |                        |                        |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| m <sup>2</sup> 'ye<br>35 kg<br>demir,<br>taban<br>ve<br>kolonla<br>r için 1<br>m <sup>2</sup> 'ye<br>26 kg<br>demir<br>gerekli) |                     |                       |                        |                        |                            |
| Toplam<br>Bina<br>Kütlesi                                                                                                       | ~ 5 kg              | ~15 kg                | ~25 kg                 | ~78,5 kg               | ~1.000 kg                  |
| Toplam<br>Bina<br>Hacmi                                                                                                         | 656 cm <sup>3</sup> | 5.248 cm <sup>3</sup> | 10.250 cm <sup>3</sup> | 24.296 cm <sup>3</sup> | 656.000<br>cm <sup>3</sup> |

Ürün yapıldıktan sonra sarsıntı masasına taşınıp test edilmesi gerektiği için yapılacak ürünün taşınabilir küttelede olması gerekmektedir. 1/50, 1/25 ve 1/20 oranlarında ölçeklendirmeler yapıldığında kısmen daha taşınabilir kütle değerleri olduğu için öğrencilerin bu oranlarda ölçeklendirme yapmaları beklenir.

### 6.3.2 Ürün değerlendirme formu oluşturma (20 dk)

Ölçeklendirme anlaşıldıktan sonra değerlendirme kriterlerini belirlemeye devam edilir. Öğretmen sorar “*Değerlendirme kriterlerimizden birini ölçeklendirme olarak belirledik sizce binalarınızı başka hangi özelliklere göre değerlendirelim?*” Öğrencilerin “*7,9 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen ve 7,9 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen yüksek puan almalı.*” çıkarımını yapmaları beklenir. Ayrıca binanın ekonomik olması üzerinde durulur ve öğrenciler “*Ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.*” sonucuna ulaşana kadar öğretmen rehberlik etmelidir. Bu kriterler dışında başka kriterler de değerlendirmeye alınabilir. Öğretmen “*Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber*

*belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp katlarında kopmalar oluyorsa ya da sapasağlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım? Ya da ekonomik olduğunu nasıl belirleyelim?”* der. Böylelikle aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturulana kadar öğretmen rehberlik eder.



| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                 |                                                       |                                                              |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                             |                                                       |                                                              |                                                              |
|                                                                                                                          | 1 puan                                                | 2 puan                                                       | 3 puan                                                       |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi? | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı           | 10 saniyeden daha az sürede katta kopmalar oldu              | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı  |
| Binanın boyutları ve malzeme miktarları gerçek bina değerlerine göre ölçeklendirildi mi?                                 | Hiç bir boyut ve malzeme miktarları ölçeklendirilmedi | Sadece boyut ya da sadece malzeme miktarları ölçeklendirildi | Her boyutta ve malzeme miktarlarında ölçeklendirilme yapıldı |
| Ürün için kullanılan malzemelerin ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve                               | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının üstünde       | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarına eşit                  | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının altında              |

|                                                                                                                                                                                                                              |         |         |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| gerçek binaların ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır)                                                                                                                                                                      |         |         |             |
| 7,5 - 7,9 büyüklüğünde (5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerde) yıkılmayan binalar en fazla hangi büyüklükteki depreme dayandı? (Ürünler arasında eşitlik varsa sarsıntı şiddeti arttırılarak eleme yapılır.) | 8,0-8,4 | 8,5-8,9 | 9,0 ve üstü |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                                                                                                                           |         |         |             |

### 6.3.3 Çözüme yönelik ürün planı yapma (30 dk)

Öğretmen devam eder “Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, test ettiğiniz değişkenlere göre çözümler üreteceksiniz. Ürün malzeme miktarını ve ölçülerini belirlerken yukarıda hazırladığımız “Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme

*Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri” başlıklı tabloyu kullanınız. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri “Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Lütfen malzemelerin ekonomik olmasına dikkat ediniz. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz. Süreniz 30 dakika olacaktır.” der. (F.10.3.5.2 Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)*

#### **6.4 Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme**

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra gruplar çözümlerini açıklar, öğretmen tahtaya yazar. Öğretmen sorar “*Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?*” Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmaları beklenir:

- *Bina 3 katlı ve betonarme olacak*
- *7,9 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek*
- *Bina sağlam ve düz bir zemine inşa edilecek*
- *Bina simetrik olacak.*
- *Kolonlar eşit dağıtılacak*
- *Binanın sarsıntı esnasında kırılmaması için binayı oluşturan yapı elemanlarında demir kullanarak beton esnek hale getirilecek*
- *Kaliteli ve ekonomik malzeme kullanılacak.*

**(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**

Öğrenciler bu aşamada sıkıntı yaşarlarsa öğretmen “Bilgi Toplama” bölümünde bulunanları hatırlatır. Öğretmen sorar “*Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?*” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirtir. Öğretmen ve öğrenciler tartışarak fikirlerini sunarlar ve toplu alınan karar sonucunda en iyi

görülen çözümler belirlenir. Her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır. Öğretmen en iyi görülen çözümleri tahtaya yazar ve öğrencilerden de yazmalarını ister *“Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürününü Çiz” bölümüne çizin, sahip olduğu özellikleri “Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız. Öğretmen “Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” der. (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)*

Öğrencilerden beklenen malzemeler şunlardır:

- Çimento
- İnce kum
- Su
- Kalın çelik tel (Temel, kat tabanları ve kolonlar için farklı kalınlıklardaki demirlerin ölçeklendirme değerlerine göre belirlenen teller)
- İnce çelik tel (Kalın telleri birbirine bağlamak için)
- Küçük testere (Mdf ya da sunta kesimi için)
- Pense / kargaburun pense (Telleri bükme için)
- Silikon tabanca (Kolon kalıplarını yapıştırmak için)
- Elektrik bantı (Kolon kalıplarını tutturmak için)
- Boş plastik kap (Çimento kum ve su malzemelerini karıştırmak için)
- Dereceli silindir
- Spatula
- Dijital hassas tartı
- Şerit metre

Bu malzemelerin yanında prototipin temelini ve kolonların kalıplarını yapmak için ince MDF / sunta / kontrplak gibi malzeme öğretmen tarafından öğrencilere hazır verilir. Öğrenciler bazı malzemeleri söylemediklerinde öğretmen rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlar. Malzemelerin miktarları ve ölçüleri öğrencilerin

kullandığı ölçeklendirme oranına göre değişeceği için hangi grup hangi oranda ölçeklendirme yaptı ise öğretmen o orandaki malzeme miktarını ve ölçülerini sınıfa getirir.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara verilir. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanılır.

---

## 7. GÜN

---

### 6.5 Ürün Geliştirme:

Öğretmen öğrencilerin öngördüğü malzemeleri sınıfa getirir. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapar.

**NOT: Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden (Küçük testere) sadece bir tane alınır ve öğretmen gözetiminde kullanılır.**

Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi prototiplerini yaparlar. Öğretmen öğrencilere rehberlik eder. Soruları varsa cevaplandırır. Öğretmen “*Artık ürün oluşturma zamanı. Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi bilgi toplama aşamasında belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz*” der. (M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1. Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

Öğrenciler ölçümlerini yapar, malzemeleri ölçülerine göre ayarlar, birinci (temel) katın zeminine demir kafesleri döşer ve bina kolonlarının demir iskeletlerini oluşturur. Gruplar ürünlerini taşınabilir hale getirmek için öğretmenin temin ettiği

sunta / kontrplak gibi malzemeden yapılmış kalıp üzerine inşa ederler. Ürünler test aşamasına geldiğinde öğrencilerden ürünlerini sarsıntı masasının üzerine koymaları beklenir fakat ürünlerin kütleleri bu aktivitede alınan ölçeklere göre 5 kg, 15 kg, 25 kg, 78,5 kg ve 1.000 kg olacağından dolayı ürünleri taşımak zor olacaktır. Test aşaması esnasında okulda bulunan görevli çalışanlardan ya da diğer öğretmenlerden yardım istenmesi ve birlikte sarsıntı masasının üzerine koyulması tavsiye edilir (78,5 kg için). Ayrıca, 100 kg kütleli ürünü taşımak mümkün olmadığı için, bu ölçülerde bir ürün yapılmaması tavsiye edilir. Eğer ürünü taşıma ihtiyacı olmadan, ürünün depreme dayanıklılığının test edilebileceği uygun laboratuvarlar ve sarsıntı masası düzenekleri var ise bu ölçüde ürün yapılabilir.

Ölçümler yapıp binanın ilk katının demirleri ve kolon demirleri yapıp yerleştirildikten sonra aktiviteye ara verilir.

---

## 8. GÜN

---

Kolonların kalıpları ve taban kalıbı ölçülerine göre ayarlanır ve kolon demirlerinin çevresine ve tabana, ölçülere dikkat ederek yerleştirilir. Daha sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir. Öğrenciler ürünlerini yaparken binalarının katlarına ve kolonlarına döktükleri betonun kurumasını en az bir gün beklemelidir. Bu sebepten dolayı her bir katın ve kolonların betonu döküldükten sonra bir gün beklenilmeli, aktiviteye bir sonraki ders saatinde devam edilmelidir (3 katlı bir bina için en az 3 güne ihtiyaç duyulmaktadır. Bekleme gün sayısı dökülen betonun kıvamına göre daha da uzayabilir). Beton dökme işlemi yapıldıktan sonra betonlar kuruyana kadar ürünler hareket ettirilmemelidir. Bu yüzden, ürünler diğer dersleri ya da öğrencileri etkilemeyecek mekanlarda ve masaların üzerinde yapılmalıdır. Bekleme süreci olduğundan, ürünlerin okulun laboratuvarında ya da müsait bir odasında / sınıfında yapılması ve saklanması tavsiye edilir. Prototipin yapıldığı her günün sonunda, aktivitenin yapıldığı mekanı temiz bırakmak için mekanın zemini öğrenciler tarafından faraş ile süpürülmeli, masalar ise bez ile silinmelidir. Öğrenciler, temizlik yaptıktan sonra aktiviteye ara vermelidir.

---

## 9. GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra ikinci kat inşa edilir. Kat tabanı ölçülerine göre oluşturulur ve katın zeminine demirler yerleştirilir. Kolon kalıpları yapıldıktan sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.

---

## 10.GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra üçüncü kat inşa edilir. Kat tabanı ölçülerine göre oluşturulur ve katın zeminine demirler yerleştirilir. Kolon kalıpları yapıldıktan sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.

---

## 11.GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra son kat (tavan) inşa edilir. Tavan ölçülerine göre oluşturulur ve üzerine demirler yerleştirilir. Tavana beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.

---

## 12.GÜN

---

### 6.6 Test Etme ve Yeniden Yapma

Her grubun ürünü bittikten ve ürünlerin kuruduğundan emin olduktan sonra öğretmenin getirdiği sarsıntı masasının üzerine ürünler oturtulur ve test işlemi yapılır. Öğretmen açıklama yapar “*Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız.*”

*Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.”* Binanın depreme dayanıklılığını ölçmek için **“Google Science Journal”** uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanılır. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürün koyulur. Sarsıntı masasının üzerine, **“Google Science Journal”** uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası 10 saniye sarsılır. **“Google Science Journal”** uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Ürünler, 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılır) sarsılır.

---

### 13.GÜN

---

#### 6.7 Değerlendirme

Bütün gruplar oluşturdukları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler. Öğretmen bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklar: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek. Öğretmen ortaya çıkan ürünün ekonomikliğini değerlendirmek için aşağıdaki malzemelerin birim fiyatlarının yazılı olduğu tabloyu öğrencilerine sunar.*

Tablodaki boş kısımlar öğrenciler tarafından doldurulur böylelikle her grubun yaptığı toplam harcamalar bulunur. Daha sonra, öğrencilerin toplam harcamaları aşağıda ikinci olarak verilen tablodaki gerçek bir betonarme bina maliyetinin ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır. Ölçeklendirme fiyatlarına yakın ve daha düşük harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmış kabul edilirken, ölçeklendirme fiyatlarının çok üstünde harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmamış kabul edilir. Öğretmen aşağıdaki iki tabloyu göstererek açıklama yapar “Ürünlerinizin ekonomikliğini değerlendirmek için kullanılan malzemelerin birim fiyatlarını içeren bir tablo hazırladım. Sizler kullandığınız malzemelerin miktarlarını birim fiyatları ile çarparak ne kadar harcama yaptığınızı hesaplayacaksınız. Her grubun yaptığı hesaplama sonucunda ortaya çıkan toplam fiyatları gerçek bina fiyatlarının ölçeklendirmeleriyle kıyaslayacağız ve puanlamamızı ona göre yapacağız.”

| Ürün Maliyet Formu                          |             |                   |       |
|---------------------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                                  | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total |
| Çimento (1 kg)                              | 0,56 TL     |                   |       |
| İnce Kum (1 kg)                             | 1,2 TL      |                   |       |
| Mdf / Sunta / Kontrplak (1cm <sup>2</sup> ) | 0,09 TL     |                   |       |
| 0,5 mm çelik tel (1 metre)                  | 1 TL        |                   |       |
| 1 mm çelik tel (1 metre)                    | 1,5 TL      |                   |       |
| 2 mm çelik tel (1 metre)                    | 2,5 TL      |                   |       |
| 3 mm çelik tel (1 metre)                    | 3 TL        |                   |       |
| Toplam fiyat:                               |             |                   |       |

Aşağıdaki tabloda 3 katlı betonarme bir bina için maliyet hesaplaması yapılmış ve toplam fiyat ölçeklendirilmiştir. Öğretmen ve öğrenciler bu tabloyu referans alarak öğrencilerin ürünlerinin ekonomikliğini değerlendirmelidir. Fakat, aktiviteyi

hazırlama ve uygulama arasında zaman farkı olacağından dolayı malzemelerin, özellikle inşaat demirinin, fiyatında değişiklikler olabilir. Değişiklikleri düzeltmek

| 3 Katlı Bir Betonarme Binanın Maliyeti                                                                                                                             |             |                   |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----------|
| Malzemeler                                                                                                                                                         | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total     |
| Çimento (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                        | 220 TL      | 6 m <sup>3</sup>  | 1.320 TL  |
| Kum (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                            | 45 TL       | 40 m <sup>3</sup> | 1.800 TL  |
| Su (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                             | 3,3 TL      | 20 m <sup>3</sup> | 66 TL     |
| Demir (1 ton)                                                                                                                                                      | 4200 TL     | 2,5 ton           | 10.500 TL |
| <b>Toplam fiyat: 13.686 TL</b><br>(Toplam fiyatın;<br>1/50 oranı: 273 TL<br>1/25 oranı: 547 TL<br>1/20 oranı: 684 TL<br>1/15 oranı: 912 TL<br>1/5 oranı: 2.737 TL) |             |                   |           |

için öğretmen malzemelerin güncel fiyatlarını araştırıp öğrencilere sunmalıdır.

Öğretmen devam eder: “Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.” Ürünü tanıtan grup, diğer grupların ve öğretmenin soruları varsa cevaplar. Değerlendirme yapılır. Öğretmen dersi bitirir.

#### 7. Aktivitede belirlenen malzemeler, fiyatları ve resimleri

Aktivitede ortaya çıkarılacak ürünün ölçüleri ve malzeme miktarları aktivite esnasında öğrencilerin kullanacakları ölçeklendirme değerlerine göre değişiklik

göstermektedir. Bu yüzden malzeme miktarı olarak 3 katlı betonarme bir prototipin tamamının yapımında gerekli olan toplam malzeme miktarı ve masrafı her bir ölçeklendirme değerine göre hesaplanmalıdır. Bu aktivitede sadece en az (1/50 oranında ölçeklendirme) ne kadar malzemeye ve bütçeye ihtiyaç varsa o değerler yazılmıştır. Diğer ölçeklendirmeler sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme miktarları ve masrafları aşağıdaki bilgiler ışığında hesaplanabilir.

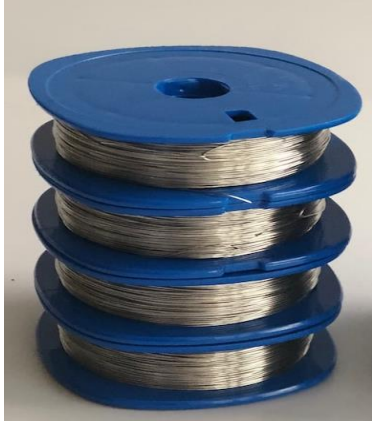


| <b>1/50 oranında ölçeklendirilmiş üç katlı prototip için gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için)</b> |                                  |                          |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Malzemeler</b>                                                                                                         | <b>Birim fiyat</b>               | <b>Kullanılan miktar</b> | <b>Total</b> |
| Çimento (1 kg)                                                                                                            | 0,56 TL                          | 0,624 kg                 | ~0,5 TL      |
| İnce Kum (1 kg)                                                                                                           | 1,2 TL                           | 4 kg                     | 5 TL         |
| Su (1 lt)                                                                                                                 | 2 TL                             | 0,16 lt                  | 0,5 TL       |
| Mdf / Sunta / Kontrplak (1cm <sup>2</sup> )                                                                               | 0,09 TL                          | 500 cm <sup>2</sup>      | 45 TL        |
| 0,5 mm çelik tel (1 metre)                                                                                                | 1 TL                             | 1 m                      | 1 TL         |
| 1 mm çelik tel (1 metre)                                                                                                  | 1,5 TL                           | 4 m                      | 6 TL         |
| Küçük testere                                                                                                             | 25 TL                            | 1                        | 25 TL        |
| Silikon tabanca                                                                                                           | 20 TL                            | 1                        | 20 TL        |
| Pense / kargaburun pense                                                                                                  | 20 TL                            | 1                        | 20 TL        |
| Spatula                                                                                                                   | 5 TL                             | 1                        | 5 TL         |
| Plastik kap                                                                                                               | 2 TL                             | 1                        | 2 TL         |
| Dereceli silindir                                                                                                         | Okuldan temin edilebilir         | 1                        | -            |
| Dijital hassas tartı                                                                                                      | Okuldan / evden temin edilebilir | 1                        | -            |
| Şerit metre                                                                                                               | 10 TL                            | 1                        | 10 TL        |
| Makas                                                                                                                     | 1 TL                             | 1                        | 1 TL         |
| Elektrik Bantı                                                                                                            | 3 TL                             | 1                        | 3 TL         |

|                      |      |         |       |
|----------------------|------|---------|-------|
| Bant                 | 1 TL | 1       | 1 TL  |
| Cetvel               | 1 TL | 1       | 1 TL  |
| Çubuk makarna        | 5 TL | 2 paket | 10 TL |
| Toplam fiyat: 156 TL |      |         |       |



| Malzemeler ve Resimleri                            |                                                                                      |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler                                         | Resimler                                                                             |
| Çimento (1 kg)                                     |    |
| İnce Kum (1 kg)                                    |   |
| Su (1 lt)                                          |                                                                                      |
| Mdf / Sunta /<br>Kontırplak<br>(1cm <sup>2</sup> ) |  |

|                               |                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,5 mm elik tel<br>(1 metre) |    |
| 1 mm elik tel (1 metre)      |   |
| Küük testere                 |  |

|                                |                                                                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Silikon tabanca                |    |
| Pense /<br>kargaburun<br>pense |   |
| Spatula                        |  |
| Plastik kap                    |  |

|                      |                                                                                      |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Dereceli silindir    |    |
| Dijital hassas tartı |   |
| Şerit metre          |  |
| Makas                |  |

|                 |                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Elektrik bantı  |   |
| Sarsıntı masası |  |
| Bant            |                                                                                     |
| Cetvel          |                                                                                     |
| Çubuk makarna   |                                                                                     |

## 8. Kaynaklar

AFAD “27 ARALIK 1939 ERZİNCAN DEPREMİ” Erişim tarihi: 3 Ocak 2020

<https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=65>

Benjamin J., Bessant J.& Watts R. (1997). Making Groups Work: Rethinking Practice, Allen & Unwin, ISBN 1-86448-304-0.

Beton Dökümü. “6 Adımda Saha Betonları”. Erişim tarihi: 16 Temmuz 2020,  
[http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/71fae3d120a3fb7\\_ek.pdf?tipi=1&turu=X&sube=18](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/71fae3d120a3fb7_ek.pdf?tipi=1&turu=X&sube=18).

Betonarme. Erişim tarihi: 16 Temmuz 2020,  
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Betonarme>.

Bir M<sup>3</sup> Beton Kaç Tondur? Erişim tarihi: 16 Temmuz 2020,  
<https://www.saracyapi.com.tr/bir-m3-beton-kac-tondur.html>

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Erişim tarihi: 3 Ocak 2020 Temmuz 2020,  
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/xMercalli.htm>

English, L. D. (2016). Perspectives on Integration K12 Stem Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 3. doi:10.1186/s40594-016-0036-1.

Gökbayrak, S. & Karışan, D. (2017). Stem etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü. (2019). Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı.

Partnership for 21st Century Skills. (2011). Framework for 21st century learning. Erişim tarihi: 12 Ocak 2020, <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>

Suncuoğlu, H. (2019) 5.8 Silivri Depremi. Erişim tarihi: 3 Ocak 2020, [http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019\\_1007\\_GTU\\_silivridepremi.pdf](http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019_1007_GTU_silivridepremi.pdf)Türk,

Türk, N. (2019). Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi) Gazi University.

Yeşilce, Y. & Demirdağ O. (2002). Deprem parametreleri deprem sempozyumu Erişim tarihi: 13 Şubat 2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/Japan\\_Meteorological\\_Agency\\_seismic\\_intensity\\_scale#cite\\_note-12](https://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Meteorological_Agency_seismic_intensity_scale#cite_note-12)

## A.2. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP Activity Student Handout

### ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI

İsim – Soyisim:

Tarih:

Sınıf:

#### Depreme Dayanıklı Betonarme Bina Tasarımı

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremde kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan'da yaşayan her türlü ekonomik seviyedeki insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı betonarme binalar yapmaya gönüllü oluyor. Firma sahibi, deprem esnasında asansörlerin, kabin sıkışması ya da düşmesi gibi tehlike arz eden olaylara

sebeup olmasından dolayı, binaları asansöre ihtiyaç duymayacak en büyük yükseklikte olmasını istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, binalardaki asansör yönetmeliğinin en fazla üç katlı binalara izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan’a depreme dayanıklı nasıl bir betonarme bina yaparsınız?



**Not:** Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

1. Okuduğunuz senaryoda belirtilen problem nedir?

*Problem:*.....  
.....  
.....

2. Problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?

*İhtiyaç:*.....  
.....  
.....  
.....



| Binanın Bir Katının Ölçüleri |          |     |           |
|------------------------------|----------|-----|-----------|
| Yapılan iş                   | Boyutlar |     |           |
|                              | En       | Boy | Yükseklik |
| Temel                        |          |     |           |
| Kat Tabanı                   |          |     |           |
| Kolon                        |          |     |           |
| Dairenin yüzey alanı         |          |     |           |
| Kolon sayısı                 |          |     |           |

| Betonarme Bina Bir Katı İçin Gerekli Malzemelerin Miktarları              |       |           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------|
|                                                                           | Temel | Bir Kolon | Kat Tabanı |
| Beton miktarı (m <sup>3</sup> )                                           |       |           |            |
| Çimento miktarı (m <sup>3</sup> )<br>(Beton %10 oranında çimento içerir.) |       |           |            |
| Kum miktarı (m <sup>3</sup> )<br>(Beton %70 oranında kum içerir.)         |       |           |            |
| Su miktarı (litre)<br>(Beton %20 oranında su içerir.)                     |       |           |            |
| Demir miktarı (kg)                                                        |       |           |            |
| Demirin kalınlığı (mm)                                                    |       |           |            |

6. Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere ve kazanımlara ihtiyaç vardır?

[illegible]

7. Problemin değişkenleri nelerdir?

Bağımsız  
Değişkenler:.....  
.....

Sabit  
Değişkenler:.....

|       | <b>Bağımlı<br/>Değişken</b>                                            | <b>Bağımsız<br/>Değişken</b>                                         | <b>Sabit<br/>Değişken</b>                                                                | <b>Yorumlarınız<br/>/<br/>Gözlemlerinizi</b> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Binanın yüksekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> |                                              |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                                              |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                                              |

8. Ölçeklendirme hesapları

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                   | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |
| Temelin<br>ve<br>Katların<br>Yüzey<br>Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> =<br>700 cm x<br>400 cm )                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
| Temelin<br>Kalınlığı<br><br>(100 cm)                                                                                              |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |

|                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Temel için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(28.<br>000.000<br>cm <sup>3</sup> )                                            |  |  |  |  |  |
| Temel için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(2,8 m <sup>3</sup> =<br>2.800.000<br>cm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |
| Temel için<br>Gerekli<br>Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(19,6 m <sup>3</sup> =<br>19.600.00<br>0 cm <sup>3</sup> )  |  |  |  |  |  |
| Temel için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(6 m <sup>3</sup> =<br>6.000.000<br>cm <sup>3</sup> )           |  |  |  |  |  |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı                                                                                  |  |  |  |  |  |

|                                                                                                |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| (1 m <sup>2</sup> 'ye<br>35 kg<br>demir<br>gereklidir)                                         |  |  |  |  |  |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(14 mm)                          |  |  |  |  |  |
| Kolon<br>Uzunluğu<br>/ Katlar<br>Arası<br>Mesafe<br><br>(300cm)                                |  |  |  |  |  |
| Kolonun<br>En ve<br>Yükseklik<br>Uzunlukla<br>rı<br><br>(En 50 cm<br>x<br>Yükseklik<br>50 cm)  |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Demir<br>Sayısı<br><br>(En az 4<br>adet 12<br>mm<br>kalınlığın |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| da x 300<br>cm<br>uzunluğun<br>da demir<br>kullanılır.)                                                                                |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(12mm)                                                            |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(750.000<br>cm <sup>3</sup> )                                                  |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(0,075 m <sup>3</sup><br>= 75.000<br>cm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli<br>Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )                                                                   |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                 |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| (0,52 m <sup>3</sup> =<br>520.000<br>cm <sup>3</sup> )                                                                                          |  |  |  |  |  |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(2 m <sup>3</sup> =<br>2.000.000<br>cm <sup>3</sup> )                   |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanları<br>nın<br>Kalınlığı<br><br>(50 cm)                                                                                             |  |  |  |  |  |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(14.000.0<br>00 cm <sup>3</sup> )                                               |  |  |  |  |  |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Çimento<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(1,4 m <sup>3</sup> =<br>1.400.000<br>cm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(9,8 m <sup>3</sup> =<br>9.800.000<br>cm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(3 m <sup>3</sup> =<br>3.000.000<br>cm <sup>3</sup> )       |  |  |  |  |  |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye<br>26 kg<br>demir<br>gereklidir)                |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Demirin<br>Kalınlığı<br>(10 mm)                                                                                 |  |  |  |  |  |

9. Ürün değerlendirme kriterleri nelerdir?

.....

.....

.....

| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU |          |          |          |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| Grup üyeleri             |          |          |          |
|                          | ... puan | ... puan | ... puan |
|                          |          |          |          |
|                          |          |          |          |
|                          |          |          |          |
|                          |          |          |          |
|                          |          |          |          |
| <b>Toplam<br/>puan</b>   |          |          |          |

10. Probleme yönelik çözüm önerileriniz nelerdir?

*Modelin*

*Özellikleri:*.....

.....

.....

.....

*Gerekli*

*Malzemeler:*.....

.....

.....

.....

.....

11. Probleme yönelik çözümlerinizi arasında en iyi gördüğünüz çözüm nedir?

Ürünü

Çiz:.....

Ürünün

Özellikleri:.....

.....

.....

.....

.....

*İstedigin*

*Malzemeler:*

### A.3. Revised Earthquake Resistant Concrete Building Design STEM-EDP Activity Teacher Guide Sheet

#### STEM AKTİVİTESİ ÖĞRETMEN REHBER KAĞIDI

Sınıf: 10, 11 ve 12

Tarih:

Ders : Fizik

Süre: 30 ders saati

#### Depreme Dayanıklı Betonarme Bina Tasarımı

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan'da yaşayan her türlü ekonomik seviyedeki insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı betonarme binalar yapmaya gönüllü oluyor. Firma sahibi, deprem esnasında asansörlerin, kabin sıkışması ya da düşmesi gibi tehlike arz eden olaylara sebep olmasından dolayı, binaları asansöre ihtiyaç duymayacak en büyük

yükseklikte olmasını istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, binalardaki asansör yönetmeliğinin en fazla üç katlı binalara izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan’a depreme dayanıklı nasıl bir betonarme bina yaparsınız?



**Not:** Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

## 1. GÜN

Öğrencileri her grupta en az üç öğrenci olacak şekilde gruplara ayırınız. Çalışma kağıdını her öğrenciye veriniz ve çalışma kağıdındaki senaryoyu okuyup anladıklarını grup arkadaşlarıyla tartışmalarını isteyiniz. “*Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim. Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.*” açıklamasını yapınız. “*Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin cevaplarını aldıktan sonra senaryoyu detaylı inceleyip senaryoda bulunan problem ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğunu

öğrencilere sorunuz ve verilen cevaplarını tahtaya yazınız. Öğrencilerden de cevapları çalışma kağıdındaki “Problem nedir?” ve “İhtiyaç” bölümlerine yazmalarını isteyiniz. “*Senaryodaki problem nedir ve bu problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?*” sorusunu sorunuz.

**Problem:** Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.

**İhtiyaç:** Erzincan bölgesindeki depremlere dayanabilecek betonarme binalar yapmak

Öğrenciler cevapları verene kadar rehberlik ediniz.

Problemi tanımlanmak ve üründe istenilen detayları belirlenmek için 10 dakika süre veriniz ve öğrencilerden sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını, bulduklarını “Kriterler ve Sınırlamalar / Kısıtlamalar” bölümüne yazmalarını isteyiniz ve siz de tahtaya yazınız. “*Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar / kısıtlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Grup arkadaşlarınızla soruları cevaplamamız için 10 dakikanız var. Sürenin sonunda bulduklarınızı beraber tartışacağız.*” açıklamasını yapınız. “*İstenilen kriterler ve sınırlamalar nelerdir?*” sorusunu sorunuz.

**Kriterler:** Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalar betonarme olmalıdır.

**Sınırlamalar:** Bina asansör yönetmeliği, asansörsüz binaları 3 kat ile sınırlandırmaktadır. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanılmamalıdır. Bunların yanında, Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların binalara sahip olabilmesi için kullanılan malzemelerin hem kaliteli hem de ekonomik olması gerekir. Öğrencilerden cevaplar alana kadar senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendiriniz.

Araştırma yapmadan önce öğrencilerin neleri araştıracaklarına öğrencilerle birlikte karar veriniz. “*Sizce depreme dayanıklı betonarme bina yapmak için neleri bilmek*

*gerekiyor, neleri araştırmalıyız?” sorusunu sorunuz ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazınız ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını isteyiniz.*

### **Araştırma Soruları:**

1. Deprem nedir? Deprem büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?
2. Depreme dayanıklı betonarme binalarda olması gereken özellikler nelerdir? / Bu binaların depreme dayanıklı olması için nasıl inşa edilmesi gerekir?
3. Depreme dayanıklı betonarme binalarının inşa aşamaları nelerdir? (Ne zaman temele beton dökülür?, Kolon ne zaman yerleştirilir?, Beton kolona ne zaman dökülür? Beton kolona dökülmeden önce ne yapılır?...)
4. Üç katlı betonarme binaların ölçüleri nelerdir? (Katlar arası yükseklik kaç metredir?, Katların yüzey alanları kaç m<sup>2</sup>'dir?, Katların zemin kalınlıkları kaç metredir?, Kolonların en, boy ve yükseklikleri kaçar metredir?...)
5. Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatı esnasında hangi malzemeler kullanılır?
6. Betonarme üç katlı binaların kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri nelerdir?

Araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar rehberlik ediniz.

---

## *2. GÜN*

---

Araştırma sorularını belirledikten sonra araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, akıllı telefon ve tablet gibi cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlayınız. *“Şimdi araştırma yapma zamanı. Size 60 dakika süre vereceğim. Bu süre zarfında problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapacaksınız. Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit*

*ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız.*

Araştırma için verilen süre yeterli olmazsa ek süre veriniz. Ek süreye rağmen öğrenciler yeterli bilgiye ulaşamazlarsa eksik bilgiyi öğrenciye sununuz.

Öğrencilere neler bulduklarını sorunuz ve araştırma sorularının cevaplarına ulaşınız.

*“Neler buldunuz?” sorusunu sorunuz.*

### **Bulunanlar:**

1. Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Betonarme, betonun çelik kullanılarak güçlendirilmiş yapı malzemesidir. Betonarme binalar, kirişleri, kolonu ve tavanı beton olan yapılardır. Beton ve demir birbirlerinin eksik özelliklerini tamamlayarak dayanıklı yapıların inşa edilebilmesini sağlar. Depreme dayanıklı betonarme binalarda dikkat edilmesi gereken beş temel unsur vardır:
  - **Zemin:** Binalar sağlam zemine yapılmalıdır.
  - **Taşıyıcı sistemler / Kolonlar:** Güçlü kolonlar inşa edilmelidir. Kolonlar çapraz destekler ile birbirine bağlanmalıdır.
  - **Simetriklik:** Kolonlar eşit dağılımlı olmalıdır.
  - **Kaliteli / nitelikli malzeme:** Hafif (katların taşıyabileceği) ve kaliteli malzemeler kullanılmalıdır.
  - **Süneklik / esneklik:** Bina deprem esnasında salınım hareketi yaparak enerjiyi sönmlemelidir. Betonarme binalarda kırılğan olan beton, demir kullanılarak sünek hale getirilir.
3. Depreme dayanıklı betonarme binaların kaba inşaatlarının basit yapım aşamaları şu şekildedir:

- **Zemin:** Sağlam ve düz bir zemin oluşturulur. Bunun için zemin kazılır ya da düzleştirilir. (Öğrencilerin zemini kazmaları mümkün olmadığı için belirlenen derinlikte düz bir kalıp kullanacaklarını düşünmeleri beklenir.)
- **Temel:** Temel, yapının ayakları ve yapı ile zemin arasındaki geçiş elemanı olduğu için sağlam bir şekilde yapılmalıdır. Bunun için öncelikle zemine demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır.
- **Taşıyıcı sistemler:** Temele beton dökülmeden önce kolonların yerleri belirlenir ve kolonlar yerleştirilir. En az dört adet demirin belli aralıklarla birbirine bağlanması ile kolon oluşur. Kesit alanı dikdörtgen ya da dairesel olabilir. Demirden yapılan kolonlar zemindeki demirlere sabitlenirler.
- **Beton dökümü:** Temelin demirleri ve kolonlar yerleştirildikten sonra temele beton dökülür ve donması için beklenir.
- **Kolon kaplama ve beton dökümü:** Kolonlara beton dökülmek için öncelikle kolonlar geçici olarak kaplanır daha sonra beton dökülür. Beton kuruduktan sonra kalıplar çıkartılır.
- **Kat tabanları:** Taşıyıcı sistemlerin üzerine kalıp oluşturulur. Demirler döşenir ve bu demirler birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır. Kalıp üzerine beton dökülerek kat yapılır.

4. Üç katlı betonarme bir binanın bir katının ölçüleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

| Binanın Bir Katının Ölçüleri |          |        |           |
|------------------------------|----------|--------|-----------|
| Yapılan iş                   | Boyutlar |        |           |
|                              | En       | Boy    | Yükseklik |
| Temel                        | 400 cm   | 700 cm | 100 cm    |
| Kat Tabanı                   | 400 cm   | 700 cm | 50 cm     |
| Kolon                        | 50 cm    | 300 cm | 50 cm     |

|                      |                                                                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dairenin yüzey alanı | 28 m <sup>2</sup> (1+1 dairenin sahip olabileceği minimum değer)<br>= 280.000 cm <sup>2</sup> |
| Kolon sayısı         | 4 adet                                                                                        |

5. Betonarme binaların kaba inşaatı için kullanılan malzemeler:

- Çimento
- Kum
- Su
- İnşaat demiri
- Kolonu oluşturan demirleri birbirine bağlamak için kullanılan demir (Etriye)
- Kolon kalıpları
- Katları desteklemek için kereste

6. İnşaattan önce yapının ölçüleri göz önünde bulundurularak malzeme miktarı hesaplanır. Üç katlı betonarme binaların bir katının kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri şöyledir:

| <b>Betonarme Binanın Bir Katı İçin Gerekli Malzemelerin Miktarları</b> |                                                                                                             |                                                                                                               |                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | Temel                                                                                                       | Bir Kolon                                                                                                     | Kat Tabanı                                                                                                         |
| Beton miktarı (m <sup>3</sup> )                                        | 28 m <sup>3</sup><br><br>(Temelin hacmi kadar beton gereklidir 28 m <sup>2</sup> x 1m = 28 m <sup>3</sup> ) | 0,75 m <sup>3</sup><br><br>(Kolonun hacmi kadar beton gereklidir; 0,5 m x 0,5 m x 3 m = 0,75 m <sup>3</sup> ) | 14 m <sup>3</sup><br><br>(Tabanların hacmi kadar beton gereklidir; 28 m <sup>2</sup> x 0,5 m = 14 m <sup>3</sup> ) |
| Çimento miktarı (m <sup>3</sup> )                                      | 2,8 m <sup>3</sup>                                                                                          | 0,075 m <sup>3</sup>                                                                                          | 1,4 m <sup>3</sup>                                                                                                 |

|                                      |                                                                                                                                        |                                                      |                                                                                                                                        |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Beton %10 oranında çimento içerir.) | $(28 \text{ m}^3 \times \%10 = 2,8 \text{ m}^3)$                                                                                       | $(0,75 \text{ m}^3 \times \%10 = 0,075 \text{ m}^3)$ | $(14 \text{ m}^3 \times \%10 = 1,4 \text{ m}^3)$                                                                                       |
| Kum miktarı ( $\text{m}^3$ )         | $19,6 \text{ m}^3$                                                                                                                     | $0,52 \text{ m}^3$                                   | $9,8 \text{ m}^3$                                                                                                                      |
| (Beton %70 oranında kum içerir.)     | $(28 \text{ m}^3 \times \%70 = 19,6 \text{ m}^3)$                                                                                      | $(0,75 \text{ m}^3 \times \%70 = 0,52 \text{ m}^3)$  | $(14 \text{ m}^3 \times \%70 = 9,8 \text{ m}^3)$                                                                                       |
| Su miktarı (litre)                   | $\sim 6 \text{ m}^3$                                                                                                                   | $\sim 2 \text{ m}^3$                                 | $\sim 3 \text{ m}^3$                                                                                                                   |
| (Beton %20 oranında su içerir.)      | $(28 \text{ m}^3 \times \%20 = 5,6 \text{ m}^3)$                                                                                       | $(0,75 \text{ m}^3 \times \%20 = 0,15 \text{ m}^3)$  | $(14 \text{ m}^3 \times \%20 = 2,8 \text{ m}^3)$                                                                                       |
| Demir miktarı (kg)                   | 980 kg<br><br>$(1 \text{ m}^2 \text{ 'ye } 35 \text{ kg demir gereklidir. } 28 \text{ m}^2 \times 35 \text{ kg/m}^2 = 980 \text{ kg})$ | 32 adet                                              | 728 kg<br><br>$(1 \text{ m}^2 \text{ 'ye } 26 \text{ kg demir gereklidir. } 28 \text{ m}^2 \times 26 \text{ kg/m}^2 = 728 \text{ kg})$ |
| Demirin kalınlığı (mm)               | 14 mm                                                                                                                                  | 12 mm                                                | 10 mm                                                                                                                                  |

İsterseniz tabloyu öğrencilere sunabilir ya da öğrencilerin araştırıp bulmalarını ve bulduklarını Excel dosyasına yazmalarını isteyebilirsiniz. Öğrenciler kendileri bulacaksa bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit ediniz.

---

### 3. GÜN

---

Problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç olduğunu belirlemek için “*Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere ihtiyacınız var?*” sorusunu sorun ve cevabı tahtaya yazın. Öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “*Disiplinler*” bölümüne yazmalarını isteyin.

#### **Disiplinler:**

1. Dalga bilgisi için fizik
2. Ölçüm ve hesaplama yapmak için matematik
3. Binanın planı ve dizaynı için mühendislik
4. Araştırma yapmak ve binayı tasarlamak için teknoloji
5. Grup çalışması ve ürün çıkarma süreci için sosyal beceriler disiplinleri

Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar rehberlik ediniz. Ayrıca öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik ediniz.

Öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi kazanımlar size yardımcı oldu?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demelerini bekleyiniz. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabilecekleri hatırlatınız. Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik ediniz. (Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları,

[https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143 STEM KitapYk.](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143 STEM KitapYk.)

[pdf](#); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3, M.5.2.3.1), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2, M.3) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar rehberlik ediniz ve bulunanları çalışma kağıdındaki “Kazanımlar” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

**Kazanımlara yönelik öğrencilerden beklentiler:**

- Depreme dayanıklı bina tasarlamak için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlemin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını, ayrıca deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- Problemin çözümü için betonarme bina yapılması istenildiğinden bir mühendis gibi betonarme binalarının yapısal özelliklerini ve hangi aşamaları takip ederek yapıldıklarını bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını söylemeleri beklenir. **(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**
- Bir mühendis gibi kendi binalarını inşa edecekleri için inşaat mühendislerinin depreme dayanıklı betonarme binaları nasıl tasarladıklarını ve daha önceden yapılan depreme dayanıklı betonarme binaların nasıl yapıldıklarını incelemeye ihtiyaç duyduklarını ve incelemeler sonucunda öğrendikleri yapı özelliklerine

göre tasarımlarını yapacaklarını söylemeleri beklenir. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.)**

- Gerçek bir depreme dayanıklı bina yapılacağı için bir binanın boyutlarının ölçüleri, malzemeleri ve malzeme miktarları bilinmeli bu yüzden inşaat mühendislerinin projelerindeki ölçüleri kullanmaları gerektiğinin ve gerçek ölçüleri uygulanabilir hale dönüştürmek için matematik kullanarak ölçeklendirilme yapmalarının ve uzunluk birimlerinde dönüşümler yaparak binayı tasarlamaları gerektiğinin kanısına varmaları beklenir. **(M.5.2.3.1 Uzunluk ölçme birimlerini tanır.), (M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)**
- Gerçeğine benzer prototip yapılacağı için kullanılan malzeme miktarları ve yapı ölçüleri gerçek bina ölçüleriyle orantılı olmalı ve bu değerler excel üzerinde toplanmalı ve değerlere göre prototipin planı yapılmalı demeleri beklenir. **(T.1 Bilgiyi kaydetmek, yönetmek, ve ilişkilendirmek için dijital teknolojileri uygun bir şekilde kullanır.)**
- Ürünü tasarlarken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme, içlerinde uygun olanını belirleme ve ürün geliştirebilme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini söylemeleri beklenir. **(S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**
- Ürün tasarımı yaparken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve ürünün oluşması için üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini söylemeleri beklenir. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

---

## 4. GÜN

---

Kazanımların belirlenmesinden sonra bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenler belirlemek için “*Problemin değişkenleri var mı?*” sorusunu sorunuz ve cevapları çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

**Bağımlı Değişken:** Depreme dayanıklılık

**Bağımsız Değişkenler:** Binanın yüksekliği, binanın genişliği (Kat yüzey alanı), binanın şekli, simetrikliği, kolonların sayısı, sarsıntının süresi, kullanılan malzemeler ve oranları

**Sabit Değişkenler:** Bina kat sayısı ve sarsıntının büyüklüğü

Öğrenciler değişkenleri bulana kadar öğretmen rehberlik ediniz.

Belirlenen değişkenlerin bir kısmının öğrenciler tarafından ürün geliştirme esnasında yaparak test edilmesi beklenir fakat bu aktivitede öğrenciler gerçek betonarme prototipi yapacakları için değişkenleri ürün üzerinde test etmeleri zor olacaktır. Bu sebepten ötürü, bazı değişkenler kitaptan ya da internetten bilgi alarak bazıları ise öğretmenin getirdiği alternatif malzemelerin kullanılması ile test edilir ve gözlemlenir.

Belirlenen değişkenlerin binaların depreme dayanıklılığını nasıl etkilediği öğrencilerin gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır. Bağımsız değişkenlerden binanın yüksekliği, genişliği ve şekli öğretmenin daha önceden sınıfa getirdiği alternatif malzemeler ile oluşturabilecekleri prototip üzerinde test edilir. Değişkenlerin test edilmesi için gerekli alternatif malzemeler çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometredir. (İsteğe bağlı olarak karton, mukavva, tahta çubuk... gibi farklı malzemeler kullanılabilir.)

Öğrencilerin çubuk makarnalar ile prototipler yaparak değişkenleri test etmelerini isteyiniz. Aktiviteye başlamadan önce yanınızda bir paket çubuk makarna, bant ve cetvel götürmeyi unutmayınız (Çubuk makarna yerine başka seçenekler de kullanabilirsiniz.). Değişkenleri test ederken çalışma kağıdında bulunan değişken tablosunu doldurmasını isteyiniz. “*Şimdi değişkenlerin ürününüzün depreme dayanıklılığını nasıl etkilediğini test edeceksiniz. Bunun için sizlere çubuk makarna,*

bant, cetvel ve kronometre (telefon) vereceğim. Makarnadan oluşturduğunuz prototipler sonucunda değişkenleri gözlemleyebileceksiniz. Değişkenleri çalışma kâğıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu dolduracaksınız.” açıklamasını yapınız.

Bağımsız değişkenleri şu sıra ile test ettirebilirsiniz:

**Bina Yüksekliği:** “Bina yüksekliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra “Bina yüksekliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı uzunlukta üç katlı prototipler oluşturulmalı” cevabını alınca “Peki oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.” cevabı beklenir. Gruplar eşit genişliğe ve aynı şekle sahip iki tane üç katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini aşağıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “Bina yüksekliği arttıkça depreme dayanıklılık azalır.” yönündedir. “Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.” diyerek tabloyu doldurmaları gerektiğini hatırlatınız.

**Bina genişliği (Kat yüzey alanları):** “Bina genişliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra “Bina genişliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı yüzey genişliğinde üç katlı prototipler oluşturulmalı” cevabını aldıktan sonra “Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.” cevabını bekleyiniz. Gruplar eşit yüksekliğe ve aynı şekle sahip iki tane üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre

dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen *“Bina genişliği arttıkça depreme dayanıklılık artar.”* yönündedir.

**NOT:** Bağımsız değişkenlerden bina şeklinin depreme dayanıklılığı test edilirken bir hususa dikkat edilmesi gerekir. Öğrenciler bina şekli olarak sayısız seçenekler sunabilir ve gerçek çıkarımlar yapabilmek için her şekle etki eden rüzgar kuvvetlerinin hesaplanması gerekir. Bu durum öğrencinin seviyesini aşacağından dolayı binanın şeklinin depreme dayanıklılığını test ederken bazı sınırlamalar getirilmelidir. Sınırlama şu şekilde olabilir: Her grup kendi betonarme binasını hangi iki farklı şekilde yapmayı planlıyorsa o şekilleri makarna prototipinde deneyip daha dayanıklı olan şekli asıl betonarme prototipinde uygulamalıdır. Böylelikle iki şekil arasından daha dayanıklı olan keşfedilmiş olur.

**Bina şekli:** *“Bina şekli depreme dayanıklılığı etkiler mi?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra *“Bina şeklinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı şekillere sahip (Üçgen, dörtgen, beşgen, daire, T şekli, V şekli, U şekli...) üç katlı prototipler oluşturulmalı”* cevabı beklenir. *“Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.”* cevabını bekleyiniz. Gruplar eşit yüksekliğe ve eşit yüzey alanına sahip iki tane (Herhangi iki şekli kullanabilir) üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen *“Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.”* yönündedir.

**Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve kolon sayısı:** *“Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve kolon sayısı deprem dayanıklılığını nasıl etkiler?”* sorusunu sorunuz. Öğrenciler

araştırmaları sonucu bazı teorik bilgilere ulaşabilecekleri için her değişkeni test etmek zorunda değildir. Öğrencilerin bu değişkenlerin etkisini internetten araştırarak bulabileceğini söylemesi bekleyiniz. Sonuç olarak,”*Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem dayanıklılığını arttırır; sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi de artar; simetrik cisimler daha çok dengede kalır; bina yeterli kolon ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar*” gibi çıkarımlar yapmalarını bekleyiniz.

| Bağımlı Değişken                                                       | Bağımsız Değişken                                                    | Sabit Değişken                                                                                                                                                                         | Yorumlarınız / Gözlemleriniz                          |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Binanın yksekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı byklğ</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>sarsıntı sresi)</p>  | Bina yksekliği arttıka depreme dayanıklılık azalır. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina genişliği</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı byklğ</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yksekliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı sresi)</p> | Bina genişliği arttıka depreme dayanıklılık artar    |

|                                                                          |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bina şekli</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>•Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Sarsıntı süresi)</p>                  | Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanılan malzemeler ve oranları</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>•Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi,)</p> | Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem dayanıklılığını artırır |

|                                                                          |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sarsıntı süresi</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>• Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli)</p>                      | <p>Sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi artar</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simetriklik</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>• Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi)</p> | <p>Simetrik cisimler daha çok dengede kalır</p>             |

|                                                                          |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                |                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kolon sayısı</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>• Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi)</p> | Bina yeterli kolon ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

## 5. GÜN

Öğrenciler ile birlikte değerlendirme kriterlerinden biri olan ölçeklendirmeden bahsediniz ve gerçek yapıların ölçeklendirilmesini yapınız. “*Bildiğiniz üzere en az 7,6 büyüklüğündeki depreme dayanabilecek 3 katlı betonarme bina tasarlayacaksınız. Gerçek ölçülerine göre 3 katlı binaları yapmanız mümkün mü? Peki gerçeğini yapamıyorsak ne yapacağız?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin binanın maketini / prototipini yapacakları çıkarımına varmalarını bekleyiniz. “*Yapacağınız binalar kullanılan malzemeler, katlar arası mesafe, katların yüzey alanları ve binanın uzunluğu bakımından gerçeğini en çok yansıtan olmalı. Ne kadar gerçeğine benzerse o kadar yüksek puan alırsınız.*” açıklamasını yapınız. Öğrenciler bu aşamada binaları gerçek binaların uzunluk değerlerine göre ölçeklendirecekleri çıkarımını yapmalıdır bunun için aşağıdaki ölçeklendirme tablosunu tabloyu göstererek rehberlik ediniz. Böylelikle öğrenciler yapacakları binanın her uzunluğunun ve malzemelerinin aynı oranda ölçeklendirileceğinin farkına varır. Tablodaki her değeri vermeyiniz, örnek değer verdikten sonra öğrencilerin bulması için zaman tanıyınız. “*Mesela bir katın uzunluğu ortalama kaç metredir? Hemen az*

önce hazırladığımız tabloya bakıp bulalım. 3 metre. 1/50 oranında küçültsek bir kolonun yüksekliği 6 cm olur. Peki bir katın yüzey alanı ortalama ne kadar? Buna da hemen bakalım. 1+1 olan evlerin yüzey alanı 28 m<sup>2</sup> ise onu da aynı oranda küçülttüğümüzde 56 cm<sup>2</sup> olur. Gördüğünüz gibi her uzunlukta aynı küçültmeyi yaptık ki gerçeğine yakın olsun.” ölçeklendirme örneğini veriniz.

**Not: Bir katın uzunluğu ya da minimum bir dairenin yüzey alanı değerleri ve diğer değerler “Bilgi Toplama” bölümünde oluşturulan tablodan alınız.**

“Başka hangi oranlarda küçültme yapabiliriz belirleyelim. Hesaplamaları sizlerin yapmanızı istiyorum.” diyerek ölçeklendirme değerlerini Excel programında tablolararak yapmalarını ister. Öğrenciler tablodaki ölçeklendirmelerden daha farklı değerler verebilir önemli olan verilen ölçeklendirme değerlerine göre yapabilecekleri alt ve üst sınırları belirlenmesidir.

Bu tablodaki değerler sayesinde öğrenciler kullanmaları gereken malzeme miktarlarını ve yapacakları prototipin boyutlarını bilirler. Öğrenciler aşağıdaki tabloyu ürün ortaya çıkarmadan önce model planlamasını yaparken kullanır. Daha önce test ettiği bağımsız değişkenlerden çıkardıkları sonuçlara göre aşağıdaki ölçeklendirme oranlarından birini depreme dayanıklı ürün için uygun görürler ve prototipi o ölçülerde yapacağını planlar.

Aşağıdaki tabloya göre alt sınır 1/50 oranı üst sınır 1/5 oranı olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenildiği gibi değiştirilebilir.

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                             |                                             |                                             |                                              |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me       | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me       | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me       | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me        | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me             |
| Temelin<br>ve<br>Katların                                                                                                         | 112 cm <sup>2</sup><br>(~ 10 cm x<br>11 cm) | 448 cm <sup>2</sup><br>(~ 21 cm x<br>21 cm) | 700 cm <sup>2</sup><br>(~ 26 cm x<br>26 cm) | 1244 cm <sup>2</sup><br>(~ 35 cm x<br>35 cm) | 11.200 cm <sup>2</sup><br>(~ 105 cm x<br>106 cm) |

|                                                                                                            |                       |                         |                       |                         |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Yüzey Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> = 700 cm x 400 cm )                                                  |                       |                         |                       |                         |                         |
| Temelin Kalınlığı<br><br>(100 cm)                                                                          | 2 cm                  | 4 cm                    | 5 cm                  | ~ 7 cm                  | 20 cm                   |
| Temel için Gerekli Beton Miktarı<br><br>(28.000.000 cm <sup>3</sup> )                                      | 224 cm <sup>3</sup>   | 1.792 cm <sup>3</sup>   | 3.500 cm <sup>3</sup> | ~ 8.708 cm <sup>3</sup> | 224.000 cm <sup>3</sup> |
| Temel için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br>(2,8 m <sup>3</sup> = 2.800.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 22 cm <sup>3</sup>  | ~179 cm <sup>3</sup>    | 350 cm <sup>3</sup>   | ~ 829 cm <sup>3</sup>   | 22.400 cm <sup>3</sup>  |
| Temel için Gerekli Kum                                                                                     | ~ 156 cm <sup>3</sup> | ~ 1.254 cm <sup>3</sup> | 2.450 cm <sup>3</sup> | ~ 5.807 cm <sup>3</sup> | 156.800 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                                                        |                    |                     |                     |                        |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(19,6 m <sup>3</sup> =<br>19.600.00<br>0 cm <sup>3</sup> )                        |                    |                     |                     |                        |                        |
| Temel için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(6 m <sup>3</sup> =<br>6.000.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 48 cm <sup>3</sup> | 384 cm <sup>3</sup> | 750 cm <sup>3</sup> | ~1.777 cm <sup>3</sup> | 48.000 cm <sup>3</sup> |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak Demir<br>Miktarı<br><br>(1 m <sup>2</sup> ‘ye<br>35 kg<br>demir<br>gereklidir)          | ~ 0,4 kg           | 2 kg                | 2,45 kg             | ~ 4,5 kg               | 40 kg                  |
| Temel için<br>Kullanılac<br>ak<br>Demirin<br>Kalınlığı<br><br>(14 mm)                                                  | ~ 0,3 mm           | ~ 0,6 mm            | 0,7 mm              | ~ 1 mm                 | ~ 3 mm                 |

|                                                                                          |                        |                         |                       |                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kolon Uzunluğu / Katlar Arası Mesafe (300cm)                                             | 6 cm                   | 12 cm                   | 15 cm                 | 20 cm                 | 60 cm                 |
| Kolonun En ve Yükseklik Uzunlukları (En 50 cm x Yükseklik 50 cm)                         | 1 cm x 1 cm            | 2 cm x 2 cm             | 2,5 cm x 2,5 cm       | ~ 3 cm x 3 cm         | 10 cm x 10 cm         |
| Bir Kolon için Gerekli Demir Sayısı (En az 4 adet 12 mm kalınlığın da x 300 cm uzunluğu) | 4 adet ~ 0,3 mm x 6 cm | 4 adet ~ 0,5 mm x 12 cm | 4 adet 0,6 mm x 15 cm | 4 adet 0,8 mm x 20 cm | 4 adet ~ 3 mm x 60 cm |

|                                                                                                            |                     |                      |                     |                      |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| da demir kullanılır.)                                                                                      |                     |                      |                     |                      |                       |
| Bir Kolon için Kullanılacak Demirin Kalınlığı (12mm)                                                       | ~ 0,3 mm            | ~ 0,5 mm             | 0,6 mm              | 0,8 mm               | ~ 3 mm                |
| Bir Kolon için Gerekli Beton Miktarı (750.000 cm <sup>3</sup> )                                            | 6 cm <sup>3</sup>   | 48 cm <sup>3</sup>   | 94 cm <sup>3</sup>  | 222 cm <sup>3</sup>  | 6.000 cm <sup>3</sup> |
| Bir Kolon için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> ) (0,075 m <sup>3</sup> = 75.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 1 cm <sup>3</sup> | ~ 5 cm <sup>3</sup>  | ~ 9 cm <sup>3</sup> | ~ 22 cm <sup>3</sup> | 600 cm <sup>3</sup>   |
| Bir Kolon için Gerekli                                                                                     | ~ 4 cm <sup>3</sup> | ~ 33 cm <sup>3</sup> | 65 cm <sup>3</sup>  | 154 cm <sup>3</sup>  | 4.160 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                                                               |                     |                     |                       |                         |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Kum<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br>(0,52 m <sup>3</sup> =<br>520.000<br>cm <sup>3</sup> )                                |                     |                     |                       |                         |                        |
| Bir Kolon<br>için<br>Gerekli Su<br>Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )<br><br>(2 m <sup>3</sup> =<br>2.000.000<br>cm <sup>3</sup> ) | 16 cm <sup>3</sup>  | 128 cm <sup>3</sup> | 250 cm <sup>3</sup>   | ~ 592 cm <sup>3</sup>   | 16.000 cm <sup>3</sup> |
| Kat<br>Tabanları<br>nın<br>Kalınlığı<br><br>(50 cm)                                                                           | 1 cm                | 2 cm                | 2,5 cm                | ~ 3 cm                  | 5 cm                   |
| Bir Kat<br>Tabanı<br>için<br>Gerekli<br>Beton<br>Miktarı<br><br>(14.000.0<br>00 cm <sup>3</sup> )                             | 112 cm <sup>3</sup> | 896 cm <sup>3</sup> | 1.750 cm <sup>3</sup> | ~ 3.732 cm <sup>3</sup> | 56.000 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                                                         |                    |                     |                       |                       |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bir Kat Tabanı için Gerekli Çimento Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(1,4 m <sup>3</sup> = 1.400.000 cm <sup>3</sup> ) | 11 cm <sup>3</sup> | 90 cm <sup>3</sup>  | 175 cm <sup>3</sup>   | 415 cm <sup>3</sup>   | 11. 200 cm <sup>3</sup> |
| Bir Kat Tabanı için Gerekli Kum Miktarı (cm <sup>3</sup> )<br><br>(9,8 m <sup>3</sup> = 9.800.000 cm <sup>3</sup> )     | 78 cm <sup>3</sup> | 627 cm <sup>3</sup> | 1.225 cm <sup>3</sup> | 2.903 cm <sup>3</sup> | 78.400 cm <sup>3</sup>  |
| Bir Kat Tabanı için Gerekli Su Miktarı (cm <sup>3</sup> )                                                               | 24 cm <sup>3</sup> | 192 cm <sup>3</sup> | 375 cm <sup>3</sup>   | 889 cm <sup>3</sup>   | 24.000 cm <sup>3</sup>  |

|                                                                                                     |          |        |        |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|----------|---------|
| (3 m <sup>3</sup> = 3.000.000 cm <sup>3</sup> )                                                     |          |        |        |          |         |
| Bir Kat Tabanı için Kullanılacak Demir Miktarı<br><br>(1 m <sup>2</sup> 'ye 26 kg demir gereklidir) | ~ 0,3 kg | ~ 1 kg | ~ 2 kg | ~ 3 kg   | ~ 30 kg |
| Kat Tabanları için Kullanılacak Demirin Kalınlığı<br>(10 mm)                                        | 0,2 mm   | 0,4 mm | 0,5 mm | ~ 0,6 mm | 2 mm    |

**Not: Alan ölçeklendirmesi yaparken ölçeklendirme oranının karesini, hacim ölçeklendirmesi yaparken de ölçeklendirme oranının küpünü almayı unutmayınız.**

| Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerlerinin Toplamları                                                                 |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                          | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |
| 3 katlı<br>bina<br>için<br>gerekli<br>toplam<br>beton<br>miktarı<br><br>(Temel:<br>28 m <sup>3</sup> ,<br>16<br>Kolon:<br>12 m <sup>3</sup> , 3<br>Taban :<br>42 m <sup>3</sup> =<br>82 m <sup>3</sup> ) | 656 cm <sup>3</sup>                   | 5.248 cm <sup>3</sup>                 | 10.250 cm <sup>3</sup>                | 24.296 cm <sup>3</sup>                | 656.000<br>cm <sup>3</sup>           |
| 3 katlı<br>bina<br>için<br>gerekli<br>toplam<br>çimento<br>miktarı<br>(6 m <sup>3</sup> )<br>(1 m <sup>3</sup><br>çimento<br>=<br>~1300<br>kg)                                                           | 66 cm <sup>3</sup><br>(0,5 kg)        | 525 cm <sup>3</sup><br>(1 kg)         | 1.025 cm <sup>3</sup><br>(1,5 kg)     | 2.430 cm <sup>3</sup><br>(3 kg)       | 65.600 cm <sup>3</sup><br>(85 kg)    |

|                                                                                                                         |                                     |                                    |                                    |                                     |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 3 katlı bina için gerekli toplam kum miktarı (40 m <sup>3</sup> ) (Betonun % 70'i kum)<br>(1 m <sup>3</sup> = 1.500 kg) | 459 cm <sup>3</sup><br>(1 kg)       | 3.673 cm <sup>3</sup><br>(6 kg)    | 7.175 cm <sup>3</sup><br>(11 kg)   | 17.007 cm <sup>3</sup><br>(25,5 kg) | 459.200 cm <sup>3</sup><br>(688 kg)    |
| 3 Katlı bina için gerekli toplam su miktarı (Betonun % 20'si su)<br>(1 litre= 1 dm <sup>3</sup> )                       | 131 cm <sup>3</sup><br>(0,13 litre) | 1.049 cm <sup>3</sup><br>(1 litre) | 2.050 cm <sup>3</sup><br>(2 litre) | 4.859 cm <sup>3</sup><br>(5 litre)  | 131.200 cm <sup>3</sup><br>(130 litre) |
| 3 katlı bina için gerekli toplam demir miktarı                                                                          | 1,3 kg                              | 5 kg                               | 8,45 kg                            | 45 kg                               | 130 kg                                 |

|                                                                                                                |                     |                       |                        |                        |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| (Temel için 1 m <sup>2</sup> 'ye 35 kg demir, taban ve kolonlar için 1 m <sup>2</sup> 'ye 26 kg demir gerekli) |                     |                       |                        |                        |                         |
| Toplam Bina Kütlesi                                                                                            | ~ 5 kg              | ~15 kg                | ~25 kg                 | ~78,5 kg               | ~1.000 kg               |
| Toplam Bina Hacmi                                                                                              | 656 cm <sup>3</sup> | 5.248 cm <sup>3</sup> | 10.250 cm <sup>3</sup> | 24.296 cm <sup>3</sup> | 656.000 cm <sup>3</sup> |

## 6. GÜN

Ürün yapıldıktan sonra sarsıntı masasına taşınıp test edilmesi gerektiği için yapılacak ürünün taşınabilir küttele olması gerekmektedir. 1/50, 1/25 ve 1/20 oranlarında ölçeklendirmeler yapıldığında kısmen daha taşınabilir kütle değerleri olduğu için öğrencilerin bu oranlarda ölçeklendirme yapmaları beklenir.

Ölçeklendirmeden sonra değerlendirme kriterlerini öğrencilerle beraber belirleyiniz. *“Değerlendirme kriterlerimizden birini ölçeklendirme olarak belirledik sizce binalarınızı başka hangi özelliklere göre değerlendirelim?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerin *“7,6 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen ve 7,6 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen yüksek puan almalı.”* çıkarımını yapmaları bekleyiniz. Ayrıca binanın ekonomik olması üzerinde durunuz ve öğrenciler *“Ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.”* sonucuna ulaşana kadar rehberlik ediniz. Bu kriterler dışında başka kriterleri de

değerlendirmeye alabilirsiniz. “Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp katlarında kopmalar oluyorsa ya da sapaşğlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım? Ya da ekonomik olduğunu nasıl belirleyelim?” sorusunu sorarak aşğıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturunuz.



| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                  |                                                       |                                                              |                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                              |                                                       |                                                              |                                                              |
|                                                                                                                           | 1 puan                                                | 2 puan                                                       | 3 puan                                                       |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki (5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi? | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı           | 10 saniyeden daha az sürede katta kopmalar oldu              | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı  |
| Binanın boyutları ve malzeme miktarları gerçek bina değerlerine göre ölçeklendirildi mi?                                  | Hiç bir boyut ve malzeme miktarları ölçeklendirilmedi | Sadece boyut ya da sadece malzeme miktarları ölçeklendirildi | Her boyutta ve malzeme miktarlarında ölçeklendirilme yapıldı |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve gerçek binaların ölçeklendirme   | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının üstünde       | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarına eşit                  | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının altında              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |         |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| fiyatlarıyla kıyaslanır)                                                                                                                                                                                                                                               |         |         |             |
| 7,5 - 7,9<br>büyüklüğünde<br>(5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerde)<br>yıkılmayan<br>binalar en fazla<br>hangi<br>büyüklükteki<br>depreme<br>dayandı?<br>(Ürünler<br>arasında eşitlik<br>varsa sarsıntı<br>şiddeti<br>arttırılarak<br>eleme yapılır.) | 8,0-8,4 | 8,5-8,9 | 9,0 ve üstü |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |         |         |             |

*“Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, test ettiğiniz değişkenlere göre çözümler üreteceksiniz. Ürün malzeme miktarını ve ölçülerini belirlerken yukarıda hazırladığımız “Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri” başlıklı tabloyu kullanınız. Planladığınız ürünün taslağını çalışma kâğıdındaki “Model Taslağını Çiz” bölümüne detaylandırmadan*

çiziniz. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri “Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Lütfen malzemelerin ekonomik olmasına dikkat ediniz. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz. Süreniz 45 dakika olacaktır.” açıklamasını yaparak öğrencilerin çözümler bulmasına olanak sağlayınız.

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra grupların açıkladığı çözümleri tahtaya yazınız. “Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmalarını bekleyiniz:

- Bina 3 katlı ve betonarme olacak
- 7,6 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek
- Bina sağlam ve düz bir zemine inşa edilecek
- Bina simetrik olacak.
- Kolonlar eşit dağıtılacak
- Binanın sarsıntı esnasında kırılmaması için binayı oluşturan yapı elemanlarında demir kullanarak beton esnek hale getirilecek
- Kaliteli ve ekonomik malzeme kullanılacak.

Öğrenciler bu aşamada sıkıntı yaşarlarsa “Bilgi Toplama” bölümünde bulunanları hatırlatınız.

En iyi çözümü belirlemek için öğrencilere sorunuz “Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirttikten sonra öğrencilerle beraber tartışarak en olası görülen çözümleri belirleyiniz ve tahtaya yazınız, öğrencilerin de yazmalarını isteyiniz. “Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürünü Çiz” bölümüne çiziniz, sahip olduğu özellikleri “Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız. Bu aşamada her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır.

“Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” açıklamasını yaparak öğrencilerin ürünleri için belirledikleri malzemeleri öğreniniz.

**Öğrencilerden beklenen malzemeler :**

- Çimento
- İnce kum
- Su
- Kalın çelik tel (Temel, kat tabanları ve kolonlar için farklı kalınlıklardaki demirlerin ölçeklendirme değerlerine göre belirlenen teller)
- İnce çelik tel (Kalın telleri birbirine bağlamak için)
- Küçük testere (Mdf ya da sunta kesimi için)
- Pense / kargaburun pense (Telleri bükme için)
- Silikon tabanca (Kolon kalıplarını yapıştırmak için)
- Elektrik bantı (Kolon kalıplarını tutturmak için)
- Boş plastik kap (Çimento kum ve su malzemelerini karıştırmak için)
- Dereceli silindir
- Spatula
- Dijital hassas tartı
- Şerit metre

Bu malzemelerin yanında prototipin temelini ve kolonların kalıplarını yapmak için ince MDF / sunta / kontrplak gibi malzeme öğrencilere hazır verilir. Öğrenciler bazı malzemeleri söylemediklerinde rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlayınız. Malzemelerin miktarları ve ölçüleri öğrencilerin kullandığı ölçeklendirme oranına

göre değişeceği için hangi grup hangi oranda ölçeklendirme yaptı ise o orandaki malzeme miktarını ve ölçülerini sınıfa getiriniz.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara verilir. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanılır.

---

## 7. GÜN

---

Öğrencilerin ngrdğ malzemeleri sınıfa getiriniz. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapınız.

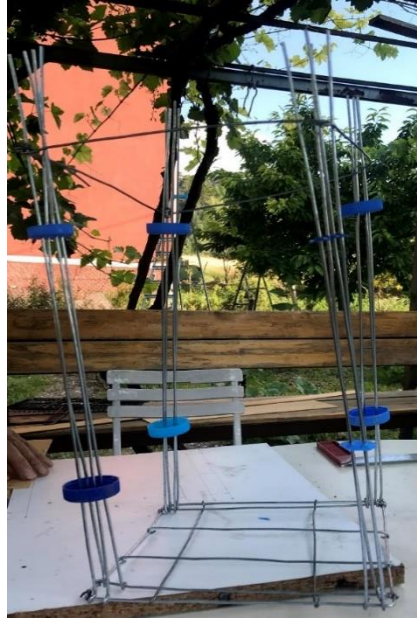
**NOT: rn geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden (Küçük testere) sadece bir tane alınır ve ğretmen gözetiminde kullanılır.**

Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi prototiplerini yaparlar. “*Artık rn oluşturma zamanı. Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. şimdi bilgi toplama aşamasında belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz*” açıklamasını yapınız ve öğrenciler ürünlerini yaparken onlara rehberlik ediniz ve soruları varsa cevaplandırınız. Gruplar ürünlerini taşınabilir hale getirmek için öğretmenin temin ettiği sunta / kontrplak gibi malzemeden yapılmış kalıp üzerine inşa ederler. rnler test aşamasına geldiğinde öğrencilerden ürünlerini sarsıntı masasının üzerine koymaları beklenir fakat ürünlerin kütleleri bu aktivitede alınan ölçeklere göre 5 kg, 15 kg, 25 kg, 78,5 kg ve 1.000 kg olacağından dolayı ürünleri taşımak zor olacaktır. Test aşaması esnasında okulda bulunan görevli çalışanlardan ya da diğer öğretmenlerden yardım istenmesi ve birlikte sarsıntı masasının üzerine koyulması tavsiye edilir (78,5 kg için). Ayrıca, 1000 kg kütleli ürünü taşımak mümkün olmadığı için, bu ölçülerde bir ürün yapılmaması tavsiye edilir. Eğer ürünü taşıma ihtiyacı olmadan, ürünün depreme dayanıklılığının test edilebileceği uygun laboratuvarlar ve sarsıntı masası düzenekleri var ise bu ölçülerde ürün yapılabilir.

### **Öğrencilereden beklenen ürün yapım aşamaları:**

Öğrenciler ürünlerini yaparken binalarının katlarına ve kolonlarına döktükleri betonun kurummasını en az bir gün beklemelidir. Bu sebepten dolayı her bir katın ve kolonların betonu döküldükten sonra bir gün beklenilmeli, aktiviteye bir sonraki ders saatinde devam edilmelidir. (3 katlı bir bina için en az 3 güne ihtiyaç duyulmaktadır. Bekleme gün sayısı dökülen betonun kıvamına göre daha da uzayabilir.) Beton dökme işlemi yapıldıktan sonra betonlar kuruyana kadar ürünler hareket ettirilmemelidir. Bu yüzden, ürünler diğer dersleri ya da öğrencileri etkilemeyecek mekanlarda ve masaların üzerinde yapılmalıdır. Bekleme süreci olduğundan, ürünlerin okulun laboratuvarında ya da müsait bir odasında / sınıfında yapılması ve saklanması tavsiye edilir. Prototipin yapıldığı her günün sonunda, aktivitenin yapıldığı mekanı temiz bırakmak için mekanın zemini öğrenciler tarafından faraş ile süpürülmeli, masalar ise bez ile silinmelidir. Öğrenciler, temizlik yaptıktan sonra aktiviteye ara vermelidir.

İlk olarak öğrenciler ölçümlerini yapar, malzemeleri ölçülerine göre ayarlar, birinci (temel) katın zeminine demir kafesleri döşer ve bina kolonlarının demir iskeletlerini oluşturur. Ölçümler yapıp binanın ilk katının demirleri ve kolon demirleri yapıp yerleştirildikten sonra aktiviteye ara verilir.

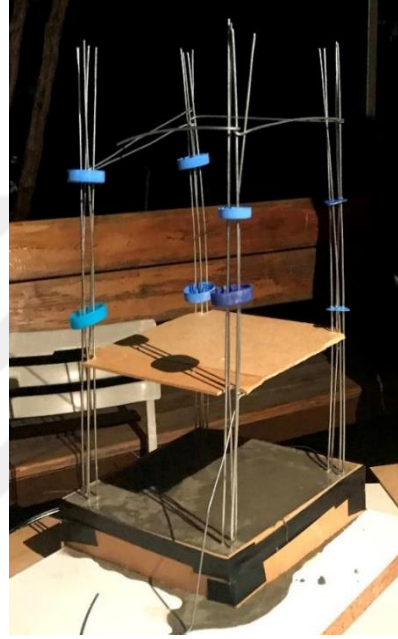


---

## 8. GÜN

---

Kolonların kalıpları ve kat tabanlarının kalıpları ölçülerine göre ayarlanır ve kolon demirlerinin çevresine ve tabana, ölçülere dikkat ederek yerleştirilir. Daha sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.



---

## 9. GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra ikinci kat inşa edilir. Kat tabanı ölçülerine göre oluşturulur ve katın zeminine demirler yerleştirilir. Kolon kalıpları yapıldıktan sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.



---

## 10. GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra üçüncü kat inşa edilir. Kat tabanı ölçülerine göre oluşturulur ve katın zeminine demirler yerleştirilir. Kolon kalıpları yapıldıktan sonra kolonlara ve kat tabanına beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.

---

## 11.GÜN

---

Ürünün kuruduğundan emin olduktan sonra son kat (tavan) inşa edilir. Tavan ölçülerine göre oluşturulur ve üzerine demirler yerleştirilir. Tavana beton dökülür. Kuruması için bir gün beklenir.







---

## 12.GÜN

---

Her grubun ürünü bittikten ve ürünlerin kurduğundan emin olduktan sonra sizin getirdiğiniz sarsıntı masasının üzerine ürünleri oturtunuz ve test işlemini yapınız. *“Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız. Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi*

*ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.” açıklamasını yapınız.*

Binanın depreme dayanıklılığını ölçmek için **“Google Science Journal”** uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanılır. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürün koyulur. Sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası 10 saniye sarsılır. **“Google Science Journal”** uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Ürünler, 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlayıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılır) sarsılır.



---

### 13.GÜN

---

Bütün gruplar oluşturdıkları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler. Bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklayınız: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek.”* açıklamasını yapınız.

Ortaya çıkan ürünün ekonomikliğini değerlendirmek için aşağıdaki malzemelerin birim fiyatlarının yazılı olduğu tabloyu öğrencilere sununuz. Tablodaki boş kısımlar öğrenciler tarafından doldurulur böylelikle her grubun yaptığı toplam harcamalar bulunur. Daha sonra, öğrencilerin toplam harcamaları aşağıda ikinci olarak verilen tablodaki gerçek bir betonarme bina maliyetinin ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır. Ölçeklendirme fiyatlarına yakın ve daha düşük harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmış kabul edilirken, ölçeklendirme fiyatlarının çok üstünde harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmamış kabul edilir. Aşağıdaki iki tabloyu göstererek açıklama yapınız *“Ürünlerinizin ekonomikliğini değerlendirmek için kullanılan malzemelerin birim fiyatlarını içeren bir tablo hazırladım. Sizler kullandığınız malzemelerin miktarlarını birim fiyatları ile çarparak ne kadar harcama yaptığınızı hesaplayacaksınız. Her grubun yaptığı hesaplama sonucunda ortaya çıkan toplam fiyatları gerçek bina fiyatlarının ölçeklendirmeleriyle kıyaslayacağız ve puanlamamızı ona göre yapacağız.”*

| Ürün Maliyet Formu                             |             |                   |       |
|------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                                     | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total |
| Çimento (1 kg)                                 | 0,56 TL     |                   |       |
| İnce Kum (1 kg)                                | 1,2 TL      |                   |       |
| Mdf / Sunta / Kontrplak<br>(1cm <sup>2</sup> ) | 0,09 TL     |                   |       |
| 0,5 mm çelik tel (1 metre)                     | 1 TL        |                   |       |
| 1 mm çelik tel (1 metre)                       | 1,5 TL      |                   |       |
| 2 mm çelik tel (1 metre)                       | 2,5 TL      |                   |       |
| 3 mm çelik tel (1 metre)                       | 3 TL        |                   |       |
| Toplam fiyat:                                  |             |                   |       |

Aşağıdaki tabloda 3 katlı betonarme bir bina için maliyet hesaplaması yapılmış ve toplam fiyat ölçeklendirilmiştir. Bu tabloyu referans alarak öğrencilerin ürünlerinin ekonomikliğini değerlendiriniz.

| 3 Katlı Bir Betonarme Binanın Maliyeti                                                                                                                             |             |                   |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----------|
| Malzemeler                                                                                                                                                         | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total     |
| Çimento (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                        | 220 TL      | 6 m <sup>3</sup>  | 1.320 TL  |
| Kum (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                            | 45 TL       | 40 m <sup>3</sup> | 1.800 TL  |
| Su (1 m <sup>3</sup> )                                                                                                                                             | 3,3 TL      | 20 m <sup>3</sup> | 66 TL     |
| Demir (1 ton)                                                                                                                                                      | 4200 TL     | 2,5 ton           | 10.500 TL |
| <b>Toplam fiyat: 13.686 TL</b><br>(Toplam fiyatın;<br>1/50 oranı: 273 TL<br>1/25 oranı: 547 TL<br>1/20 oranı: 684 TL<br>1/15 oranı: 912 TL<br>1/5 oranı: 2.737 TL) |             |                   |           |

Değerlendirme formlarını dağıttınız ve sonuca göre birinci grubu belirleyip dersi bitiriniz. “Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.”

#### Aktivitede belirlenen malzemeler, fiyatları ve resimleri

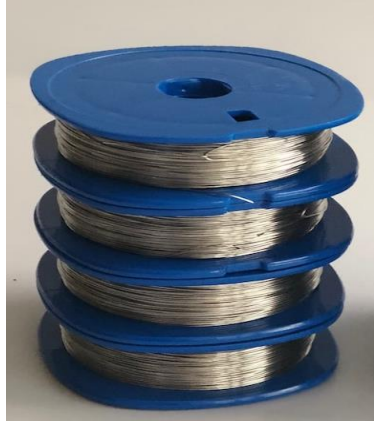
Aktivitede ortaya çıkarılacak ürünün ölçüleri ve malzeme miktarları aktivite esnasında öğrencilerin kullanacakları ölçeklendirme değerlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden malzeme miktarı olarak 3 katlı betonarme bir prototipin tamamının yapımında gerekli olan toplam malzeme miktarı ve masrafı her bir ölçeklendirme değerine göre hesaplanmalıdır. Bu aktivitede sadece en az (1/50 oranında ölçeklendirme) ne kadar malzemeye ve bütçeye ihtiyaç varsa o değerler yazılmıştır. Diğer ölçeklendirmeler sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme miktarları ve masrafları aşağıdaki bilgiler ışığında hesaplanabilir.

| <b>1/50 oranında ölçeklendirilmiş üç katlı prototip için gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için)</b> |                                  |                          |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Malzemeler</b>                                                                                                         | <b>Birim fiyat</b>               | <b>Kullanılan miktar</b> | <b>Total</b> |
| Çimento (1 kg)                                                                                                            | 0,56 TL                          | 0,624 kg                 | ~0,5 TL      |
| İnce Kum (1 kg)                                                                                                           | 1,2 TL                           | 4 kg                     | 5 TL         |
| Su (1 lt)                                                                                                                 | 2 TL                             | 0,16 lt                  | 0,5 TL       |
| Mdf / Sunta / Kontrplak (1cm <sup>2</sup> )                                                                               | 0,09 TL                          | 500 cm <sup>2</sup>      | 45 TL        |
| 0,5 mm çelik tel (1 metre)                                                                                                | 1 TL                             | 1 m                      | 1 TL         |
| 1 mm çelik tel (1 metre)                                                                                                  | 1,5 TL                           | 4 m                      | 6 TL         |
| Küçük testere                                                                                                             | 25 TL                            | 1                        | 25 TL        |
| Silikon tabanca                                                                                                           | 20 TL                            | 1                        | 20 TL        |
| Pense / kargaburun pense                                                                                                  | 20 TL                            | 1                        | 20 TL        |
| Spatula                                                                                                                   | 5 TL                             | 1                        | 5 TL         |
| Plastik kap                                                                                                               | 2 TL                             | 1                        | 2 TL         |
| Dereceli silindir                                                                                                         | Okuldan temin edilebilir         | 1                        | -            |
| Dijital hassas tartı                                                                                                      | Okuldan / evden temin edilebilir | 1                        | -            |
| Şerit metre                                                                                                               | 10 TL                            | 1                        | 10 TL        |
| Makas                                                                                                                     | 1 TL                             | 1                        | 1 TL         |
| Elektrik Bantı                                                                                                            | 3 TL                             | 1                        | 3 TL         |
| Bant                                                                                                                      | 1 TL                             | 1                        | 1 TL         |
| Cetvel                                                                                                                    | 1 TL                             | 1                        | 1 TL         |

|                      |      |         |       |
|----------------------|------|---------|-------|
| Çubuk makarna        | 5 TL | 2 paket | 10 TL |
| Toplam fiyat: 156 TL |      |         |       |



| Malzemeler ve Resimleri                       |                                                                                      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler                                    | Resimler                                                                             |
| Çimento (1 kg)                                |    |
| İnce Kum (1 kg)                               |   |
| Su (1 lt)                                     |                                                                                      |
| Mdf / Sunta /<br>Kotrplak (1cm <sup>2</sup> ) |  |

|                            |                                                                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,5 mm elik tel (1 metre) |    |
| 1 mm elik tel (1 metre)   |   |
| Küük testere              |  |

|                             |                                                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Silikon tabanca             |    |
| Pense / kargaburun<br>pense |   |
| Spatula                     |  |
| Plastik kap                 |  |

|                      |                                                                                       |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Dereceli silindir    |     |
| Dijital hassas tartı |    |
| Şerit metre          |  |
| Makas                |  |

|                 |                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Elektrik bantı  |   |
| Sarsıntı masası |  |
| Bant            |                                                                                     |
| Cetvel          |                                                                                     |
| Çubuk makarna   |                                                                                     |

## **B.1. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP Activity Lesson Plan**

### **STEM ETKİNLİK PLANI**

#### **Depreme Dayanıklı Ahşap Bina Tasarımı**

- 1. Sınıf :** 10, 11 ve 12
- 2. Süre :** 9 günde toplam 670 dakika (17 ders saati)
- 3. Eğitsel Malzeme, Teknoloji ve Medya**
  - **Akıllı Tahta:** Ders ile alakalı videoları göstermek için akıllı tahta kullanılacaktır.
  - **Beyaz tahta ve kalem:** Ders esnasında yapılan gerekli açıklamaları yazmak için beyaz tahta ve kalem kullanılacaktır.
  - **MEB Kitapları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Okul Bilgisayarları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Akıllı Telefon:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Laptop:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Çalışma Kâğıdı:** Öğrencilerin ders esnasında önemli noktaları not almaları, aktivite için yönlendirilmeleri ve dersten sonra konu ile ilgili alıştırma yapmaları için hazırlanmıştır.
  - **Ürün Değerlendirme Formu:** Grupların tasarımlarını değerlendirmek için öğrenciler ile birlikte hazırlanması beklenmektedir.
  - **Araç ve Gereçler:** Kullanılacak malzemelerin öğrenciler tarafından karar verilip, belirlenmesi beklenmektedir.
- 4. Taslak ve zamanlama**
  - Problemi tanımlama (20 dk)
    - Problemi belirleme (5 dk)
    - Probleme yönelik ihtiyaçlar belirleme (5 dk)
    - Kriterleri ve sınırlamaları belirleme (10 dk)
  - Bilgi Toplama (275 dk)
    - Araştırma sorularını belirleme (20 dk)

- Araştırma yapma (70 dk)
- Araştırma sorularını cevaplandırma (60 dk)
- Disiplinleri ve disiplinlere ait kazanımları belirleme (30 dk)
- Değişkenleri bulma (5 dk)
- Değişkenleri test etme (90 dk)
- Çözümler Üretme (90 dk)
  - Ölçeklendirme hesapları yapma ve değerlendirme kriterleri belirleme (40 dk)
  - Ürün değerlendirme formu oluşturma (20 dk)
  - Çözüme yönelik ürün planı yapma (30 dk)
- Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme (45 dk)
- Ürün Geliştirme (180 dk)
- Test Etme ve Yeniden Yapma (15 dk)
- Değerlendirme (45 dk)

## 5. Senaryo

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremde kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan’da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyedeki insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı ahşap binalar yapmak için gönüllü oluyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, deprem yönetmeliğinin bodrum katı dahil en fazla üç katlı ahşap binaların yapılmasına izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan’a depreme dayanıklı nasıl bir ahşap bina yaparsınız?



**Not: Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine arttırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal”**

uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

## 6. Ders İçeriği

### 1. GÜN

Öğretmen öğrencileri gruplara ayırır ve her öğrenciye “Çalışma Kâğıdı” verir. Dağıtılan kâğıdı tanıtır ve okumalarını ister. “*Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz*

*süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim.”*

## **6.1 Problemi Tanımlama**

Öğretmen çalışma kâğıdındaki senaryoyu okumalarını ve anladıklarını arkadaşlarıyla paylaşmalarını söyler ve bu esnada öğretmen öğrencileri gözlemler. *“Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.”*

### **6.1.1 Problemi belirleme (5 dk)**

Grup tartışmasından sonra öğrenciler senaryodan genel olarak neler anladıklarını sınıf içerisinde söyler. Öğretmen sorar: *“Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?”* Öğrencilerin cevapları alındıktan sonra senaryo detaylı incelenir. Senaryoda bulunan problem ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğretmen senaryodaki problemi öğrencilere sorar ve verilen cevapları ve öğrencilerin belirlediği problemi tahtaya yazar ve öğrencilerden çalışma kâğıdındaki “Problem nedir?” bölümüne yazmalarını ister. *“Arkadaşlar, senaryoda problem / sorun var mı? Problem nedir? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Problem; Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.”*

### **6.1.2 Probleme yönelik ihtiyacı belirleme (5 dk)**

Sonra öğretmen probleme yönelik ihtiyacı belirlemelerini ister ve belirledikleri ihtiyacı tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kâğıdındaki “İhtiyaç” bölümüne yazmalarını ister. *“Bu problemi çözmek için neye ihtiyaç var? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Erzincan ilindeki depremlere dayanabilecek ahşap binalar yapmaya ihtiyaç var.”*

### 6.1.3 Kriterleri ve sınırlamaları belirleme (10 dk)

Buraya kadar “Problem ve ihtiyaç” ana hatlarıyla belirlenmiştir. Fakat problem “Tam tanımlanmamış problem” olduğu için detaylı incelenmelidir. Bundan dolayı, öğretmen ve öğrenciler tartışarak / beyin fırtınası yaparak problemi detaylı incelemeli ve problemde belirtilen kriterleri ve sınırlamaları belirleyip aktivite kâğıdına not etmelidirler. Böylelikle problem tanımlanmış ve üründe istenilen detaylar belirlenmiş olur. Öğretmen 10 dakika süre verir ve grup içerisinde tartışarak sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını ister. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Grup arkadaşlarınızla soruları cevaplamanız için 10 dakikanız var. Sürenin sonunda bulduklarınızı beraber tartışacağız.”* Öğrenciler bulduklarını öğretmenle tartışır ve öğretmen gruplardan aldığı cevapları başlıklara ayırarak tahtaya yazar. Öğrencilerden, belirlenen kriterleri ve sınırlamaları, çalışma kâğıdındaki “Kriterler ve Sınırlamalar” bölümüne yazmalarını istenir. *“İstenilen kriterler ve sınırlamalar nelerdir?”* Öğrencilerden şu cevaplar alınana kadar öğretmen senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendirir: *“Kriterler: Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalar ahşap olmalıdır. Sınırlamalar: Deprem yönetmeliği, ahşap binaları bodrum katı dahil 3 kat ile sınırlandırmaktadır. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanılmamalıdır. Bunların yanında, Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların binalara sahip olabilmesi için kullanılan malzemelerin hem kaliteli hem de ekonomik olması gerekir.”* Öğretmen ekler *“Sizden bu kriterler ve sınırlamalar doğrultusunda gerçeğine en yakın depreme dayanıklı ahşap ev iskeleti (kaba inşaatı) yapmanızı istiyorum. Çatı, pencere, kapı gibi elemanları kullanmadan ve ince inşaatına girmeden ev yapacağınızı unutmayınız.”*

### 6.2 Bilgi Toplama

Öğretmen araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, mümkünse akıllı telefon ve tablet gibi

cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlar. Öğrenciler kendi başlarına araştırma yaparak gerekli bilgiye ulaşır. “*Problemi ve ihtiyacı belirlediğimize göre, şimdi araştırma yapma zamanı.*”

#### 6.2.1 Araştırma sorularını belirleme (20 dk)

Araştırma yapmadan önce neleri araştıracaklarına öğretmen ve öğrenciler birlikte karar verir. Öğretmen “*Sizce depreme dayanıklı ahşap bina yapmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?*” der ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını ister. Öğrenciler aşağıdaki araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder:

1. *Deprem nedir? Depremin büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?*
2. *Depreme dayanıklı ahşap binalarda olması gereken özellikler nelerdir?*  
*/ Bu binaların depreme dayanıklı olması için nasıl inşa edilmesi gerekir?*
3. *Depreme dayanıklı ahşap binalarının inşa aşamaları nelerdir?*
4. *Üç katlı ahşap binaların ölçüleri nelerdir? (Katlar arası yükseklik kaç metredir?, Katların yüzey alanları kaç  $m^2$ 'dir?, Katların zemin kalınlıkları kaç metredir?, Kolonların en, boy ve yükseklikleri kaçar metredir?...)*
5. *Depreme dayanıklı ahşap binaların kaba inşaatı esnasında hangi malzemeler kullanılır?*
6. *Ahşap üç katlı binaların kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri nelerdir?*

**NOT: Öğrenciler gerçek hayatta inşa edilebilecek binaları ölçeklendirerek prototip yapacakları için üç katlı binaların minimum boyutlarının referans alınması tavsiye edilir - her katında birer tane 1+1 dairelerin olduğu binalar - fakat öğretmen ya da öğrenciler isterse farklı ölçülerdeki daire tiplerini (2+1, 3+1... daireler) referans alarak araştırma yapabilirler.**

---

## 2. GÜN

---

### 6.2.2 Araştırma yapma (70 dk)

Öğretmen “Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit ediniz. Ayrıca, güvenilir sitelerden bilgi almak için, araştırma yaptığınız internet sitelerinin “edu” ve “gov” uzantılı olmasına dikkat ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” der.

### 6.2.3 Araştırma sorularını cevaplandırma (60 dk)

Öğrencilerin araştırmaları bittikten sonra, öğretmen sorar “Neler buldunuz?” Öğrenciler aşağıdaki bilgileri bulana kadar araştırma yapmaya teşvik edilir. Verilen süre yeterli olmazsa ek süre tanınabilir. Süreler dolduğunda hala yeterli bilgiye ulaşılmadıysa geri kalanını öğretmen öğrencilere sunar:

1. Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Depremin büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Depremin şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Depreme dayanıklı ahşap binalarda dikkat edilmesi gereken beş temel unsur vardır:
  - **Zemin:** Binalar sağlam zeminin üzerine yapılmalıdır.
  - **Simetriklik:** Taşıyıcı duvarlar simetrik ve düzenli yerleştirilmelidir.
  - **Taşıyıcı sistemler (Taşıyıcı Duvarlar ve Dikmeler / Direkler):** Kuvvet aktarımı olması için yük taşıyan dikey ve yatay elemanlar birbirine iyi bağlanmalıdır. Bunun için iskelete yerleştirilen dikmeler diyagonal

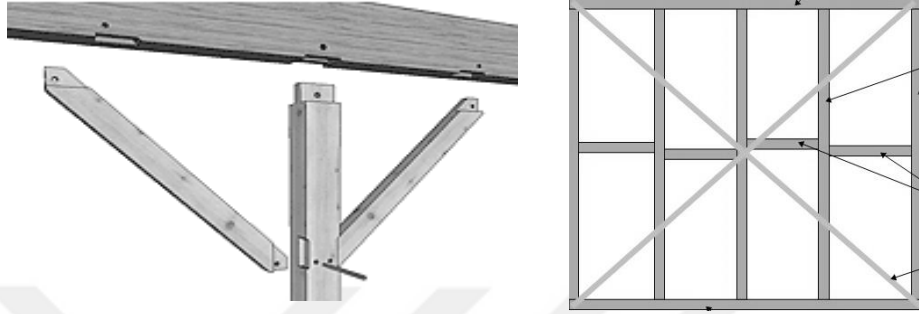
olarak üst yatay elemanlara bağlanarak sağlamlaştırılmalıdır. Ayrıca, dikmelerin yük altında eğilmesini veya bükülmesini önlemek için dikmeler arasına yatay kısa ahşap parçaları koyulmalıdır. Ayrıca, taşıyıcı duvarlar duvar boyunca birbirine çapraz bağlanmalıdır.

- **Kaliteli / nitelikli malzeme:** Kaliteli malzeme kullanılmalıdır.
- **Süneklik / esneklik:** Bina deprem esnasında salınım hareketi yaparak enerjiyi sönmümelidir. Ahşap binalarda sünekliği sağlamak için dikmeler taşıyıcı duvarlara geçmeli olarak bağlanmalı ve çivi ile pekiştirilmelidir. Geçmeli olmadığı durumlarda dikmeler çivili köşe takozları ile taşıyıcı duvarlara bağlanmalıdır.

3. Depreme dayanıklı ahşap binaların iskelet yapısının basit yapım aşamaları şu şekildedir:

- **Zemin:** Sağlam ve düz bir zemin oluşturulur. Bunun için binanın üzerine koyulacağı yer / zemin düzleştirilir. (Öğrencilerin zemin için düz bir yüzey kullanacaklarını düşünmeleri beklenir.)
- **Giriş kat / Birinci kat tabanı:** Öncelikle zemin üzerine ahşaplardan çerçeve oluşturulur. Çerçevenin iç kısmına yatay ve dikey olarak ahşap döşeyerek ızgaralar oluşturulur.
- **Taşıyıcı sistemler:** Taşıyıcı duvarları oluşturmak için dikmeler birinci katın tabanı için oluşturulan çerçevenin üzerine simetrik olacak şekilde ve belirlenen aralıklara göre dikilir. Dikmeler arasına yatay kısa ahşap parçaları koyulur. Binanın birinci katının tabanında yapıldığı gibi ahşap çerçeve yapılarak dikmelerin üst kısmına yerleştirilir (Böylelikle bir üst katın tabanı da oluşmuş olur.).

- **Taşıyıcı sistemlerin sağlamlaştırılması:** Her dikme köşelerinden diyagonal olacak şekilde üst çerçevelere ahşap parçalar ile desteklenir (payanda / eliböğünde / eğik destek kullanmak). Ayrıca taşıyıcı duvarlar duvar boyunca ahşaplarla birbirine çapraz bağlanır.



(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.)

Buraya kadar binanın bir katının iskelet yapısının nasıl yapılacağı öğrenilmiştir. Aynı işlemler takip edilerek diğer katların inşa edileceği bilinir. Öğretmen depreme dayanıklı ahşap binaların yapım aşamaları hakkında öğrencileri yetersiz gördüğü takdirde aşağıdaki linklerden videoları izletebilir.

(<https://www.youtube.com/watch?v=8yvCBPhnKdI> Ahşap Ev Yapımı, 3. Bölüm Zemin; <https://www.youtube.com/watch?v=h5ZLDOsChSA> Kalas Ev Yapımı / <https://www.youtube.com/watch?v=h5ZLDOsChSA> Ahşap Ev; <https://video.piri.net/resim/upload/video/2017/02/26/3efe85376e12432cafc95afc9cc790b9.mp4> Aşırı kolay yeni nesil ahşap ev yapımı; <https://www.youtube.com/watch?v=Wq16a1trlMM> Ahşap Ev Yapımı, Ana İskelet; <https://www.youtube.com/watch?v=ChAAmcBhzFE> How to Frame a House; <https://www.youtube.com/watch?v=qz1FCUN4A8w> Frame a Quality Shed in 5 hours - Side Hustle Ideas; <https://www.youtube.com/watch?v=1etXhJg2vqw&t=3s> Making earthquake proof wooden house 3:14-3:20 saniye)

4. Üç katlı ahşap bir binanın bir katının ölçüleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

| Binanın Bir Katının Ölçüleri    |                                                                                                  |        |           |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| Yapılan iş                      | Boyutlar                                                                                         |        |           |
|                                 | En                                                                                               | Boy    | Yükseklik |
| Kat Tabanları                   | 400 cm                                                                                           | 700 cm | 20 cm     |
| Dikme                           | 10 cm                                                                                            | 300 cm | 10 cm     |
| Dikme sayısı                    | 1,5 metrede (150 cm'de) bir adet dikme (Taban ızgaraları için de geçerlidir.)                    |        |           |
| Dikme eğik destekleri (payanda) | 20'şer cm boyunda olmaları idealdir                                                              |        |           |
| Dikmeler arası yatay ahşap      | 2,74 m yüksekliğe kadar tek bir sıra yatay ahşap döşenir. Daha uzun duvarlarda iki sıra döşenir. |        |           |
| Dairenin yüzey alanı            | 28 m <sup>2</sup> (1+1 dairenin sahip olabileceği minimum değer) = 280.000 cm <sup>2</sup>       |        |           |

Bu tablodaki ölçüler her katında sadece bir tane 1+1 daire olan bir binanın sahip olabileceği değerler göz önüne alınarak bir inşaat mühendisinin onayı ile belirlenmiştir. Öğretmen isterse bu tablodaki değerleri öğrencilere sunabilir ya da öğrencilerin araştırarak bulmasını isteyebilir. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit etmelidir. Ayrıca öğrenciler isterse 1+1 daire ölçüleri yerine farklı daire ölçüleri kullanabilir. Öğrencilerin tabloyu Excel programında yapmaları beklenir.

5. Ahşap binaların iskelet yapısı için kullanılan malzemeler:

- Kereste
- Ahşap dübel
- Çivi
- Köşe takozları

6. İnşaattan önce yapının ölçüleri göz önünde bulundurularak malzeme miktarı hesaplanır. Üç katlı ahşap binaların bir katının iskeleti için kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri şöyledir:

| <b>Üç Katlı Ahşap Binanın Bir Kat İskeleti İçin Kullanılan Malzeme Çeşitleri, Miktarları Ve Ölçüleri</b> |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                          | Kat Tabanı<br>(Çerçeve + ızgara)                                                                                                                                              | Taşıyıcı Duvar                                                                                                                 | Duvar Ara Bağlantıları                                                                                                                         | Dikme Eğik Destekleri<br>(Payandalar)                                                                                                                        |
| Kereste Çeşidi<br>(En x yükseklik)                                                                       | 5 x 20 cm                                                                                                                                                                     | 10 x 10 cm                                                                                                                     | 5 x 10 cm                                                                                                                                      | 5 x 10                                                                                                                                                       |
| Kereste Çeşidi<br>(Uzunluk)                                                                              | 4 metrelik ve 7 metrelik                                                                                                                                                      | 3 metrelik                                                                                                                     | 2 metrelik<br>(Kesileceği için farketmez)                                                                                                      | 6 metrelik<br>(Kesileceği için farketmez)                                                                                                                    |
| Kereste Miktarı<br>(cm <sup>3</sup> )                                                                    | 330. 000 cm <sup>3</sup><br>(Çerçeve için 2 adet 4 m uzunluğunda ve 2 adet 7 m uzunluğunda kereste)<br>(Izgara için 3 adet 4 m uzunluğunda ve 2 adet 7 m uzunluğunda kereste) | 420.000 cm <sup>3</sup><br>(Her 1,5 m'ye bir adet dikme olacağı için çerçeve ve dikmeler için 14 adet 3 m uzunluğunda kereste) | 200.000 cm <sup>3</sup><br>(Her duvarda iki sıra ara bağlantılar olacağı için taşıyıcı duvarlara 4 adet 7 m ve 4 adet 3 m uzunluğunda kereste) | 30.000 cm <sup>3</sup><br>(Her bir dikme için sağ ve sol olmak üzere 2 adet 20'şer cm destek gerekir.)<br>(Toplamda 14 dikme için 560 cm uzunlukta kereste.) |
| Toplam Kereste                                                                                           | 980.000 cm <sup>3</sup> = 0,98 m <sup>3</sup>                                                                                                                                 |                                                                                                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                              |

|                                                                                |                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Miktarı<br>(m <sup>3</sup> )                                                   | (Üç kat için 980.000 cm <sup>3</sup> x 3 = 2.940.000 cm <sup>3</sup> = 2,94 m <sup>3</sup> kereste)                   |
| Toplam<br>Bina<br>Hacim<br>(3 kat)                                             | 252.000.000 cm <sup>3</sup> = 252 m <sup>3</sup><br><br>(28 m <sup>2</sup> x 9 m = 252 m <sup>3</sup> )               |
| Toplam<br>Bina Kütle<br>(3 kat)<br>(Kereste<br>hacim x<br>kereste<br>yoğunluk) | 2,94 m <sup>3</sup> x 500 kg / m <sup>3</sup> = 1.470 kg<br><br>(d <sub>çam kereste</sub> = 500 kg / m <sup>3</sup> ) |

Bu tablodaki değerler bir önceki tablodaki ölçülere göre belirlenmiştir. Öğretmen isterse tabloyu öğrencilerine sunar ya da öğrencilerinin araştırıp bulmalarını ve bulduklarını Excel dosyasına yazmalarını ister. Öğrenciler kendileri bulacaksa öğretmen bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit eder.

---

### 3. GÜN

---

#### 6.2.4 Disiplinleri ve disiplinlere ait kazanımları belirleme (30 dk)

Araştırma soruları cevaplandırıldıktan sonra problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğrencilerin belirlediklerini öğretmen tahtaya, öğrenciler ise çalışma kağıdındaki “*Disiplinler*” ve “*Kazanımlar*” bölümüne yazar. Öğretmen sorar “*Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere*

*ihtiyacınız var?” Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerin “Dalga bilgisi için fizik; ölçüm ve hesaplama yapmak için matematik, binanın planı ve dizaynı için mühendislik; araştırma yapmak ve binayı tasarlamak için teknoloji; grup çalışması ve ürün çıkarma süreci için sosyal beceriler disiplinine ihtiyaç vardır.” demeleri beklenir. Öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Öğretmen bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik eder.*

Öğretmen sorar “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi konular / kazanımlar size yardımcı oldu?*” Bu aşamada öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demeleri beklenir. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabilecekleri hatırlatılır. Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için öğretmen referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik eder.

(Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları,

[https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143\\_STEM\\_KitapYk.pdf](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143_STEM_KitapYk.pdf); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3, M.5.2.3.1), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2, M.3) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları

birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerden beklenen kazanımlar şu şekildedir:

- “Depreme dayanıklı bina tasarlamak için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını, ayrıca deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını” söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- “Problemin çözümü için ahşap bina yapılması istenildiğinden bir mühendis gibi ahşap binalarının yapısal özelliklerini ve hangi aşamaları takip ederek yapıldıklarını bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını” söylemeleri beklenir. **(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**
- “Bir mühendis gibi kendi binalarını inşa edecekleri için inşaat mühendislerinin depreme dayanıklı ahşap binaları nasıl tasarladıklarını ve daha önceden yapılan depreme dayanıklı ahşap binaların nasıl yapıldıklarını incelemeye ihtiyaç duyduklarını ve incelemeler sonucunda öğrendikleri yapı özelliklerine göre tasarımlarını yapacaklarını” söylemeleri beklenir. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.)**
- “Gerçek bir depreme dayanıklı bina yapılacağı için bir binanın boyutlarının ölçüleri, malzemeleri ve malzeme miktarları bilinmeli bu yüzden inşaat mühendislerinin projelerindeki ölçüleri kullanmaları gerektiğinin ve gerçek ölçüleri uygulanabilir hale dönüştürmek için matematik kullanarak ölçeklendirilme yapmalarının ve uzunluk birimlerinde dönüşümler yaparak binayı tasarlamaları gerektiğinin” kanısına varmaları beklenir. **(M.5.2.3.1**

**Uzunluk ölçme birimlerini tanır.), (M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)**

- “Gerçeğine benzer prototip yapılacağı için kullanılan malzeme miktarları ve yapı ölçüleri gerçek bina ölçüleriyle orantılı olmalı ve bu değerler excel üzerinde toplanmalı ve değerlere göre prototipin planı yapılmalı” demeleri beklenir. **(T.1 Bilgiyi kaydetmek, yönetmek, ve ilişkilendirmek için dijital teknolojileri uygun bir şekilde kullanır.)**
- “Ürünü tasarlarken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme, içlerinde uygun olanını belirleme ve ürün geliştirebilme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**
- “Ürün tasarımı yaparken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve ürünün oluşması için üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

Öğretmen “Lütfen bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Disiplinler” ve “Kazanımlar” bölümlerine yazınız.” der.

Yoğun içerikten dolayı aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

#### 4. GÜN

---

##### 6.2.5 Değişkenleri bulma (5 dk)

Kazanımların belirlenmesinden sonra bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenler belirlenir ve öğretmen tarafından tahtaya yazılır. Öğretmen sorar “Problemin değişkenleri var mı?” Öğrenciler değişkenleri şu şekilde bulana kadar öğretmen rehberlik eder: “Problemdeki bağımlı değişken depreme dayanıklılık; bağımsız değişkenler binanın yüksekliği, binanın genişliği (Kat yüzey alanı), binanın şekli,

*simetrikliği, dikme sayısı, sarsıntının süresi, kullanılan malzemeler ve oranları; sabit değişkenler ise binanın kat sayısı ve sarsıntının büyüklüğüdür.” Öğretmen “Çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazınız.” der. Belirlenen değişkenlerin bir kısmının öğrenciler tarafından ürün geliştirme esnasında yaparak test edilmesi beklenir fakat bu aktivitede öğrenciler gerçek ahşap prototipi yapacakları için değişkenleri ürün üzerinde test etmeleri zor olacaktır. Bu sebepten ötürü, bazı değişkenler kitaptan ya da internetten bilgi alarak bazıları ise öğretmenin getirdiği alternatif malzemelerin kullanılması ile test edilir ve gözlemlenir. Belirlenen değişkenlerin binaların depreme dayanıklılığını nasıl etkilediği öğrencilerin gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır. Bağımsız değişkenlerden binanın yüksekliği, genişliği ve şekli öğretmenin daha önceden sınıfa getirdiği alternatif malzemeler ile oluşturabilecekleri prototip üzerinde test edilir. Değişkenlerin test edilmesi için gerekli alternatif malzemeler çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometredir. (İsteğe bağı olarak karton, mukavva, tahta çubuk... gibi farklı malzemeler kullanılabilir.)*

#### **6.2.6 Değişkenleri test etme (90 dk)**

Bu bölümde değişkenler öğrenciler tarafından çubuk makarnalarla yapılan prototipler ile test edilecektir. Öğretmen aktiviteye başlamadan önce yanında bir paket çubuk makarna, bant ve cetvel getirmelidir (çubuk makarna yerine başka seçenekler de kullanılabilir). Öğretmen “Şimdi değişkenlerin ürününüzdeki depreme dayanıklılığı nasıl etkilediğini test edeceksiniz. Bunun için sizlere çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometre (telefon) vereceğim. Makarnadan oluşturduğunuz prototipler sonucunda değişkenleri gözlemleyebileceksiniz. Değişkenleri çalışma kağıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu dolduracaksınız.” der. Öğretmen kendi örnek tablosunu gösterir ve öğrencilerden çalışma kağıtlarında bulunan tabloyu vakti geldiğinde doldurmasını ister.

|       | <b>Bağımlı<br/>Değişken</b>                                            | <b>Bağımsız<br/>Değişken</b>                                         | <b>Sabit<br/>Değişken</b>                                                                | <b>Yorumlarınız /<br/>Gözlemleriniz</b> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Binanın yüksekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> |                                         |
|       |                                                                        |                                                                      |                                                                                          |                                         |

Öğretmen devam eder “*Bağımsız değişkenleri test etmeye başlayalım. İlk olarak bina yüksekliğini inceleyelim. Bina yüksekliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?*” Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar “*Bina yüksekliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?*” Öğrencilerden “*Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı uzunlukta üç katlı prototipler oluşturulmalı*” cevabı beklenir. Öğretmen sorar “*Peki oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?*” Öğrencilerden “*Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.*” cevabı beklenir.

Gruplar eşit genişliğe ve aynı şekle sahip iki tane üç katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Bina yüksekliği arttıkça depreme dayanıklılık azalır.*” yönündedir. Öğretmen “*Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.*” der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

Sonra bina genişliğinin (Kat yüzey alanlarının) etkisi gözlemlenir. Öğretmen *“Bağımsız değişkenlerimizi test etmeye devam edelim. Bina genişliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?”* Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar *“Bina genişliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?”* Öğrencilerden *“Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı yüzey genişliğinde üç katlı prototipler oluşturulmalı”* cevabı beklenir. Öğretmen sorar *“Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?”* Öğrencilerden *“Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.”* cevabı beklenir. Gruplar eşit yüksekliğe ve aynı şekle sahip iki tane üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen *“Bina genişliği arttıkça depreme dayanıklılık artar.”* yönündedir. Öğretmen *“Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.”* der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

**NOT:** Bağımsız değişkenlerden bina şeklinin depreme dayanıklılığı test edilirken bir hususa dikkat edilmesi gerekir. Öğrenciler bina şekli olarak sayısız seçenekler sunabilir ve gerçek çıkarımlar yapabilmek için her şekle etki eden rüzgar kuvvetlerinin hesaplanması gerekir. Bu durum öğrencinin seviyesini aşacağından dolayı binanın şeklinin depreme dayanıklılığını test ederken bazı sınırlamalar getirilmelidir. Sınırlama şu şekilde olabilir: Her grup kendi ahşap binasını hangi iki farklı şekilde yapmayı planlıyorsa o şekilleri makarna prototipinde deneyip daha dayanıklı olan şekli asıl ahşap prototipinde uygulamalıdır. Böylelikle iki şekil arasından daha dayanıklı olan keşfedilmiş olur.

Daha sonra bina şeklinin etkisi gözlemlenir. Öğretmen “*Bina şekli depreme dayanıklılığı etkiler mi?*” Öğrencilerin tahminleri alındıktan sonra öğretmen sorar “*Bina şeklinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?*” Öğrencilerden “*Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı şekillere sahip (Üçgen, dörtgen, beşgen, daire, T şekli, V şekli, U şekli...) üç katlı prototipler oluşturulmalı*” cevabı beklenir. Öğretmen sorar “*Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?*” Öğrencilerden “*Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.*” cevabı beklenir. Gruplar eşit yüksekliğe ve eşit yüzey alanına sahip iki tane (Herhangi iki şekli kullanabilir) üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve öğretmenin sınıfa getirdiği sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.*” yönündedir. Öğretmen “*Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.*” der. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**

Öğretmen devam eder. “*Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve dikme sayısı deprem dayanıklılığını nasıl etkiler?*” Öğrenciler araştırmaları sonucu bazı teorik bilgilere ulaşabilecekleri için her değişkeni test etmek zorunda değildir. Öğrenciden bu değişkenlerin etkisini internetten araştırarak bulabileceğini söylemesi beklenir. Sonuç olarak, “*Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem dayanıklılığını arttırır; sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi de artar; simetrik cisimler daha çok dengede kalır; bina yeterli kolon ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar*” gibi çıkarımlar yapmaları beklenir. **(M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**

### 6.3 Çözümler Üretme

#### 6.3.1 Ölçeklendirme hesapları yapma ve değerlendirme kriterleri belirleme (40 dk)

Çözüm üretmeye geçmeden önce öğrencilerin binalarının nasıl değerlendirileceğine öğretmen ve öğrenciler beraber karar verir. Öğretmen “*Bildiğiniz üzere en az 7,9 büyüklüğündeki depreme dayanabilecek 3 katlı ahşap bina tasarlayacaksınız. Gerçek ölçülerine göre 3 katlı binaları yapmanız mümkün mü? Peki gerçeğini yapamıyorsak ne yapacağız?*” Öğrencilerin binanın maketini / prototipini yapacakları çıkarımına varmaları beklenir. Öğretmen devam eder “*Yapacağınız binalar kullanılan malzemeler, katlar arası mesafe, katların yüzey alanları ve binanın uzunluğu bakımından gerçeğini en çok yansıtan olmalı. Ne kadar gerçeğine benzerse o kadar yüksek puan alırsınız.*” Öğrenciler bu aşamada binaları gerçek binaların uzunluk değerlerine göre ölçeklendirecekleri çıkarımını yapmalıdır bunun için öğretmen aşağıdaki tabloyu göstererek rehberlik eder. Böylelikle öğrenciler yapacakları binanın her uzunluğunun ve malzemelerinin aynı oranda ölçeklendirileceğinin farkına varır. (M.5.2.3.1. Uzunluk ölçme birimlerini tanır.), (M.6.1.5.3. Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)

Öğretmen tablodaki her değeri vermez, örnek değer verdikten sonra öğrencilerin bulması için zaman tanır. Öğretmen sorar “*Mesela bir katın uzunluğu ortalama kaç metredir? Hemen az önce hazırladığımız tabloya bakıp bulalım. 3 metre. 1/50 oranında küçültsek bir kolonun yüksekliği 6 cm olur. Peki bir katın yüzey alanı ortalama ne kadar? Buna da hemen bakalım. 1+1 olan evlerin yüzey alanı 28 m<sup>2</sup> ise onu da aynı oranda küçülttüğümüzde 56 cm<sup>2</sup> olur. Gördüğünüz gibi her uzunlukta aynı küçültmeyi yaptık ki gerçeğine yakın olsun.*”

**Not: Bir katın uzunluğu ya da bir dairenin yüzey alanı değerleri ve diğer değerler “Bilgi Toplama” bölümünde oluşturulan tablodan alınır.**

Öğretmen “*Başka hangi oranlarda küçültme yapabiliriz belirleyelim. Hesaplamaları sizlerin yapmanızı istiyorum.*” der. Öğrencilerin ölçeklendirme değerlerini Excel programında tablolar yaparak yapmaları beklenir. Öğrenciler tablodaki ölçeklendirmelerden daha farklı değerler verebilir önemli olan öğretmenin ve öğrencilerin verilen ölçeklendirme değerlerine göre yapabilecekleri alt ve üst sınırları belirlemeleridir.

Bu tablodaki değerler sayesinde öğrenciler kullanmaları gereken malzeme miktarlarını ve yapacakları prototipin boyutlarını bilirler. Öğrenciler aşağıdaki tabloyu ürün ortaya çıkarmadan önce model planlamasını yaparken kullanır. Daha önce test ettiği bağımsız değişkenlerden çıkardıkları sonuçlara göre aşağıdaki ölçeklendirme oranlarından birini depreme dayanıklı ürün için uygun görürler ve prototipi o ölçülerde yapacağını planlarlar.

Aşağıdaki tabloya göre alt sınır 1/50 oranı üst sınır 1/5 oranı olarak belirlenmiştir.

Bu değerler öğrenciler ile öğretmenler arasında istenildiği gibi değiştirilebilir.

| <b>Gerçek Binaların Bir Kat Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                                |                                                 |                                               |                                                  |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                                                                                                           | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me          | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me           | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me         | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me            | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me              |
| Katların<br>Yüzey<br>Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> =<br>700 cm x<br>400 cm)                                                             | 112 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 8 cm x<br>14 cm) | 448 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 16 cm x<br>28 cm) | 700 cm <sup>2</sup><br><br>(20 cm x 35<br>cm) | 1244 cm <sup>2</sup><br><br>(~ 26 cm x<br>46 cm) | 11.200 cm <sup>2</sup><br><br>(80 cm x<br>140 cm) |

|                                                                                                                   |                     |                    |                    |                    |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Kat Tabanlarının Kalınlığı<br><br>(Kullanılan kerestenin kalınlığı kadar)<br><br>(20 cm)                          | 0,4 cm              | 0,8 cm             | 1 cm               | ~ 1,5 cm           | 4 cm                  |
| Kat Tabanları için Kullanılacak Kereste Miktarı<br><br>(330.000 cm <sup>3</sup> )                                 | ~ 3 cm <sup>3</sup> | 21 cm <sup>3</sup> | 41 cm <sup>3</sup> | 98 cm <sup>3</sup> | 2.640 cm <sup>3</sup> |
| Kat Tabanları için Kullanılacak Kerestenin Kısa Kenar için Boyutları<br>(en x yükseklik x boy<br>5 x 20 x 400 cm) | 0,1 x 0,4 x 8 cm    | 0,2 x 0,8 x 16 cm  | 0,25 x 1 x 20 cm   | 0,3 x 1,3 x 26 cm  | 1 x 4 x 80 cm         |
| Kat Tabanları için Kullanılacak Kerestenin                                                                        | 0,1 x 0,4x 14 cm    | 0,2 x 0,8 x 28 cm  | 0,25 x 1 x 35 cm   | 0,3 x 1,3 x 46 cm  | 1 x 4 x 140 cm        |

|                                                                                                  |                       |                     |                      |                     |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| Uzun Kenar için Boyutları<br>(en x yükseklik x boy<br>5 x 20 x 700 cm)                           |                       |                     |                      |                     |                        |
| Katlar Arası Mesafe<br><br>(Dikme uzunluğu kadar)<br>(300 cm)                                    | 6 cm                  | 12 cm               | 15 cm                | 20 cm               | 60 cm                  |
| Dikmeler için kullanılacak kerestenin En, Yükseklik ve Boy Uzunlukları<br><br>(10 x 10 x 300 cm) | 0,2 x 0,2 x 6 cm      | 0,4 x 0,4 x 12 cm   | 0,5 x 0,5 x 15 cm    | ~ 0,6 x 0,6 x 20 cm | 2 x 2 x 60 cm          |
| Dört Adet Taşıyıcı Duvar için Gerekli Kereste Miktarı<br>(420.000 cm <sup>3</sup> )              | ~ 3,5 cm <sup>3</sup> | ~27 cm <sup>3</sup> | 52,5 cm <sup>3</sup> | 125 cm <sup>3</sup> | 28.000 cm <sup>3</sup> |

|                                                                                        |                     |                                                                  |                    |                      |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Ara Bağlantı Keresteleri nin En, Yükseklik ve Boy Uzunlukları<br>(5 x 10 x 200 cm)     | 0,1 x 0,2 x 4 cm    | 0,2 x 0,4 x 8 cm                                                 | 0,25 x 0,5 x 10 cm | 0,3 x 0,6 x 13 cm    | 1 x 2 x 40 cm         |
| Ara Bağlantılar için Gerekli Kereste Miktarı<br>(200.000 cm <sup>3</sup> )             | ~ 2 cm <sup>3</sup> | ~ 13 cm <sup>3</sup><br>(Bir ara bağlantı 0,64 cm <sup>3</sup> ) | 25 cm <sup>3</sup> | ~ 60 cm <sup>3</sup> | 1.600 cm <sup>3</sup> |
| Dikmeler Arası Mesafe<br>(150 cm'de bir adet dikme)                                    | 3 cm                | 6 cm                                                             | 7,5 cm             | 10 cm                | 30 cm                 |
| Eğik Destekler (payanda) için Kullanılacak Kerestenin En, Yükseklik ve Boy Uzunlukları | 0,1 x 0,2 x 12 cm   | 0,2 x 0,4 x 24 cm                                                | 0,25 x 0,5 x 30 cm | 0,3 x 0,6 x 40 cm    | 1 x 2 x 120 cm        |

|                                                                              |                      |                     |                      |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| (5 x 10 x 600 cm)                                                            |                      |                     |                      |                     |                     |
| Eğik Destekler için Gerekli Kereste Miktarı<br><br>(30.000 cm <sup>3</sup> ) | 0,24 cm <sup>3</sup> | ~ 2 cm <sup>3</sup> | 3,75 cm <sup>3</sup> | ~ 9 cm <sup>3</sup> | 240 cm <sup>3</sup> |

**Not: Alan ölçeklendirmesi yaparken ölçeklendirme oranının karesini, hacim ölçeklendirmesi yaparken de ölçeklendirme oranının küpünü almayı unutmayınız.**

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerlerinin Toplamları</b> |                                   |                                   |                                   |                                   |                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                 | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendirme | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendirme | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendirme | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendirme | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendirme |
| 3 Katlı Bina İçin Gerekli Toplam Kereste Miktarı (2.940.000 cm <sup>3</sup> )                                                                   | ~ 24 cm <sup>3</sup>              | ~ 188 cm <sup>3</sup>             | ~ 368 cm <sup>3</sup>             | 871 cm <sup>3</sup>               | 23.520 cm <sup>3</sup>           |
| 3 Katlı Bina Toplam Kütlesi                                                                                                                     | ~ 12 g                            | ~ 94 g                            | ~184 g                            | ~436 g                            | ~11.760 g                        |

|                                                                       |                      |                       |                       |                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| ( $d_{\text{cam}}$<br>ahşap= 0,5<br>g/cm <sup>3</sup> )               |                      |                       |                       |                     |                        |
| 3 Katlı<br>Bina<br>Toplam<br>Hacim<br><br>(Kereste<br>hacmi<br>kadar) | ~ 24 cm <sup>3</sup> | ~ 188 cm <sup>3</sup> | ~ 368 cm <sup>3</sup> | 871 cm <sup>3</sup> | 23.520 cm <sup>3</sup> |

### 6.3.2 Ürün değerlendirme formu oluşturma (20 dk)

Ölçeklendirme anlaşıldıktan sonra değerlendirme kriterlerini belirlemeye devam edilir. Öğretmen sorar “*Değerlendirme kriterlerimizden birini ölçeklendirme olarak belirledik sizce binalarınızı başka hangi özelliklere göre değerlendirelim?*” Öğrencilerin “*7,9 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen, 7,9 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen ve ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.*” çıkarımını yapmaları beklenir. Ayrıca binanın ekonomik olması üzerinde durulur ve öğrenciler “*Ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.*” sonucuna ulaşana kadar öğretmen rehberlik etmelidir. Bu kriterler dışında başka kriterler de değerlendirmeye alınabilir. Öğretmen “*Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp katlarında kopmalar oluyorsa ya da sapsağlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım?*” Ya da ekonomik olduğunu nasıl belirleyelim?” der. Böylelikle aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturulana kadar öğretmen rehberlik eder.

| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                 |                                                      |                                                              |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                             |                                                      |                                                              |                                                              |
|                                                                                                                          | 1 puan                                               | 2 puan                                                       | 3 puan                                                       |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi? | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı          | 10 saniyeden daha az sürede katta kopmalar oldu              | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı  |
| Binanın boyutları ve malzeme miktarları gerçek bina değerlerine göre ölçeklendirildi mi?                                 | Hiçbir boyut ve malzeme miktarları ölçeklendirilmedi | Sadece boyut ya da sadece malzeme miktarları ölçeklendirildi | Her boyutta ve malzeme miktarlarında ölçeklendirilme yapıldı |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve gerçek binaların ölçeklendirme  | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının üstünde      | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarına eşit                  | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının altında              |

|                                                                                                                                                                                                                                          |         |         |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| fiyatlarıyla kıyaslanır)                                                                                                                                                                                                                 |         |         |             |
| 7,5 - 7,9<br>büyüklüğünde<br>(5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerde)<br>yıkılmayan binalar en fazla hangi büyüklükteki depreme dayandı?<br>(Ürünler arasında eşitlik varsa sarsıntı şiddeti arttırılarak eleme yapılır.) | 8,0-8,4 | 8,5-8,9 | 9,0 ve üstü |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                                                                                                                                       |         |         |             |

### 6.3.3 Çözüme yönelik ürün planı yapma (15 dk)

Öğretmen devam eder “Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, test ettiğiniz değişkenlere göre çözümler üreteceksiniz. Ürün malzeme miktarını ve ölçülerini belirlerken yukarıda hazırladığımız “Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri” başlıklı tabloyu kullanınız. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri

“Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Lütfen malzemelerin ekonomik olmasına dikkat ediniz. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz. Süreniz 45 dakika olacaktır.” der. (F.10.3.5.2 Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

---

## 6. GÜN

---

### 6.4 Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra gruplar çözümlerini açıklar, öğretmen tahtaya yazar. Öğretmen sorar “Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?” Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmaları beklenir:

- Bina 3 katlı olacak ve ahşaptan yapılacaktır
- 7,9 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek
- Bina sağlam ve düz bir zemine inşa edilecek
- Bina simetrik olacak
- İskelete yerleştirilen dikmeler diyagonal olarak üst yatay elemanlara bağlanarak sağlamlaştırılacak
- Dikmelerin yük altında eğilmesini veya bükülmesini önlemek için dikmeler arasına yatay kısa ahşap parçalar koyulacak
- Taşıyıcı duvarlar duvar boyunca birbirine çapraz bağlanacak
- Sünekliği sağlamak için dikmeler taşıyıcı duvarlara geçmeli olarak bağlanacak. Geçmeli olamadığı durumlarda dikmeler köşe elemanları ile taşıyıcı duvarlara çivilenecek (Çitaları çivilemek çitaları kıracağı için yapıştırılma işlemi yapılması tavsiye edilir)

- *Kaliteli ve ekonomik malzeme kullanılacak.*

**(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıkla.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıkla.)**

Öğrenciler bu aşamada sıkıntı yaşarlarsa öğretmen “Bilgi Toplama” bölümünde bulunanları hatırlatır. Öğretmen sorar “Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirtir. Öğretmen ve öğrenciler tartışarak fikirlerini sunarlar ve toplu alınan karar sonucunda en iyi görülen çözümler belirlenir. Her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır. Öğretmen en iyi görülen çözümleri tahtaya yazar ve öğrencilerden de yazmalarını ister “Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürünün Çiz” bölümüne çizin, sahip olduğu özellikleri “Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız. Öğretmen “Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” der. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

Öğrencilerden beklenen malzemeler şunlardır:

- Ölçeklendirme oranlarına göre tahtalar (ahşap çita, dil basma çubukları, dondurma çubukları, tahta çay karıştırıcıları...)
- Küçük testere
- Hızlı ahşap yapıştırıcısı (Çok ince olan çitalar çivi çakma esnasında çatlayacağı için çivi yerine ahşap yapıştırıcısı kullanılması tavsiye edilir.)
- Şerit metre

Öğrenciler bazı malzemeleri söylemediklerinde öğretmen rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlar.

Malzemelerin miktarları ve ölçüleri öğrencilerin kullandığı ölçeklendirme oranına göre değişeceği için hangi grup hangi oranda ölçeklendirme yaptı ise öğretmen o orandaki malzeme miktarını ve ölçülerini sınıfa getirir.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara verilir. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanılır.

---

## 7. GÜN

---

### 6.5 Ürün Geliştirme:

Öğretmen öğrencilerin öngördüğü malzemeleri sınıfa getirir. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapar.

**NOT: Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden (Küçük testere) sadece bir tane alınır ve öğretmen gözetiminde kullanılır.**

Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi prototiplerini yaparlar. Öğretmen öğrencilere rehberlik eder. Soruları varsa cevaplandırır. Öğretmen “*Artık ürün oluşturma zamanı. Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi bilgi toplama aşamasında belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz*” der. (M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.), (S.1. Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

İlk olarak öğrenciler ölçümlerini yapar ve malzemeleri ölçülerine göre ayarlar. Birinci katın tabanın çerçevesini ve ızgaralarını ölçülerine göre oluştururlar. Daha sonra yan duvarların dikmelerini zemine yapıştırırlar. Dikmelerin dik durması ve eğilmemesi için kat tavanını (ikinci katın tabanını) tabandaki ile aynı ızgaralı çerçeve ile kaplarlar. Depreme dayanıklı hale getirmek için dikmeler payandalar ile tavana tutturulur, dikmelerin arasında yatay keresteler koyulur ve taşıyıcı duvarlar çapraz

bağlarla sağlamlaştırılır. Böylelikle bir katın iskelet yapısı oluşturulmuş olur. Aynı sıra ile ikinci ve üçüncü katların iskelet yapıları oluşturulur. Hızlı yapıştırıcı hemen kurduğu için ürünü yaparken bekleme süresine ihtiyaç yoktur. Aynı gün içerisinde öğrenciler prototipi bitirebilirler. Prototipin yapıldığı günün sonunda, aktivitenin yapıldığı mekanı temiz bırakmak için mekanın zemini öğrenciler tarafından faraş ile süpürülmeli, masalar ise bez ile silinmelidir.

Öğrenciler, temizlik yaptıktan sonra aktiviteye ara verilmelidir.

---

## 8. GÜN

---

### 6.6 Test Etme ve Yeniden Yapma

Her grubun ürünü bittikten sonra öğretmenin getirdiği sarsıntı masasının üzerine ürünler oturtulur ve test işlemi yapılır. Öğretmen açıklama yapar “*Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız. Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.*”

Binanın depreme dayanıklılığını ölçmek için “**Google Science Journal**” uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanılır. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürün koyulur. Sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası 10 saniye sarsılır. “**Google Science Journal**” uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir.

Ürünler, 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılır) sarsılır.

---

## 9. GÜN

---

### 6.7 Değerlendirme

Bütün gruplar oluşturdukları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler. Öğretmen bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklar: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek.*

Öğretmen ortaya çıkan ürünün ekonomikliğini değerlendirmek için aşağıdaki malzemelerin birim fiyatlarının yazılı olduğu tabloyu öğrencilerine sunar. Tablodaki boş kısımlar öğrenciler tarafından doldurulur böylelikle her grubun yaptığı toplam harcamalar bulunur. Daha sonra, öğrencilerin toplam harcamaları aşağıda ikinci olarak verilen tablodaki gerçek bir ahşap bina maliyetinin ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır. Ölçeklendirme fiyatlarına yakın ve daha düşük harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmış kabul edilirken, ölçeklendirme fiyatlarının çok üstünde harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmamış kabul edilir. Öğretmen aşağıdaki iki tabloyu göstererek açıklama yapar *“Ürünlerinizin ekonomikliğini değerlendirmek için kullanılan malzemelerin birim fiyatlarını içeren bir tablo hazırladım. Sizler kullandığınız malzemelerin miktarlarını birim fiyatları ile çarparak ne kadar harcama yaptığınızı hesaplayacaksınız. Her grubun yaptığı hesaplama sonucunda ortaya çıkan toplam fiyatları gerçek bina fiyatlarının ölçeklendirmeleriyle kıyaslayacağız ve puanlamamızı ona göre yapacağız.”*

| Ürün Maliyet Formu            |             |                   |       |
|-------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                    | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total |
| Ahşap çita (cm <sup>3</sup> ) | 0,1 TL      |                   |       |
| Yapıştırıcı                   | 10 TL       |                   |       |
| Testere                       | 15 TL       |                   |       |
| Toplam fiyat:                 |             |                   |       |

Aşağıdaki tabloda 3 katlı ahşap bir bina için maliyet hesaplaması yapılmış ve toplam fiyat ölçeklendirilmiştir. Öğretmen ve öğrenciler bu tabloyu referans alarak öğrencilerin ürünlerinin ekonomikliğini değerlendirmelidir.

| 3 Katlı Bir Ahşap Binanın Maliyeti                                                                                                                         |             |                     |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|----------|
| Malzemeler                                                                                                                                                 | Birim fiyat | Kullanılan miktar   | Total    |
| Yerli Çam Kereste (m <sup>3</sup> )                                                                                                                        | 1000 TL     | 2,94 m <sup>3</sup> | 2.940 TL |
| Köşe Takozları (adet)                                                                                                                                      | 3 TL        | 1000 adet           | 3000 TL  |
| Çivi (100 adet)                                                                                                                                            | 40 TL       | 1000                | 400 TL   |
| Ahşap Dübel (100 Adet)                                                                                                                                     | 5 TL        | 500 adet            | 25 TL    |
| Toplam fiyat: 6.365 TL<br>(Toplam fiyatın;<br>1/50 oranı: 127 TL<br>1/25 oranı: 255 TL<br>1/20 oranı: 318 TL<br>1/15 oranı: 424 TL<br>1/5 oranı: 1.273 TL) |             |                     |          |

Öğretmen devam eder: “Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.” Ürünü tanıtan grup, diğer grupların ve öğretmenin soruları varsa cevaplar. Değerlendirme yapılır.

Öğretmen dersi bitirir.

#### 7. Aktivitede belirlenen malzemeler, fiyatları ve resimleri

Aktivitede ortaya çıkarılacak ürünün ölçüleri ve malzeme miktarları aktivite esnasında öğrencilerin kullanacakları ölçeklendirme değerlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden malzeme miktarı olarak üç katlı ahşap bir prototipin tamamının yapımında gerekli olan toplam malzeme miktarı ve masrafı her bir ölçeklendirme değerine göre hesaplanmalıdır. Bu aktivitede sadece en az (1/50

oranında ölçeklendirme) ne kadar malzemeye ve bütçeye ihtiyaç varsa o değerler yazılmıştır. Diğer ölçeklendirmeler sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme miktarları ve masrafları aşağıdaki bilgiler ışığında hesaplanabilir.

| <b>1/50 oranında ölçeklendirilmiş üç katlı prototip için gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için)</b> |                             |                          |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Malzemeler</b>                                                                                                         | <b>Birim fiyat</b>          | <b>Kullanılan miktar</b> | <b>Total</b> |
| Ahşap Çam Çıta                                                                                                            | 0,5 TL (1 cm <sup>3</sup> ) | 24 cm <sup>3</sup>       | 12 TL        |
| Küçük testere                                                                                                             | 25 TL                       | 1                        | 25 TL        |
| Ahşap yapıştırıcısı                                                                                                       | 10                          | 2                        | 20           |
| Şerit metre                                                                                                               | 10 TL                       | 1                        | 10 TL        |
| Makas                                                                                                                     | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Bant                                                                                                                      | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Cetvel                                                                                                                    | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Toplam fiyat: TL: 70 TL                                                                                                   |                             |                          |              |

| Malzemeler ve Resimleri |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler              | Resimler                                                                             |
| Ahşap Çam Çıta          |    |
| Küçük testere           |   |
| Ahşap yapıştırıcısı     |   |
| Şerit metre             |  |

|                 |                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Makas           |   |
| Sarsıntı masası |  |
| Bant            |                                                                                     |
| Cetvel          |                                                                                     |
| Çubuk makarna   |                                                                                     |

## 8. Kaynaklar

AFAD “27 ARALIK 1939 ERZİNCAN DEPREMİ” Erişim tarihi: 3 Ocak 2020

<https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=65>

Ahşap ev maliyetleri ve yapım teknikleri. Erişim tarihi: 1 Ekim 2020, [https://www.homify.com.tr/yeni\\_fikirler/5500396/ahsap-ev-maliyetleri-ve-yapim-teknikleri](https://www.homify.com.tr/yeni_fikirler/5500396/ahsap-ev-maliyetleri-ve-yapim-teknikleri)

Benjamin J., Bessant J.& Watts R. (1997). Making Groups Work: Rethinking Practice, Allen & Unwin, ISBN 1-86448-304-0.

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Erişim tarihi: 3 Ocak 2020 Temmuz 2020, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/xMercalli.htm>

English, L. D. (2016). Perspectives on Integration K12 Stem Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 3. doi:10.1186/s40594-016-0036-1.

Gökbayrak, S. & Karişan, D. (2017). Stem etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84.

How to build a 2100mm x 2400mm (7ft x 8 ft) Board-and-batten Shed. Erişim tarihi: 1 Ekim 2020, <https://www.buideazy.com/board-batten-shed/6/#Instructions>

İnşaat Kereste Fiyatları 2020 Listesi. Erişim tarihi: 10 Ekim 2020, <https://www.guncelfiyatlari.com/insaat-kereste-fiyatlari>

Kereste Fiyat. Erişim tarihi: 10 Ekim 2020, <https://urun.n11.com/ahsaplar/cam-ahsap-cita-silinmis-kereste-ve-her-boyutta-tahta-cam-cita-P439182282>

Kereste Yoğunluk. Erişim tarihi: 10 Ekim 2020, [http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/27abe7a7df24f39\\_ek.pdf?tipi=84&turu=X&sube=0](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/27abe7a7df24f39_ek.pdf?tipi=84&turu=X&sube=0)

Millî Eğitim Bakanlığı Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü (2019). Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı.

Partnership for 21st Century Skills. (2011). Framework for 21st century learning. Erişim tarihi: 12 Ocak 2020, <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>

Suncuoğlu, H. (2019) 5.8 Silivri Depremi. Erişim tarihi: 3 Ocak 2020, [http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019\\_1007\\_GTU\\_silivridepremi.pdf](http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019_1007_GTU_silivridepremi.pdf)

Türk, N. (2019). Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi) Gazi University.

Yeşilce, Y. & Demirdağ O. (2002). Deprem parametreleri deprem sempozyumu. Erişim tarihi: 13 Şubat 2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/Japan\\_Meteorological\\_Agency\\_seismic\\_intensity\\_scale#cite\\_note-12](https://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Meteorological_Agency_seismic_intensity_scale#cite_note-12)

## B.2. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP Activity Student Handout

### ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI

İsim – Soyisim:

Tarih:

Sınıf:

#### Depreme Dayanıklı Ahşap Bina Tasarımı

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan'da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı ahşap binalar yapmak için gönüllü oluyor. Siz bu firmada çalışan

bir inşaat mühendisi olsanız, deprem yönetmeliğinin bodrum katı dahil en fazla üç katlı ahşap binaların yapılmasına izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan’a depreme dayanıklı nasıl bir ahşap bina yaparsınız?



**Not:** Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine arttırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

1. Okuduğunuz senaryoda belirtilen problem nedir?

*Problem*.....  
.....  
.....

2. Problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?

*İhtiyaç*.....  
.....  
.....  
.....

3. İstenilen kriterler ve sınırlamalar / kısıtlamalar nelerdir?

*Kriterler*.....  
.....  
*Sınırlamalar /*  
*Kısıtlamalar*.....  
.....

4. Depreme dayanıklı ahşap bina yapabilmek için hangi bilgilere ihtiyaç vardır?

*Araştırma*

*Soruları.....*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Araştırdığınız soruların cevapları nelerdir?

*Bulduklarım.....*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

| Binanın Bir Katının Ölçüleri  |          |     |           |
|-------------------------------|----------|-----|-----------|
| Yapılan iş                    | Boyutlar |     |           |
|                               | En       | Boy | Yükseklik |
| Kat Tabanları                 |          |     |           |
| Dikme                         |          |     |           |
| Dikme sayısı                  |          |     |           |
| Dikme eğik destekleri boyları |          |     |           |
| Dikmeler arası yatay ahşap    |          |     |           |
| Dairenin yüzey alanı          |          |     |           |

| Üç Katlı Ahşap Bina Bir Kat İskeleti İçin Kullanılan Malzeme Çeşitleri, Miktarları Ve Ölçüleri |                                  |                |                        |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                | Kat Tabanı<br>(Çerçeve + ızgara) | Taşıyıcı Duvar | Duvar Ara Bağlantıları | Dikme Eğik Destekleri (Payandalar) |
| Kereste Çeşidi (En x yükseklik)                                                                |                                  |                |                        |                                    |
| Kereste Çeşidi (Uzunluk)                                                                       |                                  |                |                        |                                    |
| Kereste Miktarı (cm <sup>3</sup> )                                                             |                                  |                |                        |                                    |
| Toplam Kereste Miktarı (m <sup>3</sup> )                                                       |                                  |                |                        |                                    |
| Toplam Bina Hacim (3 kat)                                                                      |                                  |                |                        |                                    |



7. Problemin değişkenleri nelerdir?

*Bağımlı*

*Değişken*.....

*Bağımsız*

*Değişkenler*.....

*Sabit*

*Değişkenler*.....

|       | <b>Bağımlı<br/>Değişken</b> | <b>Bağımsız<br/>Değişken</b> | <b>Sabit<br/>Değişken</b>            | <b>Yorumlarınız<br/>/<br/>Gözlemleriniz</b> |
|-------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| Örnek | • Depreme dayanıklılık      | • Binanın yüksekliği         | • Kat sayısı<br>• Sarsıntı büyüklüğü |                                             |
|       |                             |                              |                                      |                                             |
|       |                             |                              |                                      |                                             |
|       |                             |                              |                                      |                                             |
|       |                             |                              |                                      |                                             |

8. Ölçeklendirme hesapları (Excell dosyasında yapınız)

| <b>Gerçek Binaların Bir Kat Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                           | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |

|                                                                                                                              |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Katların<br>Yüzey<br>Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> =<br>700 cm x<br>400 cm)                                                |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanların<br>ın<br>Kalınlığı<br><br>(Kullanıla<br>n<br>kerestenin<br>kalınlığı<br>kadar)<br>(20 cm)                  |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak Kereste<br>Miktarı<br><br>(330.000<br>cm <sup>3</sup> )                         |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak<br>Kerestenin<br>Kısa<br>Kenar için<br>Boyutları<br>(en x<br>yükseklik<br>x boy |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                 |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 5 x 20 x 400 cm)                                                                                                                                |  |  |  |  |  |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılacak<br>Kerestenin<br>Uzun<br>Kenar için<br>Boyutları<br>(en x<br>yükseklik<br>x boy<br>5 x 20 x<br>700 cm) |  |  |  |  |  |
| Katlar<br>Arası<br>Mesafe<br><br>(Dikme<br>uzunluğu<br>kadar)<br>(300 cm)                                                                       |  |  |  |  |  |
| Dikmelerin<br>En,<br>Yükseklik<br>ve Boy<br>Uzunlukları<br><br>(10 x 10 x<br>300 cm)                                                            |  |  |  |  |  |
| Dört Adet<br>Taşıyıcı<br>Duvar için<br>Gerekli                                                                                                  |  |  |  |  |  |

|                                                                                                 |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Kereste<br>Miktarı<br><br>(420.000<br>cm <sup>3</sup> )                                         |  |  |  |  |  |
| Ara<br>Bağlantıla<br>rın En,<br>Yükseklik<br>ve Boy<br>Uzunlukla<br>rı<br>(5 x 10 x<br>200 cm)  |  |  |  |  |  |
| Ara<br>Bağlantıla<br>r için<br>Gerekli<br>Kereste<br>Miktarı<br>(200.000<br>cm <sup>3</sup> )   |  |  |  |  |  |
| Eğik<br>Destekler<br>için En,<br>Yükseklik<br>ve Boy<br>Uzunlukla<br>rı<br>(5 x 10 x<br>600 cm) |  |  |  |  |  |
| Eğik<br>Destekler<br>için<br>Gerekli<br>Kereste<br>Miktarı<br>(30.000<br>cm <sup>3</sup> )      |  |  |  |  |  |





### B.3. Revised Earthquake Resistant Wooden Building Design STEM-EDP Activity Teacher Guide Sheet

#### STEM AKTİVİTESİ ÖĞRETMEN REHBER KAĞIDI

Sınıf: 10, 11 ve 12

Tarih:

Ders: Fizik

Süre: 17 ders saati

#### Depreme Dayanıklı Ahşap Bina Tasarımı

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların yapımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması Erzincan'da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların sahip olabileceği depreme dayanıklı ahşap binalar yapmak için gönüllü oluyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, deprem yönetmeliğinin bodrum katı dahil en fazla üç

katlı ahşap binaların yapılmasına izin verdiğini dikkate alarak ve herhangi bir sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmayarak Erzincan'a depreme dayanıklı nasıl bir ahşap bina yaparsınız?



**Not: Depreme dayanıklı yapı tasarımında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin yaptığı ürünler koyulacak ve sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine arttırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılıncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.**

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

## 1. GÜN

Öğrencileri her grupta en az üç öğrenci olacak şekilde gruplara ayırınız. Çalışma kağıdını her öğrenciye veriniz ve çalışma kağıdındaki senaryoyu okuyup anladıklarını grup arkadaşlarıyla tartışmalarını isteyiniz. *“Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim. Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.”* açıklamasını yapınız.

*“Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerin cevaplarını aldıktan sonra senaryoyu detaylı inceleyip senaryoda bulunan problem

ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğunu öğrencilere sorunuz ve verilen cevaplarını tahtaya yazınız. Öğrencilerden de cevapları çalışma kağıdındaki “Problem nedir?” ve “İhtiyaç” bölümlerine yazmalarını isteyiniz. *“Senaryodaki problem nedir ve bu problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?”* sorusunu sorunuz.

**Problem:** Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.

**İhtiyaç:** Erzincan ilinde görülen depremlere dayanabilecek ahşap binalar yapmak  
Öğrenciler cevapları verene kadar rehberlik ediniz.

Problemi tanımlanmak ve üründe istenilen detayları belirlenmek için 10 dakika süre veriniz ve öğrencilerden sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını, bulduklarını “Kriterler ve Sınırlamalar / Kısıtlamalar” bölümüne yazmalarını isteyiniz ve siz de tahtaya yazınız. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Grup arkadaşlarınızla soruları cevaplamanız için 10 dakikanız var. Sürenin sonunda bulduklarınızı beraber tartışacağız.”* açıklamasını yapınız. *“İstenilen kriterler ve sınırlamalar nelerdir?”* sorusunu sorunuz.

**Kriterler:** Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalar ahşap olmalıdır.

**Sınırlamalar:** Deprem yönetmeliği, ahşap binaları bodrum katı dahil 3 kat ile sınırlandırmaktadır. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanılmamalıdır. Bunların yanında, Erzincan’da yaşayan her türlü ekonomik seviyeye sahip insanların binalara sahip olabilmesi için kullanılan malzemelerin hem kaliteli hem de ekonomik olması gerekir.

Öğrencilerden cevaplar alana kadar senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendiriniz.

Kriterler ve sınırlamalar doğrultusunda gerçeğine en yakın depreme dayanıklı ahşap ev iskeleti (kaba inşaatı) yapılmasını istediğinizi, çatı, pencere, kapı gibi elemanları kullanmadan ve ince inşaaata girmeden ev yapılmasını beklediğinizi öğrencilere hatırlatınız.

Araştırma yapmadan önce öğrencilerin neleri araştıracaklarına öğrencilerle birlikte karar veriniz. “Sizce depreme dayanıklı ahşap bina yapmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?” sorusunu sorunuz ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazınız ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

### **Araştırma Soruları:**

1. Deprem nedir? Depremın büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?
2. Depreme dayanıklı ahşap binalarda olması gereken özellikler nelerdir? / Bu binaların depreme dayanıklı olması için nasıl inşa edilmesi gerekir?
3. Depreme dayanıklı ahşap binalarının inşa aşamaları nelerdir?
4. Üç katlı ahşap binaların ölçüleri nelerdir? (Katlar arası yükseklik kaç metredir?, Katların yüzey alanları kaç m<sup>2</sup>'dir?, Katların zemin kalınlıkları kaç metredir?, Dikmelerin en, boy ve yükseklikleri kaçar metredir?...)
5. Depreme dayanıklı ahşap binaların kaba inşaatı esnasında hangi malzemeler kullanılır?
6. Ahşap üç katlı binaların kaba inşaatında kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri nelerdir?

Araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar rehberlik ediniz.

---

## **2. GÜN**

---

Araştırma sorularını belirledikten sonra araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, akıllı telefon ve tablet gibi cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlayınız.

*“Şimdi araştırma yapma zamanı. Problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapacaksınız. Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit ediniz. Ayrıca, güvenilir sitelerden bilgi almak için, araştırma yaptığınız internet sitelerinin “edu” ve “gov” uzantılı olmasına dikkat ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız.*

Araştırma için verilen süre yeterli olmazsa ek süre veriniz. Ek süreye rağmen öğrenciler yeterli bilgiye ulaşamazlarsa eksik bilgiyi öğrenciye sununuz.

Öğrencilere neler bulduklarını sorunuz ve araştırma sorularının cevaplarına ulaşınız.

### **Bulunanlar:**

1. Yerküre’nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem büyüklüğü 1’den 9’a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Depreme dayanıklı ahşap binalarda dikkat edilmesi gereken beş temel unsur vardır:

**Zemin:** Binalar sağlam zeminin üzerine yapılmalıdır.

**Simetriklik:** Taşıyıcı duvarlar simetrik ve düzenli yerleştirilmelidir.

**Taşıyıcı sistemler (Taşıyıcı Duvarlar ve Dikmeler / Direkler):** Kuvvet aktarımı olması için yük taşıyan dikey ve yatay elemanlar birbirine iyi bağlanmalıdır. Bunun için iskelete yerleştirilen dikmeler diyagonal olarak üst yatay elemanlara bağlanarak sağlamlaştırılmalıdır. Ayrıca, dikmelerin yük altında eğilmesini veya bükülmesini önlemek için dikmeler arasına yatay kısa

ahşap parçaları koyulmalıdır. Ayrıca, taşıyıcı duvarlar duvar boyunca birbirine çapraz bağlanmalıdır.

**Kaliteli / nitelikli malzeme:** Kaliteli malzeme kullanılmalıdır.

**Süneklik / esneklik:** Bina deprem esnasında salınım hareketi yaparak enerjiyi sönmülemelidir. Ahşap binalarda sünekliği sağlamak için dikmeler taşıyıcı duvarlara geçmeli olarak bağlanmalı ve çivi ile pekiştirilmelidir. Geçmeli olamadığı durumlarda dikmeler çivili köşe takozları ile taşıyıcı duvarlara bağlanmalıdır.

3. Depreme dayanıklı ahşap binaların iskelet yapısının basit yapım aşamaları şu şekildedir:

**Zemin:** Sağlam ve düz bir zemin oluşturulur. Bunun için binanın üzerine koyulacağı yer / zemin düzleştirilir. (Öğrencilerin zemin için düz bir yüzey kullanacaklarını düşünmeleri beklenir.)

**Giriş kat / Birinci kat tabanı:** Öncelikle zemin üzerine ahşaplardan çerçeve oluşturulur. Çerçevenin iç kısmına yatay ve dikey olarak ahşap döşeyerek ızgaralar oluşturulur.

**Taşıyıcı sistemler:** Taşıyıcı duvarları oluşturmak için dikmeler birinci katın tabanı için oluşturulan çevçenin üzerine simetrik olacak şekilde ve belirlenen aralıklara göre dikilir. Dikmeler arasına yatay kısa ahşap parçaları koyulur. Binanın birinci katının tabanında yapıldığı gibi ahşap çerçeve yapılarak dikmelerin üst kısmına yerleştirilir (Böylelikle bir üst katın tabanı da oluşmuş olur.).

**Taşıyıcı sistemlerin sağlamlaştırılması:** Her dikme köşelerinden diyagonal olacak şekilde üst çerçevelere ahşap parçalar ile desteklenir (payanda / eliböğründe / eğik destek kullanmak). Ayrıca taşıyıcı duvarlar duvar boyunca ahşaplarla birbirine çapraz bağlanır.

4. Üç katlı ahşap bir binanın bir katının ölçüleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

| <b>Binanın Bir Katının Ölçüleri</b> |                                                                                                  |        |           |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| Yapılan iş                          | Boyutlar                                                                                         |        |           |
|                                     | En                                                                                               | Boy    | Yükseklik |
| Kat Tabanları                       | 400 cm                                                                                           | 700 cm | 20 cm     |
| Dikme                               | 10 cm                                                                                            | 300 cm | 10 cm     |
| Dikme sayısı                        | 1,5 metrede (150 cm’de) bir adet dikme (Taban ızgaraları için de geçerlidir.)                    |        |           |
| Dikme eğik destekleri               | 20’şer cm boyunda olmaları idealdir                                                              |        |           |
| Dikmeler arası yatay ahşap          | 2,74 m yüksekliğe kadar tek bir sıra yatay ahşap döşenir. Daha uzun duvarlarda iki sıra döşenir. |        |           |
| Dairenin yüzey alanı                | 28 m <sup>2</sup> (1+1 dairenin sahip olabileceği minimum değer)<br>= 280.000 cm <sup>2</sup>    |        |           |

5. Ahşap binaların iskelet yapısı için kullanılan malzemeler:

- Kereste
- Ahşap dübel
- Çivi
- Köşe takozları

6. İnşaattan önce yapının ölçüleri göz önünde bulundurularak malzeme miktarı hesaplanır. Üç katlı ahşap binaların bir katının iskeleti için kullanılan malzemelerin miktarları ve ölçüleri şöyledir:

| <b>Üç Katlı Ahşap Binanın Bir Kat İskeleti İçin Kullanılan Malzeme Çeşitleri, Miktarları Ve Ölçüleri</b> |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                          | Kat Tabanı<br>(Çerçeve + ızgara)                                                                                                                                                  | Taşıyıcı Duvar                                                                                                                 | Duvar Ara Bağlantıları                                                                                                                         | Dikme Eğik Destekleri<br>(Payandalar)                                                                                                                        |
| Kereste Çeşidi<br>(En x yükseklik)                                                                       | 5 x 20 cm                                                                                                                                                                         | 10 x 10 cm                                                                                                                     | 5 x 10 cm                                                                                                                                      | 5 x 10                                                                                                                                                       |
| Kereste Çeşidi<br>(Uzunluk)                                                                              | 4 metrelik ve 7 metrelik                                                                                                                                                          | 3 metrelik                                                                                                                     | 2 metrelik<br>(Kesileceği için farketmez)                                                                                                      | 6 metrelik<br>(Kesileceği için farketmez)                                                                                                                    |
| Kereste Miktarı (cm <sup>3</sup> )                                                                       | 330. 000 cm <sup>3</sup><br><br>(Çerçeve için 2 adet 4 m uzunluğunda ve 2 adet 7 m uzunluğunda kereste)<br>(Izgara için 3 adet 4 m uzunluğunda ve 2 adet 7 m uzunluğunda kereste) | 420.000 cm <sup>3</sup><br>(Her 1,5 m'ye bir adet dikme olacağı için çerçeve ve dikmeler için 14 adet 3 m uzunluğunda kereste) | 200.000 cm <sup>3</sup><br>(Her duvarda iki sıra ara bağlantılar olacağı için taşıyıcı duvarlara 4 adet 7 m ve 4 adet 3 m uzunluğunda kereste) | 30.000 cm <sup>3</sup><br>(Her bir dikme için sağ ve sol olmak üzere 2 adet 20'şer cm destek gerekir.)<br>(Toplamda 14 dikme için 560 cm uzunlukta kereste.) |
| Toplam Kereste Miktarı (m <sup>3</sup> )                                                                 | 980.000 cm <sup>3</sup> = 0,98 m <sup>3</sup><br><br>(Üç kat için 980.000 cm <sup>3</sup> x 3 = 2.940.000 cm <sup>3</sup> = 2,94 m <sup>3</sup> kereste)                          |                                                                                                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                              |

|                                                         |        |                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toplam Bina Hacim (3 kat)                               |        | $252.000.000 \text{ cm}^3 = 252 \text{ m}^3$<br>$(28 \text{ m}^2 \times 9 \text{ m} = 252 \text{ m}^3)$                |
| Toplam Kütle (3 kat) (Kereste hacim x kereste yoğunluk) | Bina x | $2,94 \text{ m}^3 \times 500 \text{ kg / m}^3 = 1.470 \text{ kg}$<br>$(d_{\text{am kereste}} = 500 \text{ kg / m}^3)$ |

İsterseniz tabloyu öğrencilere sunabilir ya da öğrencilerin araştırıp bulmalarını ve bulduklarını Excel dosyasına yazmalarını isteyebilirsiniz. Öğrenciler kendileri bulacaksa bulunan değerleri bu tablo ile kıyaslayarak değerlerin doğruluğunu teyit ediniz.

### 3. GÜN

Problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç olduğunu belirlemek için “*Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere ihtiyacınız var?*” sorusunu sorunuz ve cevabı tahtaya yazınız. Öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “*Disiplinler*” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

#### **Disiplinler:**

1. Dalga bilgisi için fizik
2.  l m ve hesaplama yapmak için matematik
3. Binanın planı ve dizaynı için mühendislik
4. Araştırma yapmak ve binayı tasarlamak için teknoloji
5. Grup alışması ve ürün çıkarma süreci için sosyal beceriler disiplinleri

Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar rehberlik ediniz. Ayrıca öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik ediniz.

Öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi kazanımlar size yardımcı oldu?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demelerini bekleyiniz. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabilecekleri hatırlatınız. Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik ediniz.

(Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları, [https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143\\_STEM\\_KitapYk.pdf](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143_STEM_KitapYk.pdf); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3, M.5.2.3.1), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2, M.3) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar rehberlik ediniz ve bulunanları çalışma kağıdındaki “Kazanımlar” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

### **Kazanımlara yönelik öğrencilerden beklentiler:**

- Depreme dayanıklı bina tasarlamak için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını, ayrıca deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- Problemin çözümü için ahşap bina yapılması istenildiğinden bir mühendis gibi ahşap binaların yapısal özelliklerini ve hangi aşamaları takip ederek yapıldıklarını bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını söylemeleri beklenir. **(M.1 Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.), (M.2 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.)**
- Bir mühendis gibi kendi binalarını inşa edecekleri için inşaat mühendislerinin depreme dayanıklı ahşap binaları nasıl tasarladıklarını ve daha önceden yapılan depreme dayanıklı ahşap binaların nasıl yapıldıklarını incelemeye ihtiyaç duyduklarını ve incelemeler sonucunda öğrendikleri yapı özelliklerine göre tasarımlarını yapacaklarını söylemeleri beklenir. **(M.3 Yapısal özellikleri dikkate alarak bir tasarım yapar.)**
- Gerçek bir depreme dayanıklı bina yapılacağı için bir binanın boyutlarının ölçüleri, malzemeleri ve malzeme miktarları bilinmeli bu yüzden inşaat mühendislerinin projelerindeki ölçüleri kullanmaları gerektiğinin ve gerçek ölçüleri uygulanabilir hale dönüştürmek için matematik kullanarak ölçeklendirilme yapmalarının ve uzunluk birimlerinde dönüşümler yaparak binayı tasarlamaları gerektiğinin kanısına varmaları beklenir. **(M.5.2.3.1 Uzunluk ölçme birimlerini tanımlar.), (M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)**

- Gerçeğine benzer prototip yapılacağı için kullanılan malzeme miktarları ve yapı ölçüleri gerçek bina ölçüleriyle orantılı olmalı ve bu değerler excel üzerinde toplanmalı ve değerlere göre prototipin planı yapılmalı demeleri beklenir. **(T.1 Bilgiyi kaydetmek, yönetmek, ve ilişkilendirmek için dijital teknolojileri uygun bir şekilde kullanır.)**
- Ürünü tasarlarken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme, içlerinde uygun olanını belirleme ve ürün geliştirebilme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini söylemeleri beklenir. **(S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**
- Ürün tasarımı yaparken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve ürünün oluşması için üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini söylemeleri beklenir. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

---

#### 4. GÜN

---

Kazanımların belirlenmesinden sonra bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenler belirlemek için “*Problemin değişkenleri var mı?*” sorusunu sorunuz ve cevapları çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

**Bağımlı Değişken:** Depreme dayanıklılık

**Bağımsız Değişkenler:** Binanın yüksekliği, binanın genişliği (Kat yüzey alanı), binanın şekli, simetrikliği, dikme sayısı, sarsıntının süresi, kullanılan malzemeler ve oranları

**Sabit Değişkenler:** Binanın kat sayısı ve sarsıntının büyüklüğü  
Öğrenciler değişkenleri bulana kadar öğretmen rehberlik ediniz.

Belirlenen değişkenlerin bir kısmının öğrenciler tarafından ürün geliştirme esnasında yaparak test edilmesi beklenir fakat bu aktivitede öğrenciler gerçek ahşap prototipi yapacakları için değişkenleri ürün üzerinde test etmeleri zor olacaktır. Bu sebepten ötürü, bazı değişkenler kitaptan ya da internetten bilgi alarak bazıları ise öğretmenin getirdiği alternatif malzemelerin kullanılması ile test edilir ve gözlemlenir.

Belirlenen değişkenlerin binaların depreme dayanıklılığını nasıl etkilediği öğrencilerin gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır. Bağımsız değişkenlerden binanın yüksekliği, genişliği ve şekli öğretmenin daha önceden sınıfa getirdiği alternatif malzemeler ile oluşturabilecekleri prototip üzerinde test edilir. Deęiřkenlerin test edilmesi için gerekli alternatif malzemeler çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometredir. (İsteğe bağlı olarak karton, mukavva, tahta çubuk... gibi farklı malzemeler kullanılabilir.) Öğrencilerin çubuk makarnalar ile prototipler yaparak değişkenleri test etmelerini isteyiniz. Aktiviteye başlamadan önce yanınızda bir paket çubuk makarna, bant ve cetvel götürmeyi unutmayınız (Çubuk makarna yerine başka sečenekler de kullanabilirsiniz.). Deęiřkenleri test ederken çalışma kağıdında bulunan değişken tablosunu doldurmasını isteyiniz. *“şimdi değişkenlerin ürününüzün depreme dayanıklılığını nasıl etkilediğini test edeceksiniz. Bunun için sizlere çubuk makarna, bant, cetvel ve kronometre (telefon) vereceğim. Makarnadan oluşturduğunuz prototipler sonucunda değişkenleri gözlemleyebileceksiniz. Deęiřkenleri çalışma kağıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu dolduracaksınız.”* açıklamasını yapınız.

Bağımsız değişkenleri şu sıra ile test ettirebilirsiniz:

**Bina Yüksekliği:** *“Bina yüksekliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra *“Bina yüksekliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı uzunlukta üç katlı prototipler oluşturulmalı”* cevabını alınca *“Peki oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılığlarını nasıl kıyaslayacaksınız?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Olurşturulan prototipler eşit sarsıntı ile*

*sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.”* cevabı beklenir. Gruplar eşit genişliğe ve aynı şekle sahip iki tane üç katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini aşağıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen *“Bina yüksekliği arttıkça depreme dayanıklılık azalır.”* yönündedir. *“Sonucunuzu tabloya yazın lütfen.”* diyerek tabloyu doldurmaları gerektiğini hatırlatınız.

**Bina genişliği (Kat yüzey alanları):** *“Bina genişliği depreme dayanıklılığı nasıl etkiler?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra *“Bina genişliğinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı yüzey genişliğinde üç katlı prototipler oluşturulmalı”* cevabını aldıktan sonra *“Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?”* sorusunu sorunuz. Öğrencilerden *“Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.”* cevabını bekleyiniz. Gruplar eşit yüksekliğe ve aynı şekle sahip iki tane üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen *“Bina genişliği arttıkça depreme dayanıklılık artar.”* yönündedir.

**NOT:** Bağımsız değişkenlerden bina şeklinin depreme dayanıklılığı test edilirken bir hususa dikkat edilmesi gerekir. Öğrenciler bina şekli olarak sayısız seçenekler sunabilir ve gerçek çıkarımlar yapabilmek için her şekle etki eden rüzgar kuvvetlerinin hesaplanması gerekir. Bu durum öğrencinin seviyesini aşacağından dolayı binanın şeklinin depreme dayanıklılığını test ederken bazı sınırlamalar getirilmelidir. Sınırlama şu şekilde olabilir: Her grup kendi ahşap binasını hangi iki farklı şekilde yapmayı planlıyorsa o şekilleri makarna prototipinde deneyip daha dayanıklı olan şekli asıl ahşap prototipinde

**uygulanmalıdır. Böylelikle iki şekil arasından daha dayanıklı olan keşfedilmiş olur.**

**Bina şekli:** “*Bina şekli depreme dayanıklılığı etkiler mi?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin tahminlerini aldıktan sonra “*Bina şeklinin etkisini nasıl test edebilirsiniz?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “*Diğer tüm değişkenler sabit tutularak farklı şekillere sahip (Üçgen, dörtgen, beşgen, daire, T şekli, V şekli, U şekli...) üç katlı prototipler oluşturulmalı*” cevabı beklenir. “*Oluşturduğunuz prototiplerin depreme dayanıklılıklarını nasıl kıyaslayacaksınız?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerden “*Oluşturulan prototipler eşit sarsıntı ile sallanmalı. Aynı büyüklükteki sarsıntıya daha uzun süre dayanabilen depreme daha dayanıklıdır.*” cevabını bekleyiniz. Gruplar eşit yüksekliğe ve eşit yüzey alanına sahip iki tane (Herhangi iki şekli kullanabilir) üçer katlı makarna prototiplerini kendi istedikleri ölçülerde yapar ve sizin sınıfa götürdüğünüz sarsıntı masasında istedikleri büyüklükte sallar. Kronometre ile hangi prototipin daha uzun süre dayandığını ölçer ve gözlemlerini yukarıdaki tabloya yazar. Sonuç olarak öğrencilerden beklenen “*Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.*” yönündedir.

**Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve dikme sayısı:** “*Kullanılan malzemeler ve oranları, sarsıntının süresi, simetriklik ve dikme sayısı deprem dayanıklılığını nasıl etkiler?*” sorusunu sorunuz. Öğrenciler araştırmaları sonucu bazı teorik bilgilere ulaşabilecekleri için her değişkeni test etmek zorunda değildir. Öğrencilerin bu değişkenlerin etkisini internetten araştırarak bulabileceğini söylemesi bekleyiniz. Sonuç olarak, “*Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem dayanıklılığını arttırır; sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi de artar; simetrik cisimler daha çok dengede kalır; bina yeterli dikme ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar*” gibi çıkarımlar yapmalarını bekleyiniz.

|       | <b>Bağımlı Değişken</b>                                                | <b>Bağımsız Değişken</b>                                             | <b>Sabit Değişken</b>                                                                                                                                                                      | <b>Yorumlarınız / Gözlemleriniz</b>                   |
|-------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Binanın yüksekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>sarsıntı süresi)</p>      | Bina yüksekliği arttıkça depreme dayanıklılık azalır. |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina genişliği</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi)</p>     | Bina genişliği arttıkça depreme dayanıklılık artar    |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina şekli</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Sarsıntı süresi)</p> | Binanın şekli deprem dayanıklılığını etkiler.         |

|  |                                                                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |
|--|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kullanılan malzemeler ve oranları</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> <li><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi,)</li> </ul> | Nitelikli ve kaliteli malzeme kullanmak ve malzemelerin katların taşıyabileceği oranda olması deprem dayanıklılığını artırır |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sarsıntı süresi</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> <li><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli)</li> </ul>                       | Sarsıntı süresi artarsa depremin yıkıcı etkisi artar                                                                         |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Simetriklik</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kat sayısı</li> <li>Sarsıntı büyüklüğü</li> <li><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi)</li> </ul>  | Simetrik cisimler daha çok dengede kalır                                                                                     |

|  |                                                                          |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                |                                                                          |
|--|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikme sayısı</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kat sayısı</li> <li>• Sarsıntı büyüklüğü</li> </ul> <p><b>(Kontrol Değişkenler:</b><br/>Bina yüksekliği,<br/>Bina genişliği,<br/>Bina şekli,<br/>Sarsıntı süresi)</p> | Bina yeterli dikme ile desteklenirse binanın depreme dayanıklılığı artar |
|--|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

## 5. GÜN

Öğrenciler ile birlikte değerlendirme kriterlerinden biri olan ölçeklendirmeden bahsediniz ve gerçek yapıların ölçeklendirilmesini yapınız. “*Bildiğiniz üzere en az 7,9 büyüklüğündeki depreme dayanabilecek 3 katlı ahşap bina tasarlayacaksınız. Gerçek ölçülerine göre 3 katlı binaları yapmanız mümkün mü? Peki gerçeğini yapamıyorsak ne yapacağız?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin binanın maketini / prototipini yapacakları çıkarımına varmalarını bekleyiniz. “*Yapacağınız binalar kullanılan malzemeler, katlar arası mesafe, katların yüzey alanları ve binanın uzunluğu bakımından gerçeğini en çok yansıtan olmalı. Ne kadar gerçeğine benzerse o kadar yüksek puan alırsınız.*” açıklamasını yapınız. Öğrenciler bu aşamada binaları gerçek binaların uzunluk değerlerine göre ölçeklendirecekleri çıkarımını yapmalıdır bunun için aşağıdaki ölçeklendirme tablosunu tabloyu göstererek rehberlik ediniz. Böylelikle öğrenciler yapacakları binanın her uzunluğunun ve malzemelerinin aynı oranda ölçeklendirileceğinin farkına varır. Tablodaki her değeri vermeyiniz, örnek değer verdikten sonra öğrencilerin bulması için zaman tanıyınız. “*Mesela bir katın uzunluğu ortalama kaç metredir? Hemen az önce hazırladığımız tabloya bakıp bulalım. 3 metre. 1/50 oranında küçültsek bir dikmenin yüksekliği 6 cm olur. Peki*

*bir katın yüzey alanı ortalama ne kadar? Buna da hemen bakalım. 1+1 olan evlerin yüzey alanı 28 m<sup>2</sup> ise onu da aynı oranda küçülttüğümüzde 56 cm<sup>2</sup> olur. Gördüğünüz gibi her uzunlukta aynı küçültmeyi yaptık ki gerçeğine yakın olsun.” ölçeklendirme örneğini veriniz.*

**Not: Bir katın uzunluğu ya da minimum bir dairenin yüzey alanı değerleri ve diğer değerler “Bilgi Toplama” bölümünde oluşturulan tablodan alınız.**

*“Başka hangi oranlarda küçültme yapabiliriz belirleyelim. Hesaplamaları sizlerin yapmanızı istiyorum.”* diyerek ölçeklendirme değerlerini Excel programında tablolayarak yapmalarını ister. Öğrenciler tablodaki ölçeklendirmelerden daha farklı değerler verebilir önemli olan verilen ölçeklendirme değerlerine göre yapabilecekleri alt ve üst sınırları belirlenmesidir.

Bu tablodaki değerler sayesinde öğrenciler kullanmaları gereken malzeme miktarlarını ve yapacakları prototipin boyutlarını bilirler. Öğrenciler aşağıdaki tabloyu ürün ortaya çıkarmadan önce model planlamasını yaparken kullanır. Daha önce test ettiği bağımsız değişkenlerden çıkardıkları sonuçlara göre aşağıdaki ölçeklendirme oranlarından birini depreme dayanıklı ürün için uygun görürler ve prototipi o ölçülerde yapacağını planlar.

Aşağıdaki tabloya göre alt sınır 1/50 oranı üst sınır 1/5 oranı olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenildiği gibi değiştirilebilir.

| <b>Gerçek Ahşap Binaların Bir Kat Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri</b> |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                 | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |

|                                                                                                                 |                                            |                                             |                                           |                                              |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Katların<br>Yüzey<br>Alanı<br><br>(28 m <sup>2</sup> =<br>700 cm x<br>400 cm)                                   | 112 cm <sup>2</sup><br>(~ 8 cm x<br>14 cm) | 448 cm <sup>2</sup><br>(~ 21 cm x<br>21 cm) | 700 cm <sup>2</sup><br>(20 cm x 35<br>cm) | 1244 cm <sup>2</sup><br>(~ 26 cm x<br>46 cm) | 11.200 cm <sup>2</sup><br>(80 cm x<br>140 cm) |
| Kat<br>Tabanların<br>ın<br>Kalınlığı<br><br>(Kullanıla<br>n<br>kerestenin<br>kalınlığı<br>kadar)<br><br>(20 cm) | 0,4 cm                                     | 0,8 cm                                      | 1 cm                                      | ~ 1,5 cm                                     | 4 cm                                          |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılac<br>ak Kereste<br>Miktarı<br><br>(330.000<br>cm <sup>3</sup> )            | ~ 3 cm <sup>3</sup>                        | 21 cm <sup>3</sup>                          | 41 cm <sup>3</sup>                        | 98 cm <sup>3</sup>                           | 2.640 cm <sup>3</sup>                         |

|                                                                                                                                                 |                      |                      |                     |                      |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılacak<br>Kerestenin<br>Kısa<br>Kenar için<br>Boyutları<br>(en x<br>yükseklik<br>x boy<br>5 x 20 x<br>400 cm) | 0,1 x 0,4 x 8<br>cm  | 0,2 x 0,8 x<br>16 cm | 0,25 x 1 x<br>20 cm | 0,3 x 1,3 x<br>26 cm | 1 x 4 x 80<br>cm  |
| Kat<br>Tabanları<br>için<br>Kullanılacak<br>Kerestenin<br>Uzun<br>Kenar için<br>Boyutları<br>(en x<br>yükseklik<br>x boy<br>5 x 20 x<br>700 cm) | 0,1 x 0,4 x<br>14 cm | 0,2 x 0,8 x<br>28 cm | 0,25 x 1 x<br>35 cm | 0,3 x 1,3 x<br>46 cm | 1 x 4 x 140<br>cm |

|                                                                                         |                       |                     |                      |                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| Katlar Arası Mesafe<br><br>(Dikme uzunluğu kadar)<br>(300 cm)                           | 6 cm                  | 12 cm               | 15 cm                | 20 cm               | 60 cm                  |
| Dikmelerin En, Yükseklik ve Boy Uzunlukları<br><br>(10 x 10 x 300 cm)                   | 0,2 x 0,2 x 6 cm      | 0,4 x 0,4 x 12 cm   | 0,5 x 0,5 x 15 cm    | ~ 0,6 x 0,6 x 20 cm | 2 x 2 x 60 cm          |
| Dört Adet Taşıyıcı Duvar için Gerekli Kereste Miktarı<br><br>(420.000 cm <sup>3</sup> ) | ~ 3,5 cm <sup>3</sup> | ~27 cm <sup>3</sup> | 52,5 cm <sup>3</sup> | 125 cm <sup>3</sup> | 28.000 cm <sup>3</sup> |
| Ara Bağlantıların En,                                                                   | 0,1 x 0,2 x 4 cm      | 0,2 x 0,4 x 8 cm    | 0,25 x 0,5 x 10 cm   | 0,3 x 0,6 x 13 cm   | 1 x 2 x 40 cm          |

|                                                                                                    |                       |                       |                      |                       |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Yükseklik<br>ve Boy<br>Uzunlukla<br>rı<br><br>(5 x 10 x<br>200 cm)                                 |                       |                       |                      |                       |                       |
| Ara<br>Bağlantıla<br>r için<br>Gerekli<br>Kereste<br>Miktarı<br><br>(200.000<br>cm <sup>3</sup> )  | ~ 2 cm <sup>3</sup>   | ~ 13 cm <sup>3</sup>  | 25 cm <sup>3</sup>   | ~ 60 cm <sup>3</sup>  | 1.600 cm <sup>3</sup> |
| Eğik<br>Destekler<br>için En,<br>Yükseklik<br>ve Boy<br>Uzunlukla<br>rı<br><br>(5 x 10 x<br>20 cm) | 0,1 x 0,2 x<br>0,4 cm | 0,2 x 0,4 x<br>0,8 cm | 0,25 x 0,5 x<br>1 cm | 0,3 x 0,6 x<br>1,5 cm | 1 x 2 x 4 cm          |
| Eğik<br>Destekler<br>için                                                                          | 0,24 cm <sup>3</sup>  | ~ 2 cm <sup>3</sup>   | 3,75 cm <sup>3</sup> | ~ 9 cm <sup>3</sup>   | 240 cm <sup>3</sup>   |

|                                                                   |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Gerekli<br>Kereste<br>Miktarı<br><br>(30.000<br>cm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|

**Not: Alan ölçeklendirmesi yaparken ölçeklendirme oranının karesini, hacim ölçeklendirmesi yaparken de ölçeklendirme oranının küpünü almayı unutmayınız.**

| <b>Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerlerinin Toplamları</b> |                                       |                                       |                                       |                                       |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                 | 1/50<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/25<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/20<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/15<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me | 1/5<br>oranında<br>ölçeklendir<br>me |
| 3 Katlı<br>Bina İçin<br>Gerekli<br>Toplam<br>Kereste<br>Miktarı<br>(2.940.0<br>00 cm <sup>3</sup> )                                             | ~ 24 cm <sup>3</sup>                  | ~ 188 cm <sup>3</sup>                 | ~ 368 cm <sup>3</sup>                 | 871 cm <sup>3</sup>                   | 23.520 cm <sup>3</sup>               |
| 3 Katlı<br>Bina<br>Toplam<br>Kütlesi                                                                                                            | ~ 12 g                                | ~ 94 g                                | ~184 g                                | ~436 g                                | ~11.760 g                            |

|                                                                 |                      |                       |                       |                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| ( $d_{\text{cam}}$<br>ahşap= 0,5<br>g/cm <sup>3</sup> )         |                      |                       |                       |                     |                        |
| 3 Katlı<br>Bina<br>Toplam<br>Hacim<br>Kereste<br>hacmi<br>kadar | ~ 24 cm <sup>3</sup> | ~ 188 cm <sup>3</sup> | ~ 368 cm <sup>3</sup> | 871 cm <sup>3</sup> | 23.520 cm <sup>3</sup> |

## 6. GÜN

Ölçeklendirmeden sonra değerlendirme kriterlerini öğrencilerle beraber belirleyiniz. “Değerlendirme kriterlerimizden birini ölçeklendirme olarak belirledik sizce binalarınızı başka hangi özelliklere göre değerlendirelim?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “7,9 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen ve 7,9 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen yüksek puan almalı.” çıkarımını yapmaları bekleyiniz. Ayrıca binanın ekonomik olması üzerinde durunuz ve öğrenciler “Ekonomik malzeme ile yapılmış olan en yüksek puanı almalı.” sonucuna ulaşana kadar rehberlik ediniz. Bu kriterler dışında başka kriterleri de değerlendirmeye alabilirsiniz. “Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp katlarında kopmalar oluyorsa ya da sapsağlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım? Ya da ekonomik olduğunu nasıl belirleyelim?” sorusunu sorarak aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturunuz.

| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                  |                                                      |                                                              |                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                              |                                                      |                                                              |                                                              |
|                                                                                                                           | 1 puan                                               | 2 puan                                                       | 3 puan                                                       |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki (5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi? | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı          | 10 saniyeden daha az sürede katta kopmalar oldu              | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı  |
| Binanın boyutları ve malzeme miktarları gerçek bina değerlerine göre ölçeklendirildi mi?                                  | Hiçbir boyut ve malzeme miktarları ölçeklendirilmedi | Sadece boyut ya da sadece malzeme miktarları ölçeklendirildi | Her boyutta ve malzeme miktarlarında ölçeklendirilme yapıldı |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve gerçek binaların                 | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının üstünde      | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarına eşit                  | Toplam tutar ölçeklendirme fiyatlarının altında              |

|                                                                                                                                                                                                                              |         |         |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır)                                                                                                                                                                                       |         |         |             |
| 7,5 - 7,9 büyüklüğünde (5,3 m/s <sup>2</sup> - 5,8 m/s <sup>2</sup> ivmelerde) yıkılmayan binalar en fazla hangi büyüklükteki depreme dayandı? (Ürünler arasında eşitlik varsa sarsıntı şiddeti arttırılarak eleme yapılır.) | 8,0-8,4 | 8,5-8,9 | 9,0 ve üstü |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                                                                                                                           |         |         |             |

*“Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, test ettiğiniz değişkenlere göre çözümler üreteceksiniz. Ürün malzeme miktarını ve ölçülerini belirlerken yukarıda hazırladığımız “Gerçek Binaların Ölçülerinin, Binalarda Kullanılan Malzeme Miktarlarının ve Malzeme Ölçülerinin Ölçeklendirilmiş Değerleri” başlıklı tabloyu kullanınız. Planladığınız ürünün taslağını çalışma kâğıdındaki “Model Taslağını Çiz” bölümüne detaylandırmadan çizersiniz. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz*

malzemeleri “Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Lütfen malzemelerin ekonomik olmasına dikkat ediniz. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz. Süreniz 45 dakika olacaktır.” açıklamasını yaparak öğrencilerin çözümler bulmasına olanak sağlayınız.

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra grupların açıkladığı çözümleri tahtaya yazınız. “Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmalarını bekleyiniz:

- Bina 3 katlı olacak ve ahşaptan yapılacak
- 7,6 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek
- Bina sağlam ve düz bir zemine inşa edilecek
- Bina simetrik olacak
- İskelete yerleştirilen dikmeler diyagonal olarak üst yatay elemanlara bağlanarak sağlamlaştırılacak
- Dikmelerin yük altında eğilmesini veya bükülmesini önlemek için dikmeler arasına yatay kısa ahşap parçalar koyulacak
- Taşıyıcı duvarlar duvar boyunca birbirine çapraz bağlanacak
- Sünekliği sağlamak için dikmeler taşıyıcı duvarlara geçmeli olarak bağlanacak. Geçmeli olamadığı durumlarda dikmeler köşe elemanları ile taşıyıcı duvarlara çivilenecek (Çıtalari çivilemek çıtalari kıracağı için yapıştırılma işlemi yapılması tavsiye edilir)
- Kaliteli ve ekonomik malzeme kullanılacak..

Öğrenciler bu aşamada sıkıntı yaşarlarsa “Bilgi Toplama” bölümünde bulunanları hatırlatınız.

En iyi çözümü belirlemek için öğrencilere sorunuz “Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirttikten sonra öğrencilerle beraber tartışarak en olası görülen çözümleri belirleyiniz ve tahtaya yazınız, öğrencilerin de yazmalarını isteyiniz. “Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürününü Çiz” bölümüne çizin, sahip olduğu özellikleri

*“Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız. Bu aşamada her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır.*

*“Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” açıklamasını yaparak öğrencilerin ürünleri için belirledikleri malzemeleri öğreniniz.*

#### **Öğrencilerden beklenen malzemeler :**

- Ölçeklendirme oranlarına göre tahtalar (ahşap çita, dil basma çubukları, dondurma çubukları, tahta çay karıştırıcıları...)
- Küçük testere
- Hızlı ahşap yapıştırıcısı (Çok ince olan çitalar çivi çakma esnasında çatlayacağı için çivi yerine ahşap yapıştırıcısı kullanılması tavsiye edilir.)
- Şerit metre

Öğrenciler bazı malzemeleri söylemediklerinde rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlayınız. Malzemelerin miktarları ve ölçüleri öğrencilerin kullandığı ölçeklendirme oranına göre değişeceği için hangi grup hangi oranda ölçeklendirme yaptı ise o orandaki malzeme miktarını ve ölçülerini sınıfa getiriniz.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara veriniz. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanınız.

---

## 7. GÜN

---

Öğrencilerin öngördüğü malzemeleri sınıfa getiriniz. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapınız.

**NOT: Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden (Küçük testere) sadece bir tane alınır ve öğretmen gözetiminde kullanılır.**

Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi prototiplerini yaparlar. *“Artık ürün oluşturma zamanı. Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi bilgi toplama aşamasında belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz”* açıklamasını yapınız ve öğrenciler ürünlerini yaparken onlara rehberlik ediniz ve soruları varsa cevaplandırınız.

**Öğrencilerden beklenen ürün yapım aşamaları:**

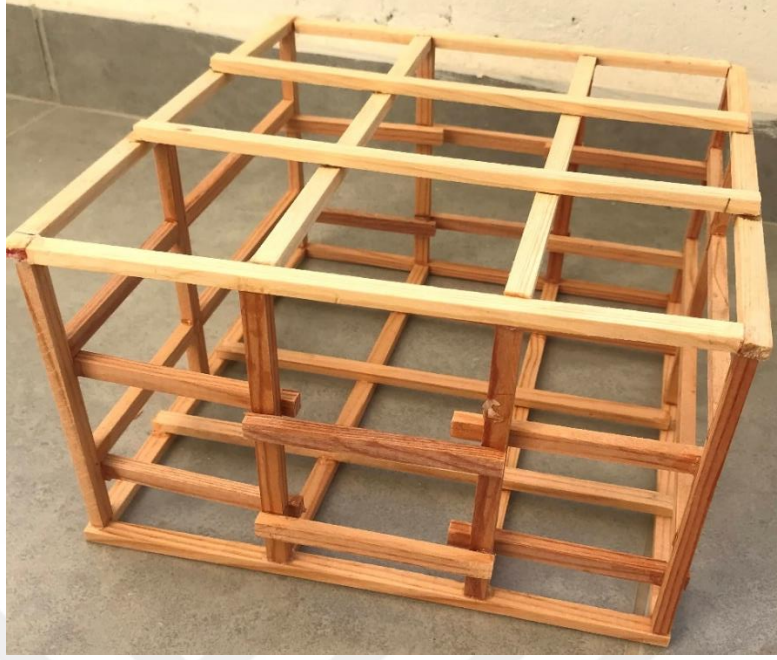
1. İlk olarak öğrenciler ölçümlerini yapar ve malzemeleri ölçülerine göre ayarlar. Birinci katın tabanın çerçevesini ve ızgaralarını ölçülerine göre oluştururlar.



2. Daha sonra yan duvarların dikmelerini zemine yapıştırırlar.



3. Dikmelerin dik durması ve eğilmemesi için kat tavanını (ikinci katın tabanını) tabandaki ile aynı ızgaralı çerçeve ile kaplarlar.



4. Bir katın iskelet yapısı oluşturulmuş olur. Aynı sıra ile ikinci ve üçüncü katların iskelet yapıları oluşturulur.



5. Depreme dayanıklı hale getirmek için dikmeler payandalar ile tavana tutturulur, dikmelerin arasında yatay keresteler koyulur ve taşıyıcı duvarlar çapraz bağlarla sağlamlaştırılır.



---

## 8. GÜN

---

Her grubun ürünü bittikten sonra sizin getirdiğiniz sarsıntı masasının üzerine ürünleri oturtunuz ve test işlemini yapınız. *“Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız. Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.”* açıklamasını yapınız.

Binanın depreme dayanıklılığını ölçmek için **“Google Science Journal”** uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanılır. Sarsıntı masasına ürün koyulur. Sarsıntı masasının üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefon yerleştirilir. Sarsıntı masası 10 saniye sarsılır. **“Google Science Journal”** uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Ürünler, 7,5 - 7,9 değerlerinden başlayarak ( $5,3 \text{ m/s}^2$  yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  değerine artırılır) sarsılır.

---

## 9. GÜN

---

Bütün gruplar oluşturdukları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler.

Bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklayınız: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek.”* açıklamasını yapınız.

Ortaya çıkan ürünün ekonomikliğini değerlendirmek için aşağıdaki malzemelerin birim fiyatlarının yazılı olduğu tabloyu öğrencilere sununuz. Tablodaki boş kısımlar öğrenciler tarafından doldurulur böylelikle her grubun yaptığı toplam harcamalar bulunur. Daha sonra, öğrencilerin toplam harcamaları aşağıda ikinci olarak verilen tablodaki gerçek bir ahşap bina maliyetinin ölçeklendirme fiyatlarıyla kıyaslanır. Ölçeklendirme fiyatlarına yakın ve daha düşük harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmış kabul edilirken, ölçeklendirme fiyatlarının çok üstünde harcama yapan gruplar ekonomik ürün çıkarmamış kabul edilir. Aşağıdaki iki tabloyu göstererek açıklama yapınız *“Ürünlerinizin ekonomikliğini değerlendirmek için kullanılan malzemelerin birim fiyatlarını içeren bir tablo hazırladım. Sizler kullandığınız malzemelerin miktarlarını birim fiyatları ile çarparak ne kadar harcama yaptığınızı hesaplayacaksınız. Her grubun yaptığı hesaplama sonucunda ortaya çıkan toplam fiyatları gerçek bina fiyatlarının ölçeklendirmeleriyle kıyaslayacağız ve puanlamamızı ona göre yapacağız.”*

| Ürün Maliyet Formu                           |             |                   |       |
|----------------------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                                   | Birim fiyat | Kullanılan miktar | Total |
| Mdf / Sunta / Kontraplak (1cm <sup>2</sup> ) | 0,09 TL     |                   |       |
| Ahşap çıta (cm <sup>3</sup> )                | 0,1 TL      |                   |       |
| Yapıştırıcı                                  | 10 TL       |                   |       |
| Toplam fiyat:                                |             |                   |       |

Aşağıdaki tabloda 3 katlı ahşap bir bina için maliyet hesaplaması yapılmış ve toplam fiyat ölçeklendirilmiştir. Bu tabloyu referans alarak öğrencilerin ürünlerinin ekonomikliğini değerlendiriniz.

| 3 Katlı Bir Ahşap Binanın Maliyeti                                                                                                                         |             |                     |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|----------|
| Malzemeler                                                                                                                                                 | Birim fiyat | Kullanılan miktar   | Total    |
| Yerli Çam Kereste (m <sup>3</sup> )                                                                                                                        | 1000 TL     | 2,94 m <sup>3</sup> | 2.940 TL |
| Köşe Takozları (adet)                                                                                                                                      | 3 TL        | 1000 adet           | 3000 TL  |
| Çivi (100 adet)                                                                                                                                            | 40 TL       | 1000                | 400 TL   |
| Ahşap Dübel (100 Adet)                                                                                                                                     | 5 TL        | 500 adet            | 25 TL    |
| Toplam fiyat: 6.365 TL<br>(Toplam fiyatın;<br>1/50 oranı: 127 TL<br>1/25 oranı: 255 TL<br>1/20 oranı: 318 TL<br>1/15 oranı: 424 TL<br>1/5 oranı: 1.273 TL) |             |                     |          |

Değerlendirme formlarını dağıttınız ve sonuca göre birinci grubu belirleyip dersi bitiriniz. *“Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.”*

#### **Aktivitede belirlenen malzemeler, fiyatları ve resimleri**

Aktivitede ortaya çıkarılacak ürünün ölçüleri ve malzeme miktarları aktivite esnasında öğrencilerin kullanacakları ölçeklendirme değerlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden malzeme miktarı olarak 3 katlı ahşap bir prototipin tamamının yapımında gerekli olan toplam malzeme miktarı ve masrafı her bir ölçeklendirme değerine göre hesaplanmalıdır. Bu aktivitede sadece en az (1/50 oranında ölçeklendirme) ne kadar malzemeye ve bütçeye ihtiyaç varsa o değerler

yazılmıştır. Diğer ölçeklendirmeler sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme miktarları ve masrafları aşağıdaki bilgiler ışığında hesaplanabilir.

| <b>1/50 oranında ölçeklendirilmiş üç katlı prototip için gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için)</b> |                             |                          |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Malzemeler</b>                                                                                                         | <b>Birim fiyat</b>          | <b>Kullanılan miktar</b> | <b>Total</b> |
| Ahşap Çam Çıta                                                                                                            | 0,5 TL (1 cm <sup>3</sup> ) | 24 cm <sup>3</sup>       | 12 TL        |
| Küçük testere                                                                                                             | 25 TL                       | 1                        | 15 TL        |
| Ahşap yapıştırıcısı                                                                                                       | 10 TL                       | 1                        | 10           |
| Şerit metre                                                                                                               | 10 TL                       | 1                        | 10 TL        |
| Makas                                                                                                                     | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Bant                                                                                                                      | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Cetvel                                                                                                                    | 1 TL                        | 1                        | 1 TL         |
| Çubuk makarna                                                                                                             | 5 TL                        | 1 paket                  | 5 TL         |
| Toplam fiyat: TL: 55                                                                                                      |                             |                          |              |

| Malzemeler ve Resimleri  |                                                                                      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler               | Resimler                                                                             |
| Ahşap Çam Çıta           |    |
| Mdf / Sunta / Kontraplak |   |
| Küçük testere            |  |

|                              |                                                                                      |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Ahşap yapıştırıcısı          |    |
| Şerit metre                  |    |
| Makas                        |   |
| Sarsıntı masası              |  |
| Bant , cetvel, çubuk makarna |                                                                                      |

## C.1. Revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake STEM-EDP Activity Lesson Plan

### STEM ETKİNLİK PLANI

#### Deprem Teknolojileri

1. **Sınıf :** 10, 11 ve 12
2. **Süre :** 7 günde toplam 460 dakika (12 ders saati)
3. **Eğitsel Malzeme, Teknoloji ve Medya**
  - **Akıllı Tahta:** Ders ile alakalı videoları göstermek için akıllı tahta kullanılacaktır.
  - **Beyaz tahta ve kalem:** Ders esnasında yapılan gerekli açıklamaları yazmak için beyaz tahta ve kalem kullanılacaktır.
  - **MEB Kitapları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Okul Bilgisayarları:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Akıllı Telefon:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Laptop:** Öğrencilerin araştırma yapması için kullanılacaktır.
  - **Çalışma Kâğıdı:** Öğrencilerin ders esnasında önemli noktaları not almaları, aktivite için yönlendirilmeleri ve dersten sonra konu ile ilgili alıştırmalar yapmaları için hazırlanmıştır.
  - **Ürün Değerlendirme Formu:** Grupların tasarımlarını değerlendirmek için öğrenciler ile birlikte hazırlanması beklenmektedir.
  - **Araç ve Gereçler:** Kullanılacak malzemelerin öğrenciler tarafından karar verilip, belirlenmesi beklenmektedir.
4. **Taslak ve zamanlama**
  - Problemi tanımlama (20 dk)
    - Problemi belirleme (5 dk)
    - Probleme yönelik ihtiyaçlar belirleme (5 dk)
    - Kriterleri ve sınırlamaları belirleme (10 dk)
  - Bilgi Toplama (170 dk)
    - Araştırma sorularını belirleme (20 dk)

- Araştırma yapma (60 dk)
- Araştırma sorularını cevaplandırma (60 dk)
- Disiplinleri ve disiplinlere ait kazanımları belirleme (30 dk)
- Çözümler Üretme (40 dk)
  - Değerlendirme kriterleri belirleme ve ürün değerlendirme formu oluşturma (25 dk)
  - Çözüme yönelik ürün planı yapma (15 dk)
- Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme (20 dk)
- Ürün Geliştirme (120 dk)
- Test Etme ve Yeniden Yapma (30 dk)
- Değerlendirme (60 dk)

## 5. Senaryo

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların olması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması deprem oluşma ihtimaline karşı, binalarda oluşan deprem sarsıntısını azaltacak teknolojik yöntemleri bu ilde yeni yapılacak binalara uygulamak için gönüllü oluyor. Ayrıca, inşaat firması uygulayacağı deprem teknolojilerini ekonomik malzemelerden seçmek istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, Erzincan'daki deprem esnasında binalarda oluşan sarsıntı miktarlarını azaltarak binaları depreme dayanıklı hale getirmek için deprem teknolojilerini binalara nasıl uygularsınız?



**Not: Öğrencilerden depreme dayanıklı ev inşa etmeleri istenilmediği, var olan evlere deprem teknolojilerinin uygulanacağı öğretmen tarafından vurgulanacaktır. Bina olarak aynı ölçülerdeki karton ayakkabı kutuları kullanılacak ve öğrenciler o kutulara deprem teknolojilerini uygulayacaktır. Bu aktivitede, en yaygın kullanılan taban izolasyonu, titreşim emiciler ve kütleli damper sistemi teknolojileri kullanılarak ürünler çıkarılacaktır. İsteğe bağlı olarak aktivitede kullanılan teknolojiler dışındaki teknolojiler de kullanılabilir.**

**Not: Deprem teknolojileri uygulamasında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer**

kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin deprem teknolojilerini uyguladığı ürünler (karton ayakkabı kutusu) koyulacaktır. Hem sarsıntı masasının üzerine hem de ürünlerin üzerine birer tane, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefonlar yerleştirilecektir. Sarsıntı masası matkabın oluşturacağı en küçük sarsıntı değerinden başlayarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  ivme değerine kadar sarsılacaktır (Sarsıntı miktarı her 10 saniyede düzenli olarak arttırılır). Öğrenciler, her iki telefondaki “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin kaç büyüklüğündeki depreme dayanıklı olduğunu ve deprem sarsıntısını ne kadar azalttığını test edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi ( $\text{m/s}^2$ ) |
|-------------------|-------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                       |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                 |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                    |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                     |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                     |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                     |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                     |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                     |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                     |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                     |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                     |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                     |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                     |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                     |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                   |

## 6. Ders İçeriği

### 1. GÜN

Öğretmen öğrencileri gruplara ayırır ve her öğrenciye “Çalışma Kâğıdı” verir. Dağıtılan kâğıdı tanıtır ve okumalarını ister. *“Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim.”*

#### 6.1 Problemi Tanımlama

Öğretmen çalışma kâğıdındaki senaryoyu okumalarını ve anladıklarını arkadaşlarıyla paylaşmalarını söyler ve bu esnada öğretmen öğrencileri gözlemler. *“Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.”*

##### 6.1.1 Problemi belirleme (5 dk)

Grup tartışmasından sonra öğrenciler senaryodan genel olarak neler anladıklarını sınıf içerisinde söyler. Öğretmen sorar: *“Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?”* Öğrencilerin cevapları alındıktan sonra senaryo detaylı incelenir. Senaryoda bulunan problem ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğretmen senaryodaki problemi öğrencilere sorar ve verilen cevapları ve öğrencilerin belirlediği problemi tahtaya yazar ve öğrencilerden çalışma kâğıdındaki “Problem nedir?” bölümüne yazmalarını ister. *“Arkadaşlar, senaryoda problem / sorun var mı? Problem nedir? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Problem; Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme*

*dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.”*

### **6.1.2 Probleme yönelik ihtiyacı belirleme (5 dk)**

Sonra öğretmen probleme yönelik ihtiyacı belirlemelerini ister ve belirledikleri ihtiyacı tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kâğıdındaki “İhtiyaç” bölümüne yazmalarını ister. *“Bu problemi çözmek için neye ihtiyaç var? Öğrenciler şu cevabı verene kadar öğretmen rehberlik eder: “Erzincan ilindeki binalara sarsıntıyı azaltacak deprem teknolojilerini uygulamaya ihtiyaç var.”*

### **6.1.3 Kriterleri ve sınırlamaları / kısıtlamaları belirleme (10 dk)**

Buraya kadar “Problem ve ihtiyaç” ana hatlarıyla belirlenmiştir. Fakat problem “Tam tanımlanmamış problem” olduğu için detaylı incelenmelidir. Bundan dolayı, öğretmen ve öğrenciler tartışarak / beyin fırtınası yaparak problemi detaylı incelemeli ve problemde belirtilen kriterleri ve sınırlamaları / kısıtlamaları belirleyip aktivite kâğıdına not etmelidirler. Böylelikle problem tanımlanmış ve üründe istenilen detaylar belirlenmiş olur. Öğretmen grup içerisinde tartışarak sınırlamaları ve kriterleri bulmalarını ister. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Bulduklarınızı beraber tartışacağız.”*

Öğrenciler bulduklarını öğretmenle tartışır ve öğretmen gruplardan aldığı cevapları başlıklara ayırarak tahtaya yazar. Öğrencilerden, belirlenen kriterleri ve sınırlamaları, çalışma kâğıdındaki “Kriterler ve Sınırlamalar” bölümüne yazmaları istenir. *“İstenilen kriterler ve sınırlamalar / kısıtlamalar nelerdir?” Öğrencilerden şu cevaplar alınana kadar öğretmen senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendirir: “Kriterler: Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalara etki eden deprem büyüklüğü azaltılmalıdır. Sınırlamalar / Kısıtlamalar: Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojileri kullanılmalıdır. Deprem teknolojileri ekonomik malzemeden yapılmalıdır.”*

## 6.2 Bilgi Toplama

Öğretmen araştırma yapımları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, mümkünse akıllı telefon ve tablet gibi cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlar. Öğrenciler kendi başlarına araştırma yaparak gerekli bilgiye ulaşır. *“Problemi ve ihtiyacı belirlediğimize göre, şimdi araştırma yapma zamanı. Problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapacaksınız.”*

### 6.2.1 Araştırma sorularını belirleme (30 dk)

Araştırma yapmadan önce nelerin araştırılacağına öğretmen ve öğrenciler birlikte karar verir. Öğretmen *“Sizce binalarda sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?”* der ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazar ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki *“Araştırma Soruları”* bölümüne yazmalarını ister. Öğrenciler aşağıdaki araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder:

1. Deprem nedir? Depremin büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?
2. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojileri nelerdir ve nasıl uygulanır?
3. Deprem teknolojileri hangi tür binalara uygulanır?

---

## 2. GÜN

---

### 6.2.2 Araştırma yapma (60 dk)

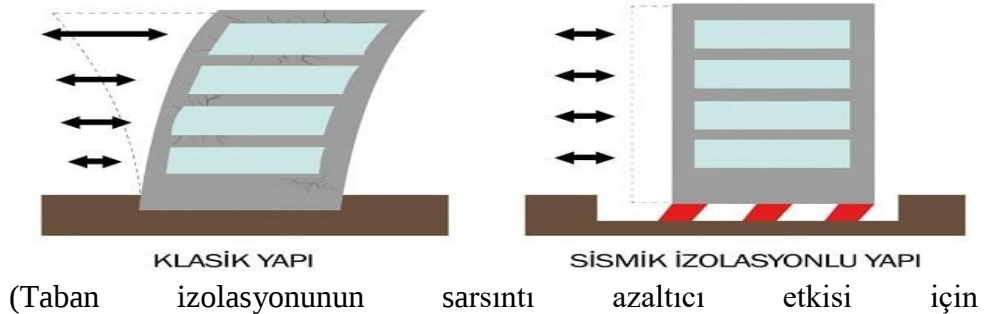
Öğretmen *“Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit ediniz. Güvenilir sitelerden bilgi almak için, araştırma yaptığınız internet sitelerinin “edu” ve “gov” uzantılı olmasına*

dikkat ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” der.

### 6.2.3 Araştırma sorularını cevaplandırma (60 dk)

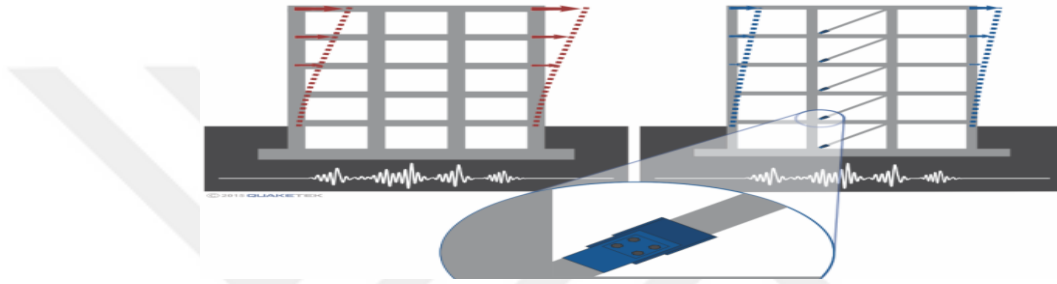
Öğrencilerin araştırmaları bittikten sonra, öğretmen sorar “Neler buldunuz?” Öğrenciler aşağıdaki bilgileri bulana kadar araştırma yapmaya teşvik edilir. Verilen süre yeterli olmazsa ek süre tanınabilir. Süreler dolduğunda hala yeterli bilgiye ulaşılmadıysa geri kalanını öğretmen öğrencilere sunar:

1. Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerinden bazıları şunlardır:
  - a) **Deprem İzolasyonu (Deprem yalıtımı / Sismik izolasyon / Taban izolasyonu):** Bina tabanına esnek elemanlar yerleştirilerek yapıyı zeminden ayırma / izole etme yöntemidir. Tabandaki esnek elemanlar yerden gelen deprem kuvvetlerini azaltarak yapıya iletir. Böylelikle yapıya etki eden sarsıntı miktarı azalır.



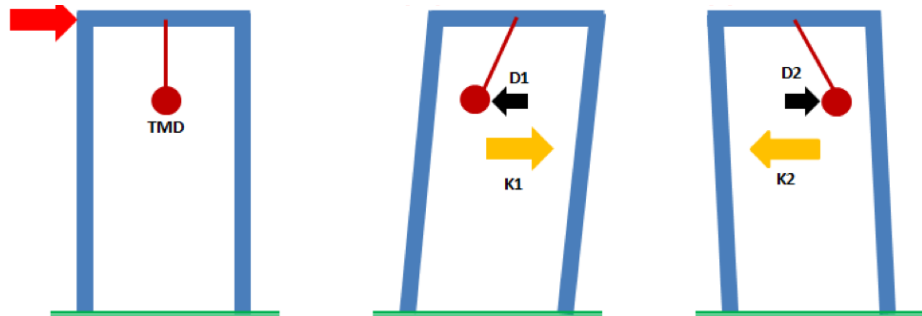
<https://www.youtube.com/watch?v=W7jsg60SI-Y> Base Isolation System – Resistoflex videosunu izletebilirsiniz.)

- b. **Titreşim Emiciler (Sismik Sönümleyici / Sismik Damper / Darbe Emici):** Titreşim emiciler silikon yağıyla doldurulmuş silindirlerdir. Bunlara damper denir. Binanın her katındaki kolon ve kirişlere yerleştirilir. Damperler, deprem enerjisini içindeki sıvıya ileterek ısı enerjisine dönüşmesini sağlayarak depremin enerjisini sönümler (Motorlu taşıtlardaki amortisörler gibi). Bir de sürtünmeli damperler vardır. Bu damperler sürtünme ile deprem enerjisini ısı enerjisine dönüştürürken binanın elastik hareket etmesini sağlar.



(Titreşim emicilerin sarsıntı azaltıcı etkisi için <https://www.youtube.com/watch?v=xp2pGxFzrzI> Dampers for earthquake protection videosunu, damperlerin çalışma mekanizması için [https://www.youtube.com/watch?v=UpfzMnoPE\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=UpfzMnoPE_c) Friction damper for vibration control videosunu izletebilirsiniz.)

- c. **Kütleli Damper Sistemi (Ayarlı Kütle Sönümleyici / Harmonik Soğurucu):** Yüksek katlı yapılarda tavana kütle (sarkaç) asılır ve bu kütle eylemsizlik prensibi gereği deprem kuvvetlerinin tersi yönünde hareket ederek deprem enerjisini dağıtır.



(Kütleli damper sisteminin sarsıntı azaltıcı etkisi için [https://www.youtube.com/watch?v=RSGwzSp\\_hAc](https://www.youtube.com/watch?v=RSGwzSp_hAc) videosunu izletebilirsiniz.)

3. *Kütleli damper sistemi genel olarak gökdelen gibi uzun binalarda kullanılırken, diğer teknolojiler her tür binada kullanılabilir.*

Havada Duran Temel, Yenilenebilir Deprem “Sigortaları” , Karbon-Fiber Sargı, Şekil Hafızalı Alaşımlar, Mukavva Tüpler, Çelik Çapraz Çerçeveler ve Diyaframlar, Çelik Levhalarla Güçlendirilmiş Perde Duvarlar gibi teknolojiler isteğe bağlı olarak detaylı incelenip uygulanabilir. Bu aktivitede, deprem izolasyonu, titreşim emiciler ve kütleli damper sistemleri hem diğer deprem teknolojilere göre daha yaygın kullanıldıkları hem de öğrencilerin uygulayabilecekleri düzeyde oldukları için daha detaylı incelenmiş ve ayakkabı kutularına uygulanmıştır. Öğretmen, öğrencilerin bu üç teknoloji hakkında daha detaylı araştırma yapmaları ve bu teknolojileri ayakkabı kutularına uygulamaları hakkında rehberlik eder.

Öğretmen deprem teknolojileri hakkında öğrencileri yetersiz gördüğü takdirde aşağıdaki linkleri kullanarak rehberlik eder.

([https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/30\\_deprem.pdf](https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/30_deprem.pdf) Depreme Dayanıklı Yapılara Yönelik Yeni Teknolojiler; <https://www.timeturk.com/tr/fotogaleri/bilim-ve-teknoloji/depremde-hayat-kurtaracak-teknolojiler/5> Depremde hayat kurtaracak teknolojiler; <https://www.youtube.com/watch?v=CDeHfxj2fA8> Deprem Sismik İzolatörü Olan Binaların Farkı; <https://www.youtube.com/watch?v=xp2pGxFzrzI> Dampers for earthquake protection)

Yoğun içerikten dolayı aktiviteye bir sonraki ders gününde devam edilir.

---

### 3. GÜN

---

#### 6.2.4 Disiplinleri ve disiplinlere ait kazanımları belirleme (30 dk)

Araştırma soruları cevaplandırıldıktan sonra problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç duyulduğu belirlenir. Öğrencilerin belirlediklerini öğretmen tahtaya, öğrenciler ise çalışma kağıdındaki “Disiplinler” ve “Kazanımlar” bölümüne yazar. Öğretmen sorar “*Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini bir yapıya uygulamak için nelere ihtiyacınız var?*” Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerin “*Dalga bilgisi için fizik; sarsıntının hangi miktarda azaldığını hesaplamak için matematik, sarsıntı azaltıcı sistemleri yapıya uygun yerleştirebilmek için mühendislik; araştırma yapmak için teknoloji; grup çalışması süreci için sosyal beceriler disiplinine ihtiyaç vardır.*” demeleri beklenir. Öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Öğretmen bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik eder.

Öğretmen sorar “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi konular / kazanımlar size yardımcı oldu?*” Bu aşamada öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demeleri beklenir. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabilecekleri hatırlatılır. Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için öğretmen referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik eder.

(Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları,

[https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143\\_STEM\\_KitapYk.pdf](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143_STEM_KitapYk.pdf); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3,), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar öğretmen rehberlik eder. Öğrencilerden beklenen kazanımlar şu şekildedir:

- *“Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini kullanarak binaları depreme dayanıklı hale getirmek için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını ve deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını”* söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- *“Problemin çözümü için sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini kullanarak binaların depreme dayanıklı hale getirilmesi istenildiğinden deprem teknolojilerini binalara mühendis gibi nasıl uygulamaları gerektiğini bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını”* söylemeleri beklenir. **(M.1 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.) (M2 Tasarım için öngördüğü düşünceleri tasarıma yansıtır.)**
- *“Sarsıntı azaltıcı sistemlerin binalar üzerindeki etkilerini incelemek için deprem esnasında binalarda hissedilen deprem büyüklüğünü hangi miktarda*

*azaltıklarını hesaplanmaları gerektiğini” söylemeleri beklenir. (M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)*

- *“Araştırma esnasında bulunan birçok deprem teknolojilerinden uygulanabilir olanları seçerek senaryodaki problemi çözmeleri gerektiğini” söylemeleri beklenir. (T.1 Mevcut teknolojileri seçme, kullanma ve sorun giderme yeteneklerini gösterir)*
- *“Sarsıntı azaltıcı sistemleri uygularken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme ve içlerinde uygun olanını belirleme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini” söylemeleri beklenir. (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)*
- *“Sarsıntı azaltıcı sistemleri uygularken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini” söylemeleri beklenir. (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)*

Öğretmen *“Lütfen bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Disiplinler” ve “Kazanımlar” bölümlerine yazınız.”*der.

---

## 4. GÜN

---

### 6.3 Çözümler Üretme

#### 6.3.1 Değerlendirme kriterleri belirleme ve ürün değerlendirme formu oluşturma (25 dk)

Değerlendirme kriterleri belirlenir. Öğretmen sorar *“Deprem teknolojileri kullanarak oluşturduğunuz yapıları hangi özelliklere göre değerlendirelim?”* Öğrencilerin *“7,9 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen, 7,9 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen, 7,9 büyüklüğündeki depremde*

*binalarda oluşan sarsıntıyı en çok azaltan en yüksek puanı almalı.” çıkarımını yapmaları beklenir. Bu kriterler dışında başka kriterler de değerlendirmeye alınabilir. Öğretmen “Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp yamulmalar oluyorsa ya da sapasağlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım?” Böylelikle aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturulana kadar ğretmen rehberlik eder.*



| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                                                                                       |                                             |                                              |                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                                                                                                   |                                             |                                              |                                                             |
| Teknoloji çeşidi:                                                                                                                                                                              |                                             |                                              |                                                             |
|                                                                                                                                                                                                | 1 puan                                      | 2 puan                                       | 3 puan                                                      |
| Binalarda oluşan sarsıntı ne kadar azaldı?                                                                                                                                                     | Deprem büyüklüğü bir değer düştü            | Deprem büyüklüğü 2 değer düştü               | Deprem büyüklüğü üç ve üstü değer düştü                     |
| 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerdeki) depremde binalarda oluşan sarsıntı ne kadar azaldı?                                                          | 7,0 - 7,4 büyüklüklerine kadar azaldı       | 6,5 - 6,9 büyüklüklerine kadar azaldı        | 6,0 ve daha az büyüklüklere kadar azaldı                    |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi?                                                                       | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı | 10 saniyeden daha az sürede bozulamalar oldu | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı |
| 7,5 - 7,9 büyüklüğünde ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerde) yıkılmayan binalar en fazla hangi büyüklükteki depreme dayandı? (Ürünler arasında eşitlik varsa sarsıntı şiddeti | 8,0-8,4                                     | 8,5-8,9                                      | 9,0 ve üstü                                                 |

|                                                                                                                                  |                                                 |                                             |                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| arttırılarak eleme yapılır.)                                                                                                     |                                                 |                                             |                                                 |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve gruplar arasında karşılaştırma yapılır) | Toplam tutar diğer grubun masraflarının üstünde | Toplam tutar diğer grubun masraflarına eşit | Toplam tutar diğer grubun masraflarının altında |
| <b>Toplam puan</b>                                                                                                               |                                                 |                                             |                                                 |

Ürün değerlendirme formu tek bir deprem teknolojisi uygulanmış ürünleri değerlendirmeye göre oluşturulmuştur. Değerlendirme bölümünde uygulanan üç adet teknoloji için ürün değerlendirme formunu ayrı ayrı doldurunuz.

### 6.3.2 Çözümüne yönelik ürün planı yapma (15 dk)

Öğretmen sorar “Araştırma sonucunda bulduğunuz ve detaylı incelediğiniz taban izolasyonu, titreşim emiciler ve kütleli damper sistemi teknolojilerini, ayakkabı kutularına hangi malzemelerle ve nasıl uygulayabilirsiniz?” Öğrencilerden deprem izolasyonun, titreşim emicilerin ve kütleli damper teknolojilerinin işlevlerini yerine getirecek ve kendilerinin yapabilecekleri sistemleri çözüm olarak sunmaları beklenir. Öğretmen devam eder “Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, değişkenlere göre ayakkabı kutularına uygulayabileceğiniz çözümler üreteceksiniz. Ayrıca, ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri “Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz.” der.

(F.10.3.5.2 Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.), (T.1 Mevcut teknolojileri seçme, kullanma ve sorun giderme yeteneklerini gösterir), (S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg,

2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

#### 6.4 Çözümleri Analiz Etme ve Uygun Olanını Seçme

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra gruplar çözümlerini açıklar, öğretmen tahtaya yazar. Öğretmen sorar “*Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?*” Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu cevapları vermeleri beklenir:

- *Bina 7,9 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek*
- *Binaya uygulanan deprem teknolojileri sayesinde binaya etki eden sarsıntı büyüklüğü azaltılacak*
- *Deprem izolasyonu ile zemin ile yapı arasına yerleştirilen esnek sistemler deprem etkisi geldiğinde kuvvetlerin üst yapıya aktarılmasını engellediği için yer ile ayakkabı kutusu arasına bilye, tekerlek, kalem, yay gibi hareketli cisimler yerleştirilecek. Fakat bunu yaparken binanın (ayakkabı kutusunun) hareket alanı sınırlandırılacak.*
- *Damperlerde sürtünme kuvveti ile deprem enerjisi ısı enerjisine dönüştürüldüğü için duvarlar arasına çaprazlama yay ya da şırınga gibi hareketli sistemler kurulacak.*
- *Kütleli damper sistemi uygulamak için binanın en üst tavanına çengelli iğne ile tuturularak, hızlı yapıştırıcı ile yapıştırılarak ya da iple bağlayarak ağırlık asılacak.*

Öğretmen sorar “*Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?*” Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirtir. Öğretmen ve öğrenciler tartışarak fikirlerini sunarlar ve toplu alınan karar sonucunda en iyi görülen çözümler belirlenir. Her grup aynı ürünü çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümde yanaysa o çözüm yapılır. Öğretmen en iyi görülen çözümleri tahtaya yazar ve öğrencilerden de yazmalarını ister “*Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürününü Çiz” bölümüne çizin, sahip olduğu özellikleri*

“Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız.”

Öğretmen “Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” der. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

Öğrencilerden beklenen malzemeler şunlardır:

- En az dört adet bilye (sismik izolasyon için)
- En az sekiz adet pet şise kapağı / kavonoz kapakları (sismik izolasyon için ayakkabı kutusunun altına yerleştirilen bilyelerin hareket alanlarını sınırlandırmak için)
- En az dört adet aynı boyda ve aynı cinsten kalın yay (sismik izolasyon için)
- Kalemler (sismik izolasyon için)
- Mukavva kağıdı (sismik izolasyon için ayakkabı kutusunun altına yerleştirilen kalemlerin ya da bilyelerin hareket alanını sınırlandırmak için mukavvadan ince çerçeve oluşturulabilir)
- En az iki adet ince yay (kalem içindeki yaylar) (damper sistemi için)
- İnce tel (ince yayları duvarlara monte etmek için)
- En az iki adet şırınga (damper sistemi için)
- Sıvı yağ (şırınga içine koymak için)
- Kütleli damper için herhangi bir ağırlık (bozuk paralar, beze sarılan kum, demir bilye...)
- Makas
- Yün ip
- Hızlı yapıştırıcı
- Bant
- Şerit metre

Bu malzemelerin yanında bina ölçülerinin eşit olması için aynı boyutlardaki ayakkabı kutuları öğretmen tarafından öğrencilere hazır verilir (Üç deprem teknolojisi için üç adet aynı boyutlarda ayakkabı kutusu temin edilir.)

Öğrencilerden yukarıda belirtilen her malzemeyi söylemeleri beklenmez. Her bir deprem teknolojisi için bir karar verip ona göre malzemeleri söylemeleri beklenir. Bu malzemeler dışında öğrenciler yaratıcılıklarını kullanarak başka malzemeler kullanabilir. Öğrenciler gerekli malzemeleri söyleyemediklerinde öğretmen rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlar.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara verilir. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanılır.

---

## 5. GÜN

---

### 6.5 Ürün Geliştirme

Öğretmen öğrencilerin öngördüğü malzemeleri sınıfa getirir. Tehlike arz eden malzemeler için öğrencilere gerekli uyarıları yapar. Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan malzemeler içerisinde bulunan kesici ve delici aletlerden sadece bir tane alınır ve öğretmen gözetiminde kullanılır.

Ürün geliştirme aşamasına geçmeden önce değişkenler bulunur. Bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenler belirlenir ve öğretmen tarafından tahtaya yazılır. Öğretmen sorar “*Problemin değişkenleri var mı?*” Öğrenciler değişkenleri şu şekilde bulana kadar öğretmen rehberlik eder: “*Problemdeki bağımlı değişken depreme dayanıklılık; bağımsız değişkenler, deprem teknolojileri; sabit değişkenler ise binanın yüksekliği, binanın genişliği, binanın şekli, sarsıntı süresi ve depremin büyüklüğüdür.*” Öğretmen “*Çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazınız.*” der. Belirlenen değişkenlerin binalarda oluşan sarsıntı büyüklüğünü nasıl etkilediği öğrencilerin ürün çıkarma esnasındaki gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır. Öğretmen “*Değişkenleri çalışma kâğıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de*

*tabloyu dolduracaksınız.” der. Öğretmen kendi örnek tablosunu gösterir ve öğrencilerden çalışma kağıtlarında bulunan tabloyu vakti geldiğinde doldurmalarını ister.*

|       | <b>Bağımlı Değişken</b>                                                | <b>Bağımsız Değişken</b>                                               | <b>Sabit Değişken</b>                                                                                               | <b>Yorumlarınız / Gözlemleriniz</b> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Deprem teknolojileri</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina yüksekliği</li> <li>Bina genişliği</li> <li>Deprem büyüklüğü</li> </ul> |                                     |
|       |                                                                        |                                                                        |                                                                                                                     |                                     |

Öğretmen devam eder “*Ürünlerinizi yaparken aynı zamanda bağımsız değişkenleri test edecek ve tabloyu ona göre dolduracaksınız.*” Değişkenleri gözlemlemek için boş ayakkabı kutusu ile deprem teknoloji uygulanmış ayakkabı kutusu karşılaştırılır. Her iki ayakkabı kutusunun üzerine su dolu kase koyulur ve ayakkabı kutuları eşit miktarda sarsılır. Deprem teknolojisi uygulanmış ayakkabı kutusunun üzerindeki suyun, deprem teknolojisi uygulanmamış ayakkabı kutusunun üzerindeki sudan daha az çalkalanması beklenir. Bu gözlem, farklı teknolojiler uygulanmış her ayakkabı kutusu için yapılır ve sonuç olarak öğrencilerin “*Binalara deprem teknolojisi uygulandığında, binalara etki eden sarsıntı miktarı azaldığı için binanın depreme dayanıklılığı artar.*” şeklinde çıkarım yapmaları beklenir.

Öğretmen “*Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz*” der. Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi ürünlerini yaparlar. Öğretmen

öğrencilere rehberlik eder. Soruları varsa cevaplandırır. (M.1 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar, M.2 Tasarım için öngördüğü düşünceleri tasarıma yansıtır.), (T.1 Mevcut teknolojileri seçme, kullanma ve sorun giderme yeteneklerini gösterir), (S.1. Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011), (S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)

Öğrenciler istedikleri sırayı takip ederek taban izolasyonu teknolojisi için ayakkabı kutusunun zeminine, damper sistemi için başka bir ayakkabı kutusunun iç kısmına, kütleli damper sistemi teknolojisi için ise başka bir ayakkabı kutusunun tavanına gerekli malzemeleri yerleştirirler.

---

## 6. GÜN

---

### 6.6 Test Etme ve Yeniden Yapma

Her grubun ürünü bittikten sonra öğretmenin getirdiği sarsıntı masasının üzerine ürünler oturtulur ve test işlemi yapılır. Öğretmen açıklama yapar “Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek ve uyguladığınız teknolojilerin sarsıntı miktarını ne kadar azalttığını gözlemlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız. Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.”

Binaya uygulanan teknolojilerin sarsıntı miktarını ne kadar azalttığını ve binanın kaç büyüklüğündeki depreme dayandığını ölçmek için “Google Science Journal” uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanılır. “Google Science Journal” uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürünler sırayla koyulur. Sarsıntı masasının üzerine ve ürünün üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefonlar yerleştirilir. Ürünler, matkabın oluşturacağı en küçük sarsıntı değerinden başlayarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  ivme değerine kadar 10’ar saniye sarsılır. Ürün sarsıntıya dayanıyorsa  $5,8 \text{ m/s}^2$  ivme değerinden daha büyük değerlere kadar sarsılabilir. Her iki telefonda okunan değerler not edilir ve uygulanan teknolojilerin sarsıntı azaltma miktarları hesaplanır. Sarsıntı masasında bulunan telefondaki değere göre de ürünlerin kaç büyüklüğündeki depreme dayandığı gözlemlenir.

---

## 7. GÜN

---

### 6.7 Değerlendirme

Bütün gruplar oluşturdukları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler.

Öğretmen bu aşamada ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklar: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, hem kendi grup ürününü hem de diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecektir. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecek.”* Öğretmen devam eder: *“Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.”* Ürünü tanıtan grup, diğer grupların ve öğretmenin soruları varsa cevaplar. Değerlendirme yapılır. Öğretmen dersi bitirir.

| Gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için) |                        |                   |       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                                                   | Birim Fiyat            | Kullanılan miktar | Total |
| Karton ayakkabı kutusu                                       | Evden temin edilebilir | 3 adet            | -     |
| Bilye (100 adet)                                             | 20 TL                  | En az 4 adet      | 1 TL  |
| Pet şişe kapağı                                              | Evden temin edilebilir | 8 adet            | -     |
| Kavanoz kapağı (10 adet)                                     | 5 TL                   | 8 adet            | 5 TL  |
| Kalın yay                                                    | 7 TL                   | 4 adet            | 28 TL |
| İnce yay                                                     | 2 TL                   | 2 adet            | 4 TL  |
| Mukavva karton                                               | 2 TL                   | 1 adet            | 2 TL  |
| Şırınga                                                      | 1 TL                   | 2 adet            | 2 TL  |
| Sıvı yağ                                                     | Evden temin edilebilir | 100 ml            | -     |
| Şerit metre                                                  | 10 TL                  | 1 adet            | 10 TL |
| Makas                                                        | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Bant                                                         | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Cetvel                                                       | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Yün ip                                                       | Evden temin edilebilir | 30 cm             | -     |
| Toplam fiyat: 55 TL:                                         |                        |                   |       |

| Malzemeler ve Resimleri |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler              | Resimler                                                                             |
| Ayakkanı kutusu         |    |
| Bilyeler                |   |
| Pet şise kapağı         |  |
| Kavanoz kapağı          |  |

|                     |                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| İnce yay, kalın yay |    |
| Yün ip              |   |
| Şırınga             |  |
| Hızlı yapıştırıcısı |   |

|                                  |                                                                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Şerit metre                      |   |
| Sarsıntı masası                  |  |
| Kalın ip, makas,<br>bant, cetvel |                                                                                     |

## 7. Kaynaklar

AFAD “27 ARALIK 1939 ERZİNCAN DEPREMİ” Erişim tarihi: 3 Ocak 2020  
<https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=65>

Ayarlı Kütle Sönümleyicileri. Erişim tarihi: 5 Kasım 2020:  
<https://insapedia.com/ayarli-kutle-sonumleyici>

Benjamin J., Bessant J.& Watts R. (1997). Making Groups Work: Rethinking Practice, Allen & Unwin, ISBN 1-86448-304-0.

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.  
Erişim tarihi: 3 Ocak 2020 Temmuz 2020,  
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/xMercalli.htm>

Depreme Dayanıklı Yapılara Yönelik Yeni Teknolojiler. Erişim tarihi: 5 Kasım 2020, [https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/30\\_deprem.pdf](https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/30_deprem.pdf)

Depremde hayat kurtaracak teknolojiler. Erişim tarihi: 5 Kasım 2020,  
<https://www.timeturk.com/tr/fotogaleri/bilim-ve-teknoloji/depremde-hayat-kurtaracak-teknolojiler/5>

English, L. D. (2016). Perspectives on Integration K12 Stem Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 3. doi:10.1186/s40594-016-0036-1.

Gökbayrak, S. & Karışan, D. (2017). Stem etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84.

Millî Eğitim Bakanlığı Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü (2019). Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı.

Partnership for 21st Century Skills. (2011). Framework for 21st century learning. Erişim tarihi: 12 Ocak 2020, <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>

Suncuoğlu, H. (2019) 5.8 Silivri Depremi. Erişim tarihi: 3 Ocak 2020, [http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019\\_1007\\_GTU\\_silivridepremi.pdf](http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/124/haber/2019_1007_GTU_silivridepremi.pdf)Türk,

Türk, N. (2019). Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi) Gazi University.

Yeşilce, Y. & Demirdağ O. (2002). Deprem parametreleri deprem sempozyumu. Erişim tarihi: 13 Şubat 2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/Japan\\_Meteorological\\_Agency\\_seismic\\_intensity\\_scale#cite\\_note-12](https://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Meteorological_Agency_seismic_intensity_scale#cite_note-12)

## C.2. Revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake STEM-EDP Activity Student Handout

### ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI

İsim – Soyisim:

Tarih:

Sınıf:

#### Deprem Teknolojileri

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların olması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması deprem oluşma ihtimaline karşı, binalarda oluşan deprem sarsıntısını azaltacak teknolojik yöntemleri bu ildeki binalara uygulamak için gönüllü oluyor. Ayrıca, inşaat firması uygulayacağı deprem teknolojilerini ekonomik malzemelerden seçmek istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız,

Erzincan'daki depremler esnasında binalarda oluşan sarsıntı miktarlarını azaltarak binaları depreme dayanıklı hale getirmek için deprem teknolojilerini binalara nasıl uygularsınız?



**Not:** Depreme dayanıklı ev inşa edilmesinin istenilmediğine, var olan evlere deprem teknolojilerinin uygulanacağına dikkat ediniz. Bina olarak aynı ölçülerdeki üç adet karton ayakkabı kutuları kullanılacak ve o kutulara üç farklı deprem teknolojileri uygulanacaktır. Bu aktivitede, en yaygın kullanılan taban izolasyonu, titreşim emiciler ve kütleli damper teknolojilerini kullanarak ürünler çıkarmanız beklenmektedir.

**Not:** Deprem teknolojileri uygulamasında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacaktır. Sarsıntı masasına öğrencilerin deprem teknolojilerini uyguladığı ürünler (karton ayakkabı kutusu) koyulacaktır. Hem sarsıntı masasının üzerine hem de ürünlerin üzerine birer tane, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefonlar yerleştirilecektir. Sarsıntı masası aşağıdaki tablodaki deprem büyüklüğü 7,5 -

7,9 değerlerinden başlayarak (5,3 m/s<sup>2</sup> yer ivmesi değerinden başlanıp 10 saniye içerisinde düzenli olarak 5,8 m/s<sup>2</sup> değerine artırılacaktır) sarsılacaktır. Öğrenciler, her iki telefondaki “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin deprem sarsıntısını ne kadar azalttığını test edeceklerdir. Öğrenciler, ürünleri yıkılncaya kadar bir üst değeri denemeye devam edeceklerdir.

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

- Okuduğunuz senaryoda belirtilen problem nedir?

*Problem*.....  
.....  
.....  
.....

- Problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?

*İhtiyaç*.....  
.....  
.....

3. İstenilen kriterler ve sınırlamalar / kısıtlamalar nelerdir?

Kriterler.....

Sınırlamalar /  
Kısıtlamalar.....

4. Depreme dayanıklı betonarme bina yapabilmek için hangi bilgilere ihtiyaç vardır?

*Araştırma Soruları...*

5. Araştırdığınız soruların cevapları nelerdir?

[illegible]

[illegible]

6. Depreme dayanıklı bina tasarlamak için hangi disiplinlere ve kazanımlara ihtiyaç vardır?

## Disiplinler

(Dersler).....

.....

*Kazanımlar.*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

---

---

---

.....

7. Problemin değişkenleri nelerdir?

Bağımlı

Değişken:.....

.....

.....

*Bağımsız*

*Değişkenler:*.....

.....

*Sabit*

*Değişkenler:*.....

.....

|       | <b>Bağımlı<br/>Değişken</b>                                            | <b>Bağımsız<br/>Değişken</b>                                           | <b>Sabit<br/>Değişken</b>                                                                                                                  | <b>Yorumlarınız<br/>/<br/>Gözlemleriniz</b> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"><li>• Depreme dayanıklılık</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Deprem teknolojileri</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Bina yüksekliği</li><li>• Bina genişliği</li><li>• Kat sayısı</li><li>• Deprem büyüklüğü</li></ul> |                                             |
|       |                                                                        |                                                                        |                                                                                                                                            |                                             |

8. Ürün değerlendirme kriterleri nelerdir?

.....

.....

.....

.....

| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU |           |            |            |
|--------------------------|-----------|------------|------------|
| Grup üyeleri             |           |            |            |
|                          | .... puan | ..... puan | ..... puan |
|                          |           |            |            |
|                          |           |            |            |
|                          |           |            |            |
|                          |           |            |            |
|                          |           |            |            |
| <b>Toplam puan</b>       |           |            |            |

9. Probleme yönelik çözüm önerileriniz nelerdir?

*Modelin*

*Özellikleri:*.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

*Gerekli*

*Malzemeler:*.....  
 .....  
 .....  
 .....

10. Probleme yönelik çözümleriniz arasında en iyi gördüğünüz çözüm nedir?

*Ürünü*

*Çiz:*.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

*Ürünün Özellikleri*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*İstediğin Malzemeler:*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### C.3. Revised Technologies Design to Prevent Buildings From Earthquake STEM-EDP Activity Teacher Guide Sheet

#### STEM AKTİVİTESİ ÖĞRETMEN REHBER KAĞIDI

Sınıf: 10, 11 ve 12

Tarih:

Ders: Fizik

Süre: 12 ders saati

#### Deprem Teknolojileri

Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakıldığında büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olan birinci dereceden deprem kuşağının geniş alan kapladığı görülmektedir. Son 100 yıl içerisinde bu kuşakta kaydedilen en büyük deprem Kandilli Gözlemevi verilerine göre 1939 yılında Erzincan ilinde gerçekleşen 7,9 büyüklüğündeki depremdir. Erzincan depremi sonucunda 32.986 kişi yaşamını yitirmiş ve 116.720 konut ağır hasara uğramıştır.



Verilere bakıldığında, depremden kaynaklanan can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan'da depreme dayanıklı binaların olması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bir inşaat firması deprem oluşma ihtimaline karşı binalarda oluşan deprem sarsıntısını azaltacak teknolojik yöntemleri bu ildeki yeni yapılacak binalara uygulamak için gönüllü oluyor. Ayrıca, inşaat firması uygulayacağı deprem teknolojilerini

ekonomik malzemelerden seçmek istiyor. Siz bu firmada çalışan bir inşaat mühendisi olsanız, Erzincan'daki depremler esnasında binalarda oluşan sarsıntı miktarlarını azaltarak binaları depreme dayanıklı hale getirmek için deprem teknolojilerini binalara nasıl uygularsınız?



**Not: Öğrencilerden depreme dayanıklı ev inşa değil, var olan evlere deprem teknolojilerini uygulamaları istenmektedir. Bina olarak aynı ölçülerdeki karton ayakkabı kutuları kullanılacak ve öğrenciler o kutulara deprem teknolojileri uygulayacaktır. Bu aktivitede, en yaygın kullanılan taban izolasyonu, titreşim emiciler ve kütleli damper sistemi teknolojileri kullanılarak ürünler çıkarılacaktır. İsteğe bağlı olarak aktivitede kullanılan teknolojiler dışındaki teknolojiler de kullanılabilir.**

**Not: Deprem teknolojileri uygulamasında şiddet ölçüsü olarak deprem büyüklüğüne eşdeğer olan yatay yer ivmesi kullanılacaktır (Suncuoğlu, 2019). Bunun için “Google Science Journal” uygulamasındaki ivme ölçer kullanılacaktır. Yer ivmelerini oluşturmak için öğretmen tarafından daha önceden yapılmış sarsıntı masası, bir matkap yardımıyla sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı ile sarsılacak ve sarsıntı masasına öğrencilerin deprem teknolojilerini uyguladığı ürünler (karton ayakkabı kutusu) koyulacaktır. Hem sarsıntı masasının üzerine hem de ürünlerin üzerine birer tane, “Google Science**

**Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefonlar yerleştirilecektir. Sarsıntı masası matkabın oluşturacağı en küçük sarsıntı değerinden başlayarak 5,8 m/s<sup>2</sup> ivme değerine kadar sarsılacaktır (Sarsıntı miktarı her 10 saniyede düzenli olarak arttırılacaktır). Öğrenciler, her iki telefondaki “Google Science Journal” uygulamasında okudukları ivme değerlerini aşağıdaki tabloda tekabül eden richter büyüklüğüne dönüştürerek ürünlerinin deprem sarsıntısını ne kadar azalttığını test edeceklerdir.**

| Richter Büyüklüğü | Yer İvmesi (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 0,4           | < 0,008                        |
| 0,5 - 1,4         | 0,009 - 0,025                  |
| 1,5 - 2,4         | 0,03 - 0,4                     |
| 2,5 - 3,4         | 0,5 - 1,0                      |
| 3,5 - 4,4         | 1,1 - 1,6                      |
| 4,5 - 4,9         | 1,7 - 2,2                      |
| 5,0 - 5,4         | 2,3 - 2,8                      |
| 5,5 - 5,9         | 2,9 - 3,4                      |
| 6,0 - 6,4         | 3,5 - 4,0                      |
| 6,5 - 6,9         | 4,1 - 4,6                      |
| 7,0 - 7,4         | 4,7 - 5,2                      |
| 7,5 - 7,9         | 5,3 - 5,8                      |
| 8,0 - 8,4         | 5,9 - 6,4                      |
| 8,5 - 8,9         | 6,5 - 7,0                      |
| 9,0 ve üstü       | 7,1 ve üstü                    |

---

## 1. GÜN

---

Öğrencileri her grupta en az üç öğrenci olacak şekilde gruplara ayırınız. Çalışma kağıdını her öğrenciye veriniz ve çalışma kağıdındaki senaryoyu okuyup anladıklarını grup arkadaşlarıyla tartışmalarını isteyiniz. *“Bu çalışmayı grup halinde yapacağız. Grup üyelerinin isimlerini okuyorum, aynı gruba ait olanlar bir arada otursun lütfen. Şimdi her birinize çalışma kâğıdı dağıtacağım. Dağıttığım kâğıtlara*

*bir göz atın ve isimlerinizi yazın. Çalışma kâğıdı ders esnasında önemli noktaları not almanız ve aktivite esnasında yönlendirilmeniz için hazırlanmıştır. Kâğıdı dersimiz süresince sizler dolduracaksınız. Ne zaman dolduracağınızı dersimiz esnasında size ben söyleyeceğim. Size dağıttığım kâğıtta bir senaryo var. Her biriniz onu okuyunuz ve anladığınızı grup arkadaşlarınızla paylaşınız. Başlayabilirsiniz.”* açıklamasını yapınız.

*“Okuduğunuz senaryodan neler anladınız?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin cevaplarını aldıktan sonra senaryoyu detaylı inceleyip senaryoda bulunan problem ve problemi çözmek için neye ihtiyaç duyulduğunu öğrencilere sorunuz ve verilen cevapları tahtaya yazınız. Öğrencilerden de cevapları çalışma kâğıdındaki “Problem nedir?” ve “İhtiyaç” bölümlerine yazmalarını isteyiniz. “Senaryodaki problem nedir ve bu problemi çözmek için neye ihtiyaç vardır?” sorusunu sorunuz.*

**Problem:** Birinci derece deprem kuşağında bulunan Erzincan ilinde, depreme dayanıklı olmayan binaların yıkılması ve bunun sonucunda can ve mal kayıplarının olması.

**İhtiyaç:** Erzincan ilindeki binalara sarsıntıyı azaltacak deprem teknolojileri uygulamak.

Öğrenciler cevapları verene kadar rehberlik ediniz.

Problemi tanımlanmak ve üründe istenilen detayları belirlenmek için 10 dakika süre veriniz ve öğrencilerden kriterleri ve sınırlamaları / kısıtlamaları bulmalarını, bulduklarını “Kriterler ve Sınırlamalar / Kısıtlamalar” bölümüne yazmalarını isteyiniz ve siz de tahtaya yazınız. *“Şimdi senaryoyu detaylı inceleme zamanı. Senaryoyu tekrardan okuyarak şu sorulara cevap vermenizi istiyorum. Senaryo bize sınırlamalar / kısıtlamalar koyuyor mu? Senaryonun istediği kriterler nelerdir? Bulduklarınızı beraber tartışacağız.”* açıklamasını yapınız.

**Kriterler:** Binalar, Erzincan ilinde bu zamana kadar ölçülmüş en yüksek büyüklük olan 7,9 büyüklüğündeki depremde yıkılmadan durabilmelidir. Binalara etki eden deprem büyüklüğü azaltılmalıdır.

**Sınırlamalar:** Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojileri kullanılmalıdır. Kullanılan malzemeler ekonomik olmalıdır.

Öğrencilerden cevaplar alana kadar senaryoyu bir kaç kez okutarak öğrencileri yönlendiriniz.

Araştırma yapmadan önce öğrencilerin neleri araştıracaklarına öğrencilerle birlikte karar veriniz. “Sizce binalarda sarsıntı azaltıcı deprem teknolojisi kullanmak için neleri bilmek gerekiyor, neleri araştırmalıyız?” sorusunu sorunuz ve birlikte belirlenen araştırma sorularını tahtaya yazınız ve öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “Araştırma Soruları” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

Aşağıdaki araştırma sorularına ya da benzerlerine ulaşılan kadar rehberlik ediniz.

### **Araştırma Soruları:**

1. Deprem nedir? Deprem büyüklüğü ile şiddeti arasındaki fark nedir?
2. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojileri nelerdir ve nasıl uygulanır?
3. Deprem teknolojileri hangi tür binalara uygulanır?

---

## **2. GÜN**

---

Araştırma sorularını belirledikten sonra araştırma yapmaları için öğrencilere, sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, dizüstü bilgisayarları, akıllı telefon ve tablet gibi cihazları ve MEB fizik kitabını kaynak olarak sağlayınız. “Şimdi araştırma yapma zamanı. Problemin çözümüne yönelik araştırmalar yapacaksınız. Araştırmalarınız için sınıflarda bulunan internet erişimine sahip akıllı tahtaları, akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ya da tabletleri ve MEB fizik kitabını kullanabilirsiniz. Ayrıca yanlış bilgiye ulaşmanızı önlemek için lütfen araştırmalarınızı bir kaç kaynaktan yapınız ve bulduklarınızın doğruluğunu farklı kaynak çeşitlerinden de araştırarak teyit ediniz. Ayrıca, güvenilir sitelerden bilgi almak için, araştırma yaptığınız internet sitelerinin “edu” ve “gov” uzantılı olmasına dikkat ediniz. Sorularınız olursa bana sorabilirsiniz. Araştırma sonucunda bulduklarınızı çalışma kâğıdındaki “Bulduklarım” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız.

Araştırma için verilen süre yeterli olmazsa ek süre veriniz. Ek süreye rağmen öğrenciler yeterli bilgiye ulaşamazlarsa eksik bilgiyi öğrenciye sununuz. Öğrencilere neler bulduklarını sorunuz ve araştırma sorularının cevaplarına ulaşınız.

### **Bulunanlar:**

1. Yerküre'nin içerisinde bulunan magmanın çevresindeki levhaların hareketi sonucunda enerji açığa çıkar ve böylece deprem dalgaları oluşur. Deprem büyüklüğü 1'den 9'a kadar olan rakamlarla gösterilir. Deprem şiddeti ise depremin canlı cansız her şeye olan etkisinin ölçüsüdür.
2. Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerinden bazıları şunlardır:
  - **Deprem İzolasyonu (Deprem yalıtımı / Sismik izolasyon / Taban izolasyonu):** Bina tabanına esnek elemanlar yerleştirerek yapıyı zeminden ayırma / izole etme yöntemidir. Tabandaki esnek elemanlar yerden gelen deprem kuvvetlerini azaltarak yapıya iletir. Böylelikle yapıya etki eden sarsıntı miktarı azalır.
  - **Titreşim Emiciler (Sismik Sönümleyici / Sismik Damper / Darbe Emici):** Titreşim emiciler silikon yağıyla doldurulmuş silindirlerdir. Bunlara damper denir. Binanın her katındaki kolon ve kirişlere yerleştirilir. Damperler, deprem enerjisini içindeki sıvıya ileterek ısı enerjisine dönüşmesini sağlayarak depremin enerjisini sönümler (Motorlu taşıtlardaki amortisörler gibi). Bir de sürtünmeli damperler vardır. Bu damperler sürtünme ile deprem enerjisini ısı enerjisine dönüştürürken binanın elastik hareket etmesini sağlar.
  - **Kütleli Damper Sistemi (Ayarlı Kütle Sönümleyici / Harmonik Soğurucu):** Yüksek katlı yapılarda tavana kütle (sarkaç) asılır ve bu kütle eylemsizlik prensibi gereği deprem kuvvetlerinin tersi yönünde hareket ederek deprem enerjisini dağıtır
3. Kütleli damper sistemi genel olarak gökdelen gibi uzun binalarda kullanılırken, diğer teknolojiler her tür binalarda kullanılabilir.

Aktiviteye bir sonraki ders gününde devam ediniz.

---

### 3. GÜN

---

Problemin çözümünde hangi disiplinlere ihtiyaç olduğunu belirlemek için “*Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini bir yapıya uygulamak için nelere ihtiyacınız var?*” sorusunu sorunuz ve cevapları tahtaya yazınız. Öğrencilerden de çalışma kağıdındaki “*Disiplinler*” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

#### **Disiplinler:**

1. Dalga bilgisi için fizik
2. Sarsıntının hangi miktarda azaldığını hesaplamak için matematik
3. Sarsıntı azaltıcı sistemleri yapıya uygun yerleştirebilmek için mühendislik
4. Araştırma yapmak için teknoloji
5. Grup çalışması ve ürün çıkarma süreci için sosyal beceriler disiplinleri

Öğrenciler beş disipline -fizik, matematik, mühendislik, teknoloji ve sosyal beceriler- ulaşana kadar rehberlik ediniz. Ayrıca öğrenciler fizik, matematik ve mühendislik disiplinlerini bulurken, teknoloji ve sosyal becerileri disiplin olarak bulamayabilirler. Bu aşamada bu iki disiplini buldurmadan bu disiplinlere ait kazanımları ön plana çıkarmak için rehberlik ediniz.

Öğrenciler problemin çözümünde beş disipline ait hangi kazanımlara ihtiyaç duyduklarını ve bu kazanımları nereden bulacaklarını belirler. “*Araştırma yaparken hangi konuları incelediniz? Çözüm üretmek için hangi kazanımlar size yardımcı oldu?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “*Fizik kazanımları fizik öğretim programından ve matematik kazanımları matematik öğretim programından bulunabilir*” demelerini bekleyiniz. Öğrencilere ortaöğretim müfredatının yanında ortaokul müfredatından da yararlanabileceklerini hatırlatınız. Ayrıca, teknoloji, mühendislik ve sosyal beceriler disiplinine ait ders programı olmadığı için referanslar sunarak öğrencilerin kazanımları belirlemesi için rehberlik ediniz.

(Referanslar: MEB, Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü, Kazanım Merkezli STEM Uygulamaları,

[https://ookgm.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2019\\_01/29164143\\_STEM\\_KitapYk.pdf](https://ookgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2019_01/29164143_STEM_KitapYk.pdf); Eğitim Fakültelerinin Lisans Programlarına Yönelik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Öğretim Programının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> )

Öğrencilerin bulması beklenen beş disipline ait kazanımlar ve kısaltmaları şu şekildedir: Fizik (F.10.3.5.1, F.10.3.5.2), Matematik (M.6.1.5.3), Teknoloji (T.1), Mühendislik (M.1, M.2) ve Sosyal Beceriler (S.1, S.2). Öğrenciler, farklı disiplinler altında aynı kazanımı bulabilirler ya da kazanımları birebir aynı bulamayabilirler bu durumda istenilen kazanımlara yakın kazanımlar bulunana kadar rehberlik ediniz ve bulunanları çalışma kağıdındaki “Kazanımlar” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

#### **Kazanımlara yönelik öğrencilerden beklentiler:**

- Sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini kullanarak binaları depreme dayanıklı hale getirmek için öncelikle depremi bilmeleri gerektiğini düşündüklerini bu yüzden depremi ve deprem dalgalarını araştırdıklarını, ayrıca depremlerin can ve mal kaybına sebep olmaması için çözümler üretmeleri gerektiğinden depreme dayanıklı binaların nasıl olduğunu araştırmaya ihtiyaç duyduklarını, ayrıca deprem kavramının hangi ünite de olduğunu araştırdıklarında fizik dersindeki “Deprem Dalgaları” konusuna ulaştıklarını söylemeleri beklenir. **(F.10.3.5.1. Deprem dalgasını tanımlar.), (F.10.3.5.2. Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirir.)**
- Problemin çözümü için sarsıntı azaltıcı deprem teknolojilerini kullanarak binaların depreme dayanıklı hale getirilmesi istenildiğinden deprem teknolojilerini binalara mühendis gibi nasıl uygulamaları gerektiğini bilmeye ihtiyaç duyduklarını ve ona göre araştırmalar yaptıklarını” söylemeleri beklenir. **(M.1 Bir tasarım için gerekli yapısal özellikleri açıklar.) (M2 Tasarım için öngördüğü düşünceleri tasarıma yansıtır.)**

- “Sarsıntı azaltıcı sistemlerin binalar üzerindeki etkilerini incelemek için deprem esnasında binalarda hissedilen deprem büyüklüğünü hangi miktarda azalttıklarını hesaplanmaları gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(M.6.1.5.3 Bir doğal sayı ile bir kesrin çarpma işlemini yapar ve anlamlandırır.)**
- “Araştırma esnasında bulunan birçok deprem teknolojilerinden uygulanabilir olanları seçerek senaryodaki problemi çözmeleri gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(T.1 Mevcut teknolojileri seçme, kullanma ve sorun giderme yeteneklerini gösterir)**
- “Sarsıntı azaltıcı sistemleri uygularken beceri odaklı çalışmak gerektiğini ve senaryoda verilen problem için çözümler üretme ve içlerinde uygun olanını belirleme gibi becerilere sahip olmak gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.1 Eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve sorgulama gibi 21. yüzyıl becerileri gelişir; English & Gainsburg, 2016; Partnership for 21st Century Skills, 2011)**
- “Sarsıntı azaltıcı sistemleri uygularken grup halinde çalışılacağı için grup içinde görev dağılımı yapılması ve üstlenilen görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini” söylemeleri beklenir. **(S.2 Grup arkadaşıyla iş birliği yapar. Grup içinde aldığı sorumluluğu yerine getirme becerisi kazanır; Benjamin, Bessant & Watts, 1997)**

Bulunanları çalışma kâğıdındaki “Disiplinler” ve “Kazanımlar” bölümlerine yazmalarını isteyiniz.

---

#### 4. GÜN

---

Değerlendirme kriterleri belirlemek için “*Deprem teknolojileri kullanarak oluşturduğunuz yapıları hangi özelliklere göre değerlendirelim?*” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “*7,9 büyüklüğündeki depreme en uzun süre dayanabilen, 7,9 büyüklüğünden daha yüksek büyüklüğe dayanabilen, 7,9 büyüklüğündeki depremde*

*binalarda oluşan sarsıntıyı en çok azaltan en yüksek puanı almalı.” çıkarımını yapmaları beklenir. Bu kriterler dışında başka kriterler de değerlendirmeye alınabilir. “Değerlendirme yaparken 1 puan, 2 puan ve 3 puan kullanırsak bu puanları hangi kriterlere göre vereceğimizi beraber belirleyelim. Mesela bir binayı belli bir saniye salladığımızda tamamen yıkılıyorsa, ya da tamamen yıkılmayıp yamulmalar oluyorsa ya da sapasağlam duruyorsa bu binaları nasıl puanlayalım?” sorusunu sorunuz. Böylelikle aşağıdaki tabloya yakın ürün değerlendirme formu oluşturulana kadar rehberlik ediniz.*



| ÜRÜN DEĞERLENDİRME FORMU                                                                                                                                                                                                    |                                                        |                                              |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Grup üyeleri                                                                                                                                                                                                                |                                                        |                                              |                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                             | 1 puan                                                 | 2 puan                                       | 3 puan                                                      |
| Binalarda oluşan sarsıntı ne kadar azaldı?                                                                                                                                                                                  | Deprem büyüklüğünün yarısından daha az miktarda azaldı | Deprem büyüklüğünün yarısı kadar azaldı      | Deprem büyüklüğünün yarısından daha fazla miktarda azaldı   |
| Bina 7,5 - 7,9 büyüklüğündeki ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerdeki) depremde yıkılmadan durabildi mi?                                                                                                    | 10 saniyeden daha az sürede tamamen yıkıldı            | 10 saniyeden daha az sürede bozulamalar oldu | 10 saniye boyunca herhangi bir bozukluk olmadı ve yıkılmadı |
| 7,5 - 7,9 büyüklüğünde ( $5,3 \text{ m/s}^2$ - $5,8 \text{ m/s}^2$ ivmelerde) yıkılmayan binalar en fazla hangi büyüklükteki depreme dayandı? (Ürünler arasında eşitlik varsa sarsıntı şiddeti arttırılarak eleme yapılır.) | 8,0-8,4                                                | 8,5-8,9                                      | 9,0 ve üstü                                                 |
| Ürün için kullanılan malzemeler ekonomik mi? (Grupların malzeme masrafları hesaplanır ve gruplar arasında karşılaştırma yapılır)                                                                                            | Toplam tutar diğer grubun masraflarının üstünde        | Toplam tutar diğer grubun masraflarına eşit  | Toplam tutar diğer grubun masraflarının altında             |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Toplam puan</b> |  |
|--------------------|--|

Daha sonra “Grup olarak beyin fırtınası yapacaksınız ve belirlenen kriterlere, sınırlamalara, değişkenlere göre çözümler üreteceksiniz. Ürününüzde olmasını planladığınız özellikleri “Modelin Özellikleri” bölümüne yazınız ve son olarak, bu ürünü yapabilmek için ihtiyaç duyduğunuz malzemeleri “Gerekli Malzemeler” bölümüne yazınız. Çözümlerinizi tartışıp en iyi çözüme karar vereceğiz.” açıklamasını yapınız.

Grup içerisinde yapılan beyin fırtınasından sonra grupların açıkladığı çözümleri tahtaya yazınız. “Bu çözümlere nasıl karar verdiniz?” sorusunu sorunuz. Öğrencilerin “Bilgi Toplama” bölümünde bulduklarının sonucunda ve senaryodaki kriter ve sınırlamalara göre şu çıkarımları yapmalarını bekleyiniz:

- Bina 7,9 büyüklüğündeki sarsıntıda yıkılmadan kalabilecek
- Binaya uygulanan deprem teknolojileri sayesinde binaya etki eden sarsıntı büyüklüğü azaltılacak
- Deprem izolasyonu ile zemin ile yapı arasına yerleştirilen esnek sistemler deprem etkisi geldiğinde kuvvetlerin üst yapıya aktarılmasını engellediği için yer ile ayakkabı kutusu arasına bilye, tekerlek, kalem, yay gibi hareketli cisimler yerleştirilecek. Fakat bunu yaparken binanın (ayakkabı kutusunun) hareket alanı sınırlandırılacak.
- Damperlerde sürtünme kuvveti ile deprem enerjisi ısı enerjisine dönüştürüldüğü için duvarlar arasına çaprazlama yay ya da şırınga gibi hareketli sistemler kurulacak.
- Kütleli damper sistemi uygulamak için binanın en üst tavanına çengelli iğne ile tutturularak, hızlı yapıştırıcı ile yapıştırılarak ya da iple bağlayarak ağırlık asılacak.

“Söylediğiniz çözümlerden hangisi en iyi çözüm?” sorusunu sorunuz. Öğrenciler nedenleriyle birlikte en iyi çözümü belirtirler ve tartışarak fikirlerini sunarlar ve toplu alınan karar sonucunda en iyi görülen çözümler belirlenir. Her grup aynı ürünü

çıkarmak zorunda değildir. Grup üyelerinin ortak kararı hangi çözümden yanaysa o çözüm yapılır. Çözümler içerisinde en iyi görülen çözümleri tahtaya yazınız ve öğrencilerden de yazmalarını isteyiniz. “Planladığınız ürününüzü çalışma kâğıdındaki “Ürününü Çiz” bölümüne çiziniz, sahip olduğu özellikleri “Ürünün Özellikleri” bölümüne ve malzeme listesini de “İstediğin Malzemeler” bölümüne yazınız.” açıklamasını yapınız.

“Çözüm için üreteceğiniz ürünün ihtiyaç duyduğu malzemeleri grup arkadaşlarınızla belirleyip bana söyleyiniz. Ben size istediğiniz malzemeleri temin edeceğim.” açıklamasını yapınız.

Öğrencilerden beklenen malzemeler şunlardır:

- En az dört adet bilye (sismik izolasyon için)
- En az 20 adet boncuk (sismik izolasyon için)
- En az sekiz adet mavi kapak (sismik izolasyon için ayakkabı kutusunun altına yerleştirilen bilyelerin hareket alanlarını sınırlandırmak için)
- En az dört adet aynı boyda ve aynı cinsten kalın yay (sismik izolasyon için)
- Kalemler (sismik izolasyon için)
- Mukavva kâğıdı (sismik izolasyon için ayakkabı kutusunun altına yerleştirilen kalemlerin ya da bilyelerin hareket alanını sınırlandırmak için mukavvadan ince çerçeve oluşturulabilir)
- En az iki adet ince yay (damper sistemi için)
- İnce tel (ince yayları çaprazlama duvarlar monte etmek için)
- En az iki adet şırınga (damper sistemi için)
- Kütleli damper için herhangi bir ağırlık (bozuk paraları bir araya getirip kullanılabilir)
- Makas
- Kalın ip
- Hızlı yapıştırıcı
- Bant
- Şerit metre

Bu malzemelerin yanında bina ölçülerinin eşit olması için aynı boyutlardaki ayakkabı kutularını öğrencilere hazır veriniz. (Üç deprem teknolojisi için üç adet aynı boyutlarda ayakkabı kutusu temin ediniz.)

Öğrencilerden yukarıda belirtilen her malzemeyi söylemeleri beklenmez. Her bir deprem teknolojisi için karar verip ona göre malzemeleri söylemeleri beklenir. Bu malzemeler dışında öğrenciler yaratıcılıklarını kullanarak başka malzemeler kullanabilir. Öğrenciler gerekli malzemeleri söylemediklerinde rehberlik ederek ihtiyaçlarını bulmalarını sağlayınız.

İstenilen malzemelerin alınması için aktiviteye ara veriniz. Bir sonraki ders saatinde tekrardan toplanınız.

---

## 5. GÜN

---

Ürün geliştirme aşamasına geçmeden önce değişkenler bulunur. Öğrenciler tarafından belirlene bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenleri tahtaya yazınız. Bağımlı, bağımsız ve sabit değişkenleri belirlemek için “*Problemin değişkenleri var mı?*” sorusunu sorunuz ve cevapları çalışma kağıdındaki “Değişkenler” bölümüne yazmalarını isteyiniz.

**Bağımlı Değişken:** Binaların depreme dayanıklılığı

**Bağımsız Değişkenler:** Deprem teknolojileri

**Sabit Değişkenler:** Binanın yüksekliği, binanın genişliği, binanın şekli, sarsıntı süresi ve depremin büyüklüğü

Öğrenciler değişkenleri bulana kadar öğretmen rehberlik ediniz.

Belirlenen değişkenlerin binalarda oluşan sarsıntı büyüklüğünü nasıl etkilediği öğrencilerin ürün çıkarma esnasındaki gözlemleri sonucunda ve araştırarak öğrendikleri bilgiler doğrultusunda öğrenciler tarafından yorumlanır.

“*Değişkenleri çalışma kâğıdında tablo şeklinde oluşturdum. Benim tablodaki örnekte yaptığım gibi siz de tabloyu dolduracaksınız.*” açıklamasını yapınız. Örnek tabloyu gösteriniz ve öğrencilerden çalışma kağıtlarında bulunan tabloyu ürün yapım

aşamasında doldurmalarını isteyiniz. Öğrencilerin tabloyu aşağıdaki gibi doldurması beklenir.

|       | <b>Bağımlı Değişken</b>                                                | <b>Bağımsız Değişken</b>                                                                   | <b>Sabit Değişken</b>                                                                                               | <b>Yorumlarınız / Gözlemleriniz</b> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Örnek | <ul style="list-style-type: none"> <li>Depreme dayanıklılık</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Deprem teknolojileri (Deprem izolasyonu)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina yüksekliği</li> <li>Bina genişliği</li> <li>Deprem büyüklüğü</li> </ul> | Sarsıntı miktarı azalır             |
|       | Binalarda oluşan sarsıntı miktarı                                      | Deprem teknolojileri (Titreşim emici)                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina yüksekliği</li> <li>Bina genişliği</li> <li>Deprem büyüklüğü</li> </ul> | Sarsıntı miktarı azalır             |
|       | Binalarda oluşan sarsıntı miktarı                                      | Deprem teknolojileri (Kütleli damper sistemi)                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bina yüksekliği</li> <li>Bina genişliği</li> <li>Deprem büyüklüğü</li> </ul> | Sarsıntı miktarı azalır             |

“Ürünlerinizi yaparken aynı zamanda bağımsız değişkenleri test edecek ve tabloyu ona göre dolduracaksınız.” açıklamasını yapınız. Öğrenciler değişkenleri gözlemlemek için boş ayakkabı kutusu ile deprem teknolojisi uygulanmış ayakkabı kutularını karşılaştırır. Her iki ayakkabı kutusunun üzerine su dolu kase koyulur ve ayakkabı kutuları eşit miktarda sarsılır. Deprem teknolojisi uygulanmış ayakkabı

kutusunun üzerindeki suyun, deprem teknolojisi uygulanmamış ayakkabı kutusunun üzerindeki sudan daha az çalkalanması beklenir. Bu gözlem, farklı teknolojiler uygulanmış her ayakkabı kutusu için yapılır ve sonuç olarak öğrencilerin “*Binalara deprem teknolojisi uygulandığında, binalara etki eden sarsıntı miktarı azaldığı için binanın depreme dayanıklılığı artar.*” şeklinde çıkarım yapmaları beklenir.

“Malzemelerinizi aldınız ve hangi aşamaları takip edeceğinizi biliyorsunuz. Şimdi belirlediğiniz değişkenleri kullanarak ürününüzü oluşturunuz” açıklamasını yapınız. Gruplar oluşturdukları planları takip ederek kendi ürünlerini yaparlar. Bu aşamada öğrencilere rehberlik ediniz. Soruları varsa cevaplandırınız.

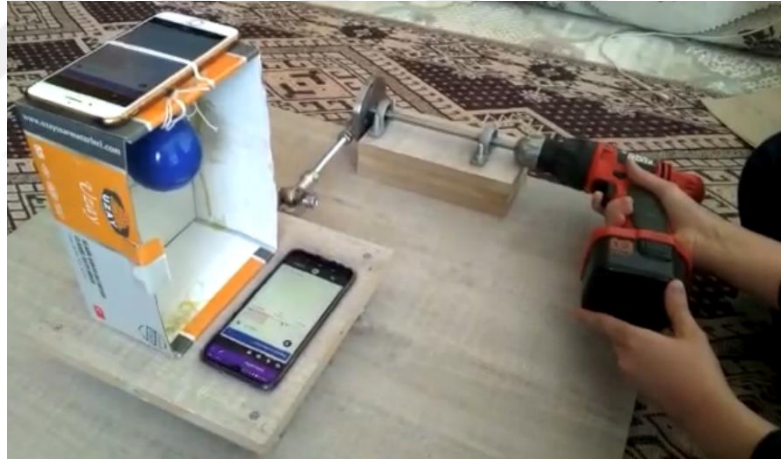
Öğrenciler istedikleri sırayı takip ederek taban izolasyonu teknolojisi için ayakkabı kutusunun zeminine malzemeleri yerleştirirler.



Damper sistemi için başka bir ayakkabı kutusunun iç kısmına malzemeleri yerleştirirler.



Kütleli damper sistemi teknolojisi için ise bir ayakkabı kutusunun tavanına malzemeleri yerleştirirler.



---

## 6. GÜN

---

Her grubun ürünü bittikten sonra öğretmenin getirdiği sarsıntı masasının üzerine ürünler oturtulur ve test işlemi yapılır. “Ürünleri test etme zamanı geldi. Ürünlerin depreme dayanıklılığını belirlemek için tekerlekli sarsıntı masasını kullanacağız.

*Sarsıntı masasına taktığımız matkap sayesinde sabit ivmeli yani düzgün hızlanan sarsıntı oluşturacağız. Her grup yaptığı binaları sarsıntı masasında test edebilir. Testiniz sonucunda binanız istediğiniz gibiyse arkadaşlarınıza sunabilirsiniz. Binanız istenilen gibi olmadıysa ya da eksik yönleri varsa dersin başında belirlediğimiz kriterlere ve sınırlamalara tekrardan göz atarak ürününüzün eksik ve hatalı kısımlarını yeniden yapabilirsiniz. Şimdi ürünlerinizi test ediniz ve düzenlemelerini yapınız. Her şey tamamlandıktan sonra sınıf içerisinde sunacaksınız.” açıklamasını yapınız.*

Binaya uygulanan teknolojilerin sarsıntı miktarını ne kadar azalttığını ölçmek için “Google Science Journal” uygulamasında bulunan ivme ölçer kullanınız. “Google Science Journal” uygulaması doğrusal ivme değerlerini verdiği için, depremin büyüklüğünden ziyade yatay ivme değerlerine göre test edilir. Daha önceden yapılmış sarsıntı masasına ürünleri sırayla koyunuz. Sarsıntı masasının üzerine ve ürünün üzerine, “Google Science Journal” uygulamasının olduğu akıllı telefonlar yerleştiriniz. Ürünleri, matkabın oluşturacağı en küçük sarsıntı değerinden başlayarak  $5,8 \text{ m/s}^2$  ivme değerine kadar 10’ar saniye sarsınız. Ürün sarsıntıya dayanıyorsa  $5,8 \text{ m/s}^2$  ivme değerinden daha büyük değerlere kadar sarsınız. Her iki telefonda okunan değerleri not ediniz ve uygulanan teknolojilerin sarsıntı azaltma miktarlarını öğrencilerle hesaplayınız. Sarsıntı masasında bulunan telefondaki değere göre de ürünlerin kaç büyüklüğündeki depreme dayandığını gözlemleyiniz.



---

## 7. GÜN

---

Bütün gruplar oluşturdıkları ürünü sınıf içerisinde arkadaşlarına tanıtırlar. Öğrenciler, ürünlerinin diğer grupların ürünlerinden ayıran özelliklerinden bahsederler.

Ürünlerin nasıl değerlendirileceğini açıklayınız: *“Yaptığınız ürünler beraber oluşturduğumuz “Ürün Değerlendirme Formu” içerisinde bulunan kriterlere göre değerlendirilecektir. Her grup, diğer grupların ürünlerini form üzerinden değerlendirecek. Ayrıca ben de formu dolduracağım. Bu puanlamalara göre en yüksek puan alan grup birinci seçilecektir. Daha sonra “Değerlendirme formlarını dağıtıyorum. Lütfen kâğıdın üzerine değerlendirdiğiniz grubun üyelerinin isimlerini yazınız. Sırayla başlayabiliriz.”* açıklamasını yapınız.

Ürünü tanıtan grup, diğer grupların ve öğretmenin soruları varsa cevaplar, değerlendirme yapılır ve ders bitirilir.

Ürün için gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

| Gerekli olan malzeme miktarları ve fiyatları (Tek grup için) |                        |                   |       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|-------|
| Malzemeler                                                   | Birim Fiyat            | Kullanılan miktar | Total |
| Karton ayakkabı kutusu                                       | Evden temin edilebilir | 3 adet            | -     |
| Bilye (100 adet)                                             | 20 TL                  | En az 4 adet      | 1 TL  |
| Pet şişe kapağı                                              | Evden temin edilebilir | 8 adet            | -     |
| Kavanoz kapağı (10 adet)                                     | 5 TL                   | 8 adet            | 5 TL  |
| Kalın yay                                                    | 7 TL                   | 4 adet            | 28 TL |
| İnce yay                                                     | 2 TL                   | 2 adet            | 4 TL  |
| Mukavva karton                                               | 2 TL                   | 1 adet            | 2 TL  |
| Şırınga                                                      | 1 TL                   | 2 adet            | 2 TL  |
| Sıvı yağ                                                     | Evden temin edilebilir | 100 ml            | -     |
| Şerit metre                                                  | 10 TL                  | 1 adet            | 10 TL |
| Makas                                                        | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Bant                                                         | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Cetvel                                                       | 1 TL                   | 1 adet            | 1 TL  |
| Yün ip                                                       | Evden temin edilebilir | 30 cm             | -     |
| Toplam fiyat: 55 TL:                                         |                        |                   |       |

| Malzemeler ve Resimleri |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Malzemeler              | Resimler                                                                             |
| Ayakkanı kutusu         |    |
| Bilyeler                |   |
| Pet şise kapağı         |  |
| Kavanoz kapağı          |  |

|                     |                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| İnce yay, kalın yay |    |
| Yün ip              |    |
| Şırınga             |  |
| Hızlı yapıştırıcısı |   |

|                                  |                                                                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Şerit metre                      |   |
| Sarsıntı masası                  |  |
| Kalın ip, makas,<br>bant, cetvel |                                                                                     |

#### **D. Interview Questions for the Students**

### **AKTİVİTELERE KATILAN ÖĞRENCİLER İÇİN YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME SORULARI**

1. Katıldığınız STEM aktivitesinde belirtilen problem durumunu günlük hayat ile ilişkilendirebildiniz mi?
2. STEM aktivitesi esnasında zorlandığınız bölümler oldu mu? Oldu ise zorlandığınız bölümlerde hangi çözümleri üreterek ilerleme gösterdiniz? Zorlandığınız durumları ortadan kaldırmak için sizce neler yapılmalıdır?
3. STEM aktivitesi esnasında kolayca ilerleme gösterdiğiniz bölümler oldu mu? Oldu ise sizce neden bu bölümlerde kolaylık yaşadınız?
4. Size dağıtılan materyaller anlaşılır mı? Anlaşılmayan yerler var ise nelerdir?
5. STEM aktivitesinde düzeltilmesi ya da değiştirilmesi gerektiğini düşündüğünüz bölümler var mı? Var ise sizce nasıl düzeltilmeli?
6. Katıldığınız STEM aktivitesi hakkındaki genel görüşleriniz ve düşünceleriniz nelerdir?

## **E. Interview Questions for the Physics Teachers**

### **AKTİVİTELERE KATILAN FİZİK ÖĞRETMENİ İÇİN YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME SORULARI**

1. Katıldığınız STEM aktivitesinde belirtilen problem durumunu günlük hayat ile ilişkilendirebildiniz mi?
2. STEM aktivitesi esnasında zorlandığınız bölümler oldu mu? Oldu ise zorlandığınız bölümlerde hangi çözümleri üreterek ilerleme gösterdiniz? Zorlandığınız durumları ortadan kaldırmak için sizce neler yapılmalıdır?
3. STEM aktivitesi esnasında kolayca ilerleme gösterdiğiniz bölümler oldu mu? Oldu ise sizce neden bu bölümlerde kolaylık yaşadınız?
4. Size dağıtılan materyaller anlaşılır mı? Anlaşılmayan yerler var ise nelerdir?
5. STEM aktivitesinde düzeltilmesi ya da değiştirilmesi gerektiğini düşündüğünüz bölümler var mı? Var ise sizce nasıl düzeltilmeli?
6. STEM aktivitesi hakkındaki genel görüşleriniz ve düşünceleriniz nelerdir?

## F. Interview Questions for the Instructor

### AKTİVİTELERİ YÜRÜTEN ÖĞRETMEN İÇİN YARI YAPILANDIRILMIŞ MÜLAKAT SORULARI

Uyguladığınız aktivite:

Öğretmenlik tecrübeniz:

Eğitim durumunuz:

1. STEM eğitimi daha önce duydunuz mu? Daha önce STEM eğitimine yönelik herhangi bir uygulama yaptınız mı?
2. STEM aktivitesi esnasında öğrencilere rehberlik etmekte zorlandığınız bölümler oldu mu? Oldu ise zorlandığınız bölümlerde hangi çözümleri üreterek aktiviteyi ilerlettiniz?
3. STEM aktivitesi esnasında aktiviteyi rahatça ilerlettiğiniz bölümler oldu mu? Oldu ise sizce neden bu bölümlerde kolaylık yaşadınız?
4. STEM aktivitesinde düzeltilmesi ya da değiştirilmesi gerektiğini düşündüğünüz bölümler var mı? Var ise sizce nasıl düzeltilmeli?
5. Aktivite kazanımlara uygun hazırlanmış mı ?
6. Öğrenciler ile aranızdaki iletişim nasıldı?

## G. Observation Form

### ARAŞTIRMACI GÖZLEM FORMU

Bu form, STEM aktivitesini uygulayan öğretmeni gözlemlemek için oluşturulmuştur.

**Aktivite adı:**

**Tarih:**

**Aktiviteye katılan öğrenci sayısı:**

Aşağıdaki ifadeler, öğrenci merkezli aktivite esnasında öğretmenden beklenen durumları göstermektedir. Öğretmen beklenen durumu istenilen ölçüde uyguladı ise “Uygulandı” uygulamadı ise “Uygulanmadı” bölümünü işaretleyiniz. Ayrıca, her maddenin altında araştırmacının gözlemlerini not edebileceği “Açıklama” bölümü bulunmaktadır.

|                                                                                                     |                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| <b>STEM Aktivite İsmi:</b>                                                                          | <b>Tarih:</b>    |                    |
| <b>Öğretmen:</b>                                                                                    |                  |                    |
| <b>Aktiviteye katılan öğrenci sayısı:</b>                                                           |                  |                    |
|                                                                                                     | <b>Uygulandı</b> | <b>Uygulanmadı</b> |
| Öğretmen,                                                                                           |                  |                    |
| 1. Aktivite senaryosunda bulunan problemi öğrenciler ile birlikte tartışır.<br><i>Açıklama:</i>     |                  |                    |
| 2. Aktivitenin hedefini öğrencilerle birlikte tartışır.<br><i>Açıklama:</i>                         |                  |                    |
| 3. Aktivitede öğrencilere sorması gereken soruları anlaşılır bir şekilde sorar.<br><i>Açıklama:</i> |                  |                    |

|                                                                                                               |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 4. Öğrencilerin ön bilgilerini kullanmaları için onlara rehberlik eder.<br><i>Açıklama:</i>                   |  |  |
| 5. Öğrencileri gruplara ayırır.<br><i>Açıklama:</i>                                                           |  |  |
| 6. Öğrencilerin sorduğu soruları direkt cevaplandırmaktan ziyade öğrencileri yönlendirir.<br><i>Açıklama:</i> |  |  |
| 7. Açıklamaları net bir şekilde yapar.<br><i>Açıklama:</i>                                                    |  |  |
| 8. Aktivite esnasında öğrencileri açık uçlu sorularla yönlendirir.<br><i>Açıklama:</i>                        |  |  |
| 9. Aktivite planında belirtilen sürele dikkat eder.<br><i>Açıklama:</i>                                       |  |  |
| 10. Öğrencileri sorgulamaya yönlendirir.<br><i>Açıklama:</i>                                                  |  |  |
| 11. Öğrencilere geri dönütler vererek onlara yardımcı olur.<br><i>Açıklama:</i>                               |  |  |
| 12. Öğrencilerin aktivite sonunda çıkardıkları ürünleri dikkatle inceler<br><i>Açıklama:</i>                  |  |  |

## H. Invitation Form

### DAVET FORMU

Lütfen aşağıdaki boşlukları eksiksiz doldurunuz.

**Ad**

**Soyad**

**Cinsiyet**

**Sınıf**

**Okul**

**I. Dönem Ders Notu Ortalaması**

**Mail Adresi**

## **I. Ethics Committee Approval Document**





