



## Designing Digital Formative Assessment for Entrepreneurial STEM Education<sup>1</sup>

Sila KAYA-CAPOCCI<sup>2</sup>

### Abstract

Digital formative assessment can be understood as the integration of formative assessment into lessons by using different digital tools or learning environments and aims to support the progression of students. Although a number of studies have addressed formative assessment and the effectiveness of digital tools, there are very few studies in the literature on how educators should plan to effectively integrate digital formative assessment into the classroom, or how it can be integrated into, the recent trending topic, entrepreneurial STEM education. This paper thus aims to provide educators with information about how to facilitate digital formative assessment in the classroom and support them in planning why and how such assessment can be applied to entrepreneurial STEM issues as an integral part of the teaching and learning process. To do so, first, what entrepreneurial STEM education and digital formative assessment are, and their importance is conceptually discussed. Then, a sample lesson plan was developed and presented on how this integration can be developed within the scope of Assessment of Transversal Skills in STEM (ATS-STEM) and Digital Formative Assessment Frameworks. The paper is finalised with proposing various suggestions to help plan an effective digital formative assessment for entrepreneurship STEM education and eliminate the problems related to the topic. Therefore, the paper concludes by suggesting that pre-service teachers and educators should be trained with the required knowledge, skills and attitudes about STEM education and digital formative assessment, and that they should be adequately equipped to conceptualize, plan, integrate, and implement these topics.

### Key Words

Digital learning  
Entrepreneurship  
Formative assessment  
Preservice teacher  
STEM education  
Teacher education

### About Article

Sending date: 18.07.2023  
Acceptance date: 01.08.2023  
E-Publication date: 31.08.2023

<sup>1</sup> This study is presented in 3. International Conference on Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education.

<sup>2</sup> Assit. Prof. Dr., Agri Ibrahim Cecen University, Türkiye, [silakaya@agri.edu.tr](mailto:silakaya@agri.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-2653-855X>

## Introduction

An important means of ensuring social development can be considered as supporting personal development. Personal development can be supported by the family and school in the most effective and long-lasting way. As important as the development itself is, how this development is achieved is equally important. Over the past few years, entrepreneurship and STEM education have gained traction as means to support individual and social development. In spite of the differing definitions of entrepreneurship and STEM education in different fields, there are some common benefits that can be derived from them.

STEM education, which receives increasing attention and publications, has positive effects on the individual, the community, and the global level. Among these benefits are contributing to the social, economic and environmental development of a country (Kelley & Knowles, 2016), maintaining a country's economic competitiveness at global level (Corlu, Capraro & Capraro, 2014), ensuring the renewal and development of technologies (Sanders, 2007) and bringing up the required qualified STEM workforce (Nistor, Gras-Velazquez, Billon & Mihai, 2018).

Enterprise education, whose place in the curriculum has been debated and the publication rate has increased since 2004 (Deveci, 2022), also has benefits individually, socially, and globally. Enterprise education can help create students equipped with 21st century skills such as innovation, problem solving, risk taking and adapting to new situations (Adatepe, Kul & Adatepe, 2021; European Commission, 2014; Rindova, Barry & Ketchen, 2009), support individuals' career development (Alvarez & Barney, 2007; Birdthistle, Hynes & Fleming, 2007; Bruyat & Julien, 2001) and increasing awareness on socio-economic issues (Irzik, 2013).

A growing number of disciplines are taking an interest across the world in the integration of entrepreneurship and STEM education, also known as entrepreneurial STEM education (Bosman & Fernhaber, 2019; Elliot, Mavriplis, & Anis, 2020; Ucar, 2019). This may be because it is believed that the development and implementation of STEM practices from an entrepreneurial perspective will yield more effective results than the segregated applications of STEM and entrepreneurship (Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023). The integration, however, has yet to be effectively implemented since it is a new concept. Although entrepreneurship and STEM are reflected as discrete topics, these topics have taken place in the curriculum of different countries (e.g., Department of Education and Skills, 2016; Finnish National Board of Education, 2014; Turkish Board of Education and Discipline, 2013). Since educators are the first implementers of the subjects in the curriculum, their incorporation of these topics into the teaching and learning process in an effective and efficient way is crucial. In order to achieve this, educators need pedagogical competencies and content knowledge on the topic.

Assessments can provide insight into the effectiveness and efficiency of the teaching and learning process as well as the extent of the learning occurrence. From this point of view, assessment has a great role in determining the success of a teaching and learning process. Even though assessment is an integral part of the teaching and learning process (Basol et al., 2013), the assessment is sometimes fully neglected, and sometimes only summative assessment is focused on while neglecting formative assessment (Medland, 2016; Struyven, Dochy & Jansens, 2005). Apart from this, with the development of technology and globalization, the use of digital media and technological devices in education has become widespread. With the emergence of studies showing the effectiveness of these devices in education and the importance of giving feedback to students, digital formative assessment has also started to take its place among research (e.g., Celik, 2021). In addition to increasing student motivation, helping students become responsible and autonomous learners, and developing lifelong learning strategies, digital formative assessment has a significance in increasing student achievement, helping low-achieving students, including individuals with learning disabilities, and supporting high-level learning (Hotaman, 2020; Kaya-Capocci, O'Leary, & Costello, 2022; López-Pastor & Sicilia-Camacho, 2017).

Consequently, entrepreneurial STEM education and digital formative assessment are essential for the advancement of a country's education, society, science, and economy. However, the non-systematic literature review revealed little or no work on how digital formative assessment should be integrated in an interdisciplinary context, particularly into entrepreneurial STEM education. Therefore, this theoretical study aims to inform educators about how digital formative assessment can be implemented in entrepreneurial STEM education in a timely and effective manner as an integral part of

the teaching and learning process, and to support educators in during the planning of the implementation. This study, thus, first introduces entrepreneurship and STEM education and formative assessment and then, explains how digital environments and technological devices can be used as a part of formative assessment in the education-teaching process, and discusses the necessity of this. After discussing the necessity of educators' self-development on these issues, it is explained how formative assessment can be applied in entrepreneurial STEM education through digital environments during the teaching and learning process, and a lesson plan is presented exemplifying how these practices can be developed. The lesson plan was developed based on the ATS-STEM Scientific Framework (McLoughlin, Butler, Kaya, & Costello, 2020) and the Digital Formative Assessment Framework (Kaya-Capocci, O'Leary, & Costello, 2022). This study was completed by providing recommendations for an effective digital formative assessment.

### **Entrepreneurship and STEM Education**

In recent years, the implementation of STEM education has become increasingly prevalent as a formal interdisciplinary education goal for individuals of all ages. This approach rejects the discrete nature of the sciences and supports a paradigm shift towards integration based on similarities between disciplines by embracing a holistic view. STEM education centers, STEM laboratories, STEM schools, STEM programs, and many more STEM-related centers and applications are operationalised worldwide using resources. Although the disciplines and subject areas in STEM education are clearly defined and the term has been used in education programs for over two decades, debates about how these disciplines are brought together still continue (McLoughlin et al., 2020). Researchers use STEM education in different ways, from teaching two or more disciplines together being one discipline a focal point, to teaching four disciplines in an integrated manner by distributing the focus to all four disciplines equally (Bybee, 2013). Although there is still no clear definition of what integrated STEM education is, the definitions are becoming more similar by time (Johnson, 2013). This interdisciplinary approach does more than demonstrating how the content of STEM disciplines can inform each other by showing how STEM design, inquiry, analysis, and 21st century skills can be integrated (Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023).

The integration of STEM education into curricula gained momentum by the end of the 20th century. This integration has been supported in different countries for different reasons. One of the potential reasons for this support would be that the countries with strong and stable economies generally have an effective and successful STEM education (Marginson, Tytler, Freeman, & Roberts, 2013). This may be because STEM education helps people better understand the world and improve a country's economy, scientific knowledge, and technology as the main purpose of STEM education can be viewed as supporting students to deal with the problems they encounter in daily life and find solutions to overcome these problems (Johnson, Peters-Burton, & Moore, 2015; Li, Wang, Xiao, Froyd, & Nite, 2020; McLoughlin, Butler, Kaya, & Costello, 2020). Additionally, integrated STEM education can contribute students develop an integrated perception of the natural and designed world as well as relational connections between concepts by analysing and synthesising the relationships between different concepts (Fortus & Krajcik, 2020). Other reasons for supporting STEM education may include its contribution to the countries' social, economic and environmental development (Kelley & Knowles, 2016) and creating a qualified workforce in STEM fields (Nistor, Gras-Velazquez, Billon & Mihai, 2018).

With the increasing role and importance of innovation in our everyday lives, enterprise education began to gain prominence. However, before discussing enterprise education, it is essential to comprehend what entrepreneurship is, its types, and its use in education. Entrepreneurship is defined from specific and broader perspectives according to the field in which it is studied. Specific definitions of entrepreneurship focus more on starting a business and making a profit, while broader definitions focus on features such as producing something new, an effort to innovate, and entrepreneurial skills. In the education context, Kaya, Erduran, Birdthistle, and McCormack (2018) analysed broader entrepreneurship definitions and defined entrepreneurship as follows:

*The process of establishing new economic, social, institutional, cultural and scientific environments or organisations to create future products and services by realising the opportunities and their possible failures and using required resources.*

Kaya et al. (2018)

Despite its use in education, the literature shows that most educational studies focus on financial entrepreneurship (e.g., Deveci & Cepni, 2014). This may not be surprising considering that entrepreneurship has been related to economic and administrative sciences for many decades. However, since education faculties are not places where the main aim is to conduct businesses, it is not acceptable to integrate the entrepreneurship without its conceptual adaptation from economics and administrative sciences where entrepreneurship is first viewed from a financial perspective to education. Considering its contribution to countries and the goals of education, giving the focus to social and innovative entrepreneurship in the field of education should be prioritised. The reason for this prioritisation may be better understood looking at the features of social and innovative entrepreneurship. Social entrepreneurship focuses on features such as being equipped with a social mission and vision, creating social values, realising social entrepreneurship opportunities, being innovative, providing resource creation and sustainability, and utilising social networks (Kirilmaz, 2014). Innovative entrepreneurship aims to reach effective and productive results in different areas in order to contribute to social progress as well as individual and regional wealth (Block, Fisch, & Van Praag, 2017). Integrating these entrepreneurship types into education effectively will naturally facilitate the emergence of financial entrepreneurship while contributing the social, scientific and technological development as well as economic development of countries.

In addition to the benefits of utilizing social and innovative entrepreneurship in enterprise education, the integration of entrepreneurship, with different types of entrepreneurship, into education has different advantages. For example, entrepreneurship contributes to raising students who are innovative and problem solver, who can take appropriate risks and adapt to new situations (Adatepe, Kul, & Adatepe, 2021; European Commission, 2014; Hisrich & Peters, 2002; Rindova, Barry & Ketchen, 2009). Integration of entrepreneurship into other disciplines would also support students' career development (Alvarez & Barney, 2007; Bruyat & Julien, 2001; Birdthistle, Hynes & Fleming, 2007), increased awareness of socio-economic issues (Irzik, 2013), development of 21st century skills (Hisrich & Peters, 2002; Volkman, Wilson, Mariotti, Rabuzzi, Vyakarnam, & Sepulveda, 2009) as well as the social and economic progression of countries (Amos & Onifade, 2013).

Innovation becoming more and more important in our daily lives has prompted entrepreneurship and STEM education to become more intertwined. In education, this connection appears in many different forms, such as the idea of identifying the required skills for STEM education through enterprise education. In order to benefit from STEM education more efficiently and effectively, STEM skills need to be brought to the fore and developed further. In a number of studies, these STEM skills are also referred as 21st century skills. One way to reveal STEM skills can be through enterprise education as it prioritises the development of skills (Leffler, 2014) which are similar to the targeted STEM skills.

In recent years, entrepreneurial STEM education has begun to be studied in different disciplines around the world (e.g., Bosman & Fernhaber, 2019; Elliott, Mavriplis, & Anis, 2020; Jackson et al., 2023; Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023). In entrepreneurial STEM education, STEM content is taught through an entrepreneurial lens that promotes the development of an entrepreneurial mindset and intention in STEM. In other words, in entrepreneurial STEM, through an entrepreneurial perspective, STEM knowledge and resources are transformed into digital technologies, scientific inventions and STEM products or services and transferred from the academy to the public (Kaya, 2019; Saravathy, 2001). Entrepreneurial STEM education can help students realise where and how STEM is used in daily life (Pabuccu Akis & Demirer, 2023), which can increase interest and motivation in STEM disciplines (Ucar, 2020). Additionally, students improve their 21st century skills and competencies by being exposed to entrepreneurial STEM education and, they better learn to produce innovative solutions to daily problems by applying these skills in different contexts (Deveci & Cepni, 2014; Jang, 2016; Kaya-Capocci & Ucar, 2023). With the development of an entrepreneurial STEM perspective, students realise new opportunities easier, which can help them to find new job opportunities in the future and advance in their careers (Alvarez & Barney, 2007; Kaya et al., 2018). All these can help students to reveal their full potential (Volkman et al., 2009). Raising citizens with an entrepreneurial STEM perspective can

also contribute to the social, scientific, economic and environmental development of countries. This can help prevent or overcome many problems in the future, such as global epidemics or global warming. STEM outputs that are not used for scientific, economic and technological development and do not benefit the public lose their importance and become forgotten.

Although the entrepreneurial STEM education takes its place in the curriculum, albeit as separate disciplines in undergraduate courses such as "Interdisciplinary Science Teaching", assessment has a key role in determining the effectiveness of this integration. Assessment, particularly formative assessment, is sometimes neglected, yet it maintains its place in education as an integral part of the teaching and learning process (Basol et al., 2013). With the use of digital environments and technological devices in education due to the development of technology and globalisation, digital formative assessment became more significant.

### **Formative Assessment: Advantages, Disadvantages and Recommendations**

The need to increase diversity in assessment practices has been highlighted in various studies. Yet, assessment in higher education is still dominated by summative assessment strategies (Medland, 2016). In Turkey, there is a lack of literature on how formative assessment should be applied to teaching and learning processes, not only in higher education but also at all levels of education. Therefore, in this section, the advantages and disadvantages of formative assessment will be discussed first, and then, suggestions will be provided on how this application can be integrated into classrooms.

Formative assessment commonly refers to in-class processes that aim to collect and use information about students' learning to determine what is needed to support their learning progress (ARG, 2002). Formative assessment can be applied for each learning outcome throughout the learning process. In this type of assessment, factors such as feedback, correction and student participation, which are included in the process and used to determine the quality of education, contribute to the success of teaching (Atilgan, 2017). Formative assessment provides many benefits to the teaching and learning process. Performing such an assessment acts as a stimulant in the education process by providing short and guiding feedback on whether the goals tried to be achieved through educational activities during the learning process have been successfully achieved (Hotaman, 2020). Additionally, formative assessment can increase student motivation, help students become responsible and autonomous learners, and develop lifelong learning strategies as well as enhance student achievement, assist low-achieving students, including individuals with learning disabilities, and support high-level learning (López-Pastor & Sicilia-Camacho, 2017). The benefits of formative assessment may vary depending on how it is applied and the size of the student sample (Bennett, 2011).

As with anything, formative assessment also comes with disadvantages. In a study conducted after six years, López-Pastor and Sicilia-Camacho (2017) found similar results to Bennett (2011). The results referred to the problems such as lack of student and educator experience in formative assessment, lack of educator knowledge about how formative assessment should be applied in schools, and the perception of students and educators about the excessive workload due to the use of digital formative assessment. In order to overcome such problems, studies should be conducted to increase the knowledge, skills and attitudes of educators and students about formative assessment and to use practices utilising this type of assessment. In this sense, as a first step, students and educators should be informed about formative assessment strategies and encouraged to employ these strategies in classroom for the integration of assessment and learning.

William and Thompson (2008) suggested five formative assessment strategies that are widely used in the literature. These strategies are summarised as follows:

1. Clarifying and sharing learning outcomes and success criteria,
2. Designing effective classroom discussions, question-answer activities and learning tasks,
3. Providing feedback that helps progress students' learning,
4. Engaging students as teaching resources for each other (peer assessment), and
5. Activating students as owners of their own learning (self-assessment).

While many international studies have been conducted on formative assessment in STEM-related disciplines, very few studies have been conducted in Turkey. Inaltun and Ates (2018) reviewed

the literature on formative assessment in science education in the Web of Science (WoS) database between 2001 and 2017 and identified 31 studies, only one in the context of Turkey. The authors also listed seven other Turkish studies on the same topic not included in WoS. Aydeniz and Dogan (2016), the only study listed in the WoS database, conducted a study with 53 pre-service science teachers in Turkey examining their pedagogical capacities in formative assessment. The results indicated that the participants failed to successfully identify the false beliefs, limitations and strengths of the students in their justifications. This result may also be an indicator of how limited formative assessment studies are in Turkey. Furthermore, the recent epidemics, natural disasters, and pandemics such as COVID-19 brought up consideration of the more widespread use of digital media and technological tools in education, and therefore in assessment. The next section, thus, introduces digital formative assessment and discusses the means of its implementation.

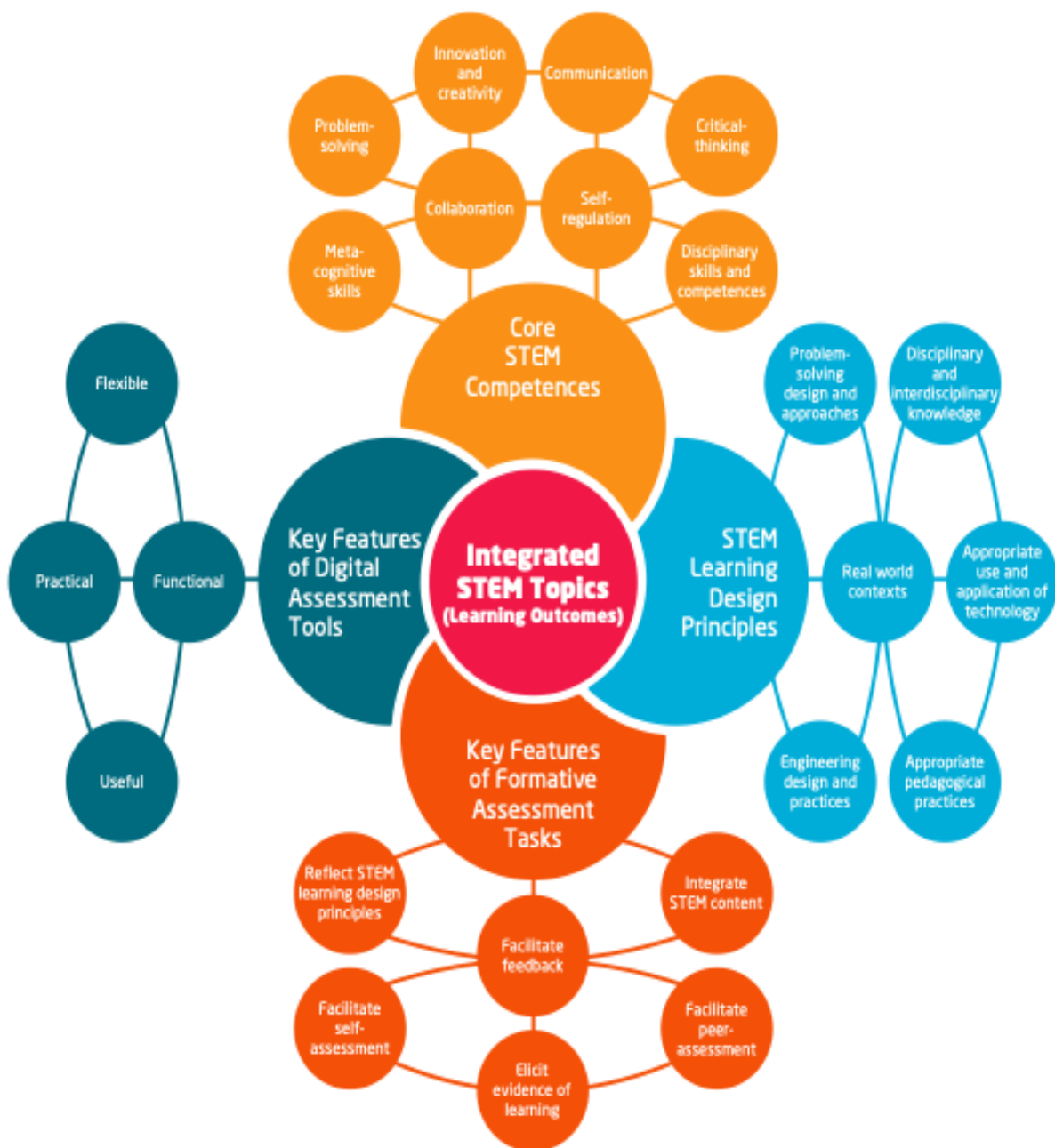
### **Digital Formative Assessment: Integration of Technology into Formative Assessment**

A number of researchers suggest that online formative assessment should be used to create a learning environment that is student-focused and assessment-centered (Gikandi, Morrow, & Davis, 2011). Digital formative assessment is described as a formative assessment approach that uses all the features of digital learning to support assessment of student progress (Kaya-Capocci, O'Leary, & Costello, 2022; Looney, 2019). To apply digital formative assessment effectively, technology has an important place. Different advantages of using digital formative assessment in the classroom have been identified in the literature. For example, there are benefits associated with complex cognitive processes, including enhanced self-regulation capacity as well as the ones associated with knowledge and achievement including the ability to provide more immediate and purposeful feedback (McLaughlin & Yan, 2017). Furthermore, digital formative assessment enables students to increase their motivation to learn (Bhagat & Spector, 2017) and to support learning without any time and place limitations as it can be used anytime, anywhere (Barana & Marchisio, 2016).

When facilitates effective and immediate feedback and provides participation in critical learning processes and equitable education, online formative assessment serves as an innovative and learner-centered pedagogical approach (Gikandi, Morrow & Davis, 2011). McLaughlin and Yan (2017) reviewed the online formative assessment literature and identified 55 relevant studies published between 2006 and 2016. Excluding the studies identified by Gikandi, Morrow, and Davis (2011), 32 additional studies published from 2010 to 2016 were found. Considering that these 32 studies target primary, secondary, high school and university levels, it can be said that the number of studies on the subject in seven years is very limited. Different studies have been conducted on the use of digital tools for formative assessment. For example, McLaughlin and Yan (2017) provided a list of digital tools that can be used for digital formative assessment. A more extended version of this list with potential uses of the tools is presented by Reynolds, O'Leary, Brown, and Costello (2020). Different studies have also been conducted on the use and effectiveness of the digital tools in the list. For instance, Ismail, Ahmad, Mohammad, Fakri, Nor, and Pa (2019) conducted research comparing Kahoot! and e-Quiz which were included the formerly mentioned list and found Kahoot! more effective formative assessment tool. Similarly, Zhan, Sun, Chan, Chan, Lam, and Lee (2021) compared Kahoot!, Mentimeter, and Google+. The results of the study showed that whilst the majority of respondents doubted the effectiveness of Google+, they showed a positive attitude towards Kahoot! or Mentimeter. Although there are studies showing the effectiveness of using digital tools in formative assessment, these studies also show that educators lack knowledge about how such tools can be integrated into the teaching and learning process.

Few studies in different education fields are also found in Turkish literature. Hotaman (2020) conducted a literature review to evaluate the benefits that can be obtained by applying formative assessment in distance education and bring it to the attention of educators. The review showed that placing formative assessment at the center of online education would make an important contribution to identifying and eliminating learning deficiencies that may arise. Celik and Tepe (2022) investigated the experiences of pre-service teachers in the field of social studies regarding the process of planning lessons using digital assessment tools and implementing these plans in digital environments. The authors found that most content was created at the 7th grade level and the "Quiziz" application was mostly preferred for content creation. In addition to emphasizing the necessity of digitalization in educational practices,

the pre-service teachers stated that educators and pre-service teachers should be more knowledgeable on how to use digital assessment tools and be aware of the importance of using the active learning during formative assessment. Another study conducted by Celik (2021) in the field of social studies researched the experiences of pre-service social studies teachers who use Web 2.0 technologies for assessment. Ozcan (2022) investigated the effect of in-class technology-supported formative assessment competence on educators' classroom management skills. Yilmaz (2017) conducted research on whether mobile technologies can be used to create an in-class formative feedback and assessment system. As seen so far, no study has been found in Turkey directly on how digital formative assessment can be integrated into lesson planning in interdisciplinary fields, particularly entrepreneurial STEM education, and how it can be implemented in the classroom. Within this context, Butler, McLoughlin, O'Leary, Kaya, Brown and Costello (2020) developed the ATS-STEM Framework through their research in nine European countries for the application of digital formative assessment in STEM education. This framework is presented in Figure 1.



**Figure 1.** Expanded ATS STEM Conceptual Framework for Integrated STEM Education

Formative Assessment in Science and Mathematics Education (FaSMEd) initiative recommends considering three functions of technological tools to effectively integrate digital tools into teaching and learning processes (European Commission, 2016). These three functions include sending/displaying, processing/analyzing and providing an interactive environment which are briefly introduced below.

1. **Sending and Displaying:** Sharing can be done with students using this function. Content can be displayed to students or sent digitally. By doing so, students' background knowledge can be determined, communication can be established between different actors of the formative assessment process (e.g., student, peer, educator), and students' memorization and student response process can be facilitated.
2. **Processing and Analysis:** Using this function, students can be aware of their mental processes. The content provided by the students is processed and analyzed. This function can be helpful to selectively extract or summarize relevant data and interpret formative assessment by processing or analyzing learner performance based on the success criteria.
3. **Interactive Environment:** This function can provide interaction between different actors in a digital environment. Students can be included in this environment individually, with their peers, or with their educators to explore the content. Digital tools can be used in this process to provide students with an interactive environment and enable them to explore content interactively.

Based on digital formative assessment strategies and the functions of technology, Kaya-Capocci, O'Leary, and Costello (2022) developed and presented the Digital Formative Assessment Framework. This framework is presented in Figure 2.

Formative Assessment Strategies	Digital Technology Functionalities		
	A. Sending and Displaying	B. Processing and Analysing	C. Interactive Environment
1. Clarifying and Sharing Learning Outcomes and Success Criteria	1A	1B	1C
2. Classroom Discussion, Questioning, and Learning Tasks	2A	2B	2C
3. Feedback	3A	3B	3C
4. Peer and Self-Assessment	4A	4B	4C

**Figure 2.** A framework for conceptualising, planning, and implementing digital formative assessment in higher education

As presented in Figure 2, three functions of technology can be used in conjunction with formative assessment strategies in the context of entrepreneurial STEM education to support student progress. However, educators may need support to plan and implement such strategies and approaches. Therefore, in the next section, a sample lesson plan is developed and presented within the scope of ATS-STEM and Digital Formative Assessment Frameworks to contribute to educators' planning and implementation of digital formative assessment in a timely and effective manner in entrepreneurial STEM education as an integral part of the teaching and learning process.



## **Step-by-Step Integration: Digital Formative Assessment in Entrepreneurial STEM Education Lesson Plan**

Despite being integrated as separate disciplines, entrepreneurship and STEM have been incorporated into the curricula of different countries (e.g., Department of Education and Skills, 2016; Finnish National Board of Education, 2014; Turkish Board of Education and Discipline, 2013). When a subject is included in the curriculum, educators should have the competence to integrate it into their teaching. For example, the recent addition of a compulsory course - Interdisciplinary Science Teaching - to teacher training programs in Turkey in the 2021-2022 academic year aims to bring up well-equipped educators on interdisciplinary approaches that have become widespread worldwide. Entrepreneurship and STEM education can be implemented as part of this course. However, as seen in the literature, educators and pre-service teachers are still not familiar with the concepts of entrepreneurial STEM education, formative assessment, and digital education. Thus, it may not be surprising that difficulties may occur during the planning and implementation of the lessons. The literature presented in the previous sections also supports this inference. To integrate these concepts into lessons, educators must become more familiar with the content and the ways of incorporating that content into lesson plans. A sample lesson plan has been developed in this section to provide educators with explanatory, practical and innovative teaching practices.

General details of lesson plans such as date, name-surname, unit name, are skipped in the lesson plan presented in this section. All the steps of the lesson plan development process were determined based on the themes of the ATS-STEM Framework (Butler, McLoughlin, O’Leary, Kaya, Brown & Costello, 2020) presented in Figure 1. The last step (Step 7) is detailed based on the Digital Formative Assessment Framework (Kaya-Capocci, O’Leary, & Costello, 2022) presented in Figure 2.

### *Step 1 - Identifying the integrated STEM education topic*

In this step, educators can choose which integrated STEM education topic they will focus on based on the content of the following week. It is recommended to select the topics within the scope of the sustainable development goals which has gained importance recently and is supported by the United Nations (2015) to achieve by 2030. The current study is planned for students to select the topic according to the problems they observe in their daily life. This is a more effective method than the educator's deciding on the topic as it requires active participation of the students. In this context, first of all, the following practices are carried out:

- In the previous week, before determining the topic, the educator informs the students about social, innovative and financial entrepreneurship and gives relevant examples.
- The previous week, before determining the topic, the educator conducts a classroom discussion on the features of STEM education.
- The educator asks students to identify three main problems that local people are facing and to bring them to the classroom.
- The educator assigns students a little research on how entrepreneurship and STEM applications can be used to solve these problems.
- The following week, students come to class with a list of problems and solutions to these problems with entrepreneurial STEM.

While clarifying the subject, the educator asks questions about how sustainable development goals are included in the problems identified by the students.

### *Step 2 – Identifying STEM competencies*

STEM competencies are identified after deciding on the topic or its content. In the current activity, one of the eight competencies included in the ATS-STEM Framework was determined as a core competency and the other two as a side competency.

Core competency: Problem solving

Sub-competencies: Critical thinking; Creativity

### ***Step 3 – Determining the learning outcomes***

The educator determines the learning outcomes after discussing the topic and selecting the targeted STEM competencies. In the current activity, learning outcomes (LO) were determined as follows:

LO1: Students will be able to notice the problems they encounter in their area (targeting problem solving competence)

LO2: Students will be able to propose a STEM-based creative solution to the problem they have selected using local resources (problem solving and creativity competencies)

LO3: Students will be able to critically evaluate how solving this local problem contributes to the development of society (critical thinking competence)

LO4: Students will be able to analyze how entrepreneurship types contribute to the solution of this local problem (problem solving and critical thinking)

LO5: Students will be able to analyze how STEM education contributes to the solution of this local problem (problem solving and critical thinking)

### ***Step 4 – Deciding on the learning design principles (methods and strategies) to use in STEM education***

There are different learning designs that can be used in STEM education (Butler, McLoughlin, O’Leary, Kaya, Brown, & Costello, 2020). Learning designs with different teaching methods and strategies can be adapted in this step, such as the use of appropriate technologies, the engineering design process (EDP), design thinking, and project-based learning. The current study uses appropriate use and application of technologies and EDP (Douglas, Moore, & Adams, 2016). The details of this use are explained further in the sixth step.

### ***Step 5 – Determining success criteria***

To determine whether or not targeted learning outcomes have been achieved, success criteria are determined. Learning outcomes and success criteria should be written in a simple, clear and understandable language that the students can make sense of. The aim should be to make learning visible for both students and educators. In the current study, aligned with the learning outcomes presented in Step 3, five success criteria (SC) were determined as follows.

SC1: If the student can identify at least two problems s/he encounters in the local area and explain the reasons for these problems,

SC2: If the student can propose a creative solution to the problem using local resources,

SC3: If the student can discuss the advantages and disadvantages of solving this particular local problem for the society,

SC4: If the student can provide at least two justifications about how solving the local problem contributes to the development of the community,

SC5: If the student can explain, using at least one type of entrepreneurship, how entrepreneurship types contribute to the solution of the local problem,

SC6: If the student can explain, using at least two STEM disciplines, how STEM education contributes to the solution of the local problem, the student will be accepted successful.

It is important to set the success criteria first, as assessment is usually neglected in the teaching and learning process. Here, while SC1 visualises the success of LO1, SC2 visualises the success of LO2, SC3 and SC4 visualises LO3's success, SC5 visualises LO4's success, and SC6 visualises the success of LO5.

### ***Step 6 – Planning the entrepreneurial STEM practice***

Since EDP is selected as the learning design in Step 4, the activity is designed according to the phases of EDP. This study follows the phases adopted by Douglas, Moore, and Adams (2016) which is widely used around the world. Identifying an existing problem or deficiency and bringing a creative

solution to this situation is also placed within the scope of enterprise education. It is, however, necessary to move beyond an intellectual design on a piece of paper in order for this process to be considered entrepreneurship. What action is taken and what the content includes determine the type of entrepreneurship adopted in the activity. For example, developing a prototype, that has not been seen before, on a scientific basis indicates the use of innovative entrepreneurship. Sharing the knowledge and findings with the target group benefiting from the solution through a social responsibility project indicates the use of social entrepreneurship. Forming a profit-oriented organization based on the knowledge and findings obtained shows the use of financial entrepreneurship.

- **Define:** Students first define the problem they will target by conducting research in different places such as libraries, digital environments, or by interviewing their families, friends or individuals around them about what kind of daily problems they encounter.
- **Learn:** This stage is for students to learn about the problem. Students try to obtain information about what causes the problem and how it can be solved by using different sources. Here, it is investigated whether there is a solution for the problem which is currently in use. If there is a solution in use, its effectiveness is investigated. Depending on the findings, it is decided either to update and develop the existing solution or to come up with a new solution. The role of STEM disciplines in finding a solution and the required materials should also be researched and discussed.
- **Plan:** This stage is to plan a solution. At this stage, the criteria and constraints to achieve success are reviewed, and different ideas are put forward to solve the problem creatively. Among these ideas, the applicable ones are selected and the preparations for implementation are started. Meanwhile, it is decided on how STEM disciplines will be used at which stage. During the process, materials required, blueprints, steps to be followed in the process, cost calculation (if necessary), and further information that found necessary are planned.
- **Try:** This stage is to try the solutions that are planned previously. The ways of optimizing the work and the potential risks that may be encountered during the application are considered here. The plan is implemented by using the materials laid out in the planning, by following the blueprints and the steps, by keeping the income and outcome under control if any, and by following the further information decided on planning. If a prototype is decided to be developed, it is developed at this stage and checked whether it works. It is aimed that the students internalize how STEM disciplines are used in practice by discussing whether the targeted STEM disciplines are used as envisaged; if not, the reasons for not being used; whether there are STEM disciplines added or removed during the implementation; and if so, the reasons for this change. Students are also asked during this process whether they used any of entrepreneurial knowledge, skills or any of its types in practice. In this way, it is aimed that students internalize how entrepreneurship is used in practice.
- **Test:** This stage is to test the solutions that are tried. Testable questions or hypotheses are considered. The effectiveness of the process is investigated by conducting experiments or applying rubrics. Existing rubrics can be used, or new rubrics can be developed to identify whether the solution met the criteria, constraints, and needs. Apart from this, other suitable methods can also be applied. The data is collected and analyzed in this stage. Also, what went well and what difficulties were encountered about the best solution are identified here.
- **Decide:** This stage is to decide whether a solution is good enough. By looking at the criteria decided at the beginning of the study and considering the test results, the adequacy of the solution is decided. It is checked whether the implemented solutions contribute to the solution of the problem and whether there are difficulties with the implementation of the solutions. Based on these, if the solution has been successful, the solution can be shared with public. If it is not successful, the solution is planned,

implemented, and tested again by discussing how the problems can be solved and how the solution can be improved. This process is iterated until an effective solution is found, and the problem is eliminated.

Providing students with information about entrepreneurship and all STEM disciplines here does not mean that entrepreneurial STEM education is applied. What is important is whether students can utilize entrepreneurial STEM competencies, embrace teaching principles and practice, analyze the situation by taking responsibility for their own learning as well as realize and explain how entrepreneurship and STEM are integrated into the practice. There is also a common misperception that students must do marketing or advertising, start a business, or make profit through their actions in order to integrate entrepreneurship into the teaching and learning process. As emphasized earlier, this is called financial entrepreneurship, and other entrepreneurship types are available to use in the classrooms.

#### *Step 7 – Integrating digital formative assessment into entrepreneurial STEM activity*

In this step, the activity suggested in Step 6 is detailed, based on the Digital Formative Assessment Framework (see Figure 2). Formative assessment strategies and the ways in which digital technologies can be applied to the content aligned with these strategies are explained. At this step, the first five steps are taken as they are. Then, digital formative assessment is weaved into to Step 6 and integrated into the lesson. To do so, five formative assessment strategies are implemented through the three functions of technology in Step 6. An example lesson is presented under four main groups (1A/1B/1C, 2A/2B/2C, 3A/3B/3C and 4A/4B/4C) based on the formative assessment strategies. All formative assessment strategies and their integration into a lesson plan through technology are explained and exemplified. EDP and the appropriate use and application of technology are adopted and presented in the lesson plan.

**1A/1B/1C:** The first formative assessment strategy (clarifying/sharing learning outcomes and success criteria) is used at the very beginning of the lesson through the functions of technology that are processing/analysis and interactive environments. Within this context, at the beginning of the lesson, relevant learning outcomes are shared with the students through Google documents. Projecting on the board falls under the display function which is not used in this plan. This sharing aims to enable students to achieve the learning outcomes whenever they want by increasing students' awareness of potential outcomes. The educator then shares the learning outcomes in Poll Everywhere and asks the students to review and score them in this application according to how much they think the learning outcomes will be challenging for them. According to the results from Poll Everywhere, learning outcomes that are very easy or very difficult, unclear, or have other problems are determined. The educator works with the students on these learning outcomes through a shared Google document, makes the required changes and creates at least one success criterion for each learning outcome. The first formative assessment strategy is thus integrated into an interactive environment.

**2A/2B/2C:** The second formative assessment strategy (effective class discussions, question-answer activities and learning tasks) are implemented in this part through the functions of sending/displaying, processing/analyzing and interactive environments. This part is integrated into the defining phase of EDP in this study. As part of the sending/display process, students are sent online newspaper news about public issues the day before class to encourage them to think about such everyday issues. Students are asked to analyze the news and then, come to the classroom by conducting their own research and identifying a problem situation the local people are facing. When students come to the lesson, they are divided into groups of 3 and 5 according to the class size. Each group comes together and explains to each other the problem situation they have identified. Students, then, analyze their findings in the group in a pre-arranged Padlet by writing down at least one advantage, one disadvantage of solving this local problem and how each of them will contribute to the development of the community. After completing the fields in the Padlet, the students decide as a group on a problem that they will address by conducting discussion and analysis. If there is not enough time left, each group can start a Whatsapp chat (the educator is also added to the chat) to complete their analysis and decide on the problem using interactive environments.

As part of the learning phase of EDP, students conduct research on the history and current status of the problem they have chosen to tackle. If there is a solution in use, its effectiveness is analyzed. According to their findings, the students decide to update and develop the existing solution or to search

for a new solution. Students create an e-portfolio and collect the data and the information in this portfolio. Within the group, students analyze and discuss the data and propose different and creative solutions accordingly. Students also explore, collect and discuss the role STEM disciplines and entrepreneurship in reaching these solutions and the materials to use in the same e-portfolio. Then, students move to the next phase of EDP, the planning phase. Students begin to plan different solutions to overcome the identified local problem by finding a new, creative way or improving the existing option with a creative approach. These plans are again saved in the e-portfolio. Students discuss possible solutions to the problem in their WhatsApp groups used as an interactive environment. The students, who move on to the trying phase of EDP, start to put their solution into practice and create and share a video of their trials. This video includes a prototype they developed to solve the problem or an environment that represents how they would solve the problem. The video also reflects the potential risks that can be faced when coming up with a solution.

**3A/3B/3C:** Students who reach the testing phase of EDP investigate what methods they can use to understand the effectiveness of the applied solutions and the existence of a rubric that focuses on the topic. At this stage, educators also guide students on where to look and what to do. If a relevant rubric is found, this rubric can be used, if not, a new rubric can be developed according to the purpose with the support of the educator. Apart from this, it can be applied if there are other suitable methods. Students share their results with educators and peers. Here, the third formative assessment strategy, providing feedback that supports student progression, is integrated into the lesson using the sending/display and interactive media functions of technology. As part of sending/displaying function, each group receives a 3-minute MP3 recording with personalized feedback via email from the educator. As part of the interactive environment function, the educator organizes a Zoom meeting for each group, answers students' questions and discusses the advantages and disadvantages of the solutions with the students. Amongst others, what went well and what difficulties were encountered during the implementation are discussed at the Zoom meeting.

**4A/4B/4C:** The adequacy of the solution phase was implemented in this part. Peer and self-assessment, which are the fourth and fifth formative assessment strategies, were integrated into this phase by using technology's processing/analysis and interactive environment functions. It is aimed that students become learning resources for each other and become active as owners of their own learning. As part of the processing/analysis, students watch each other's videos and evaluate the quality of their peers' videos according to the success criteria identified previously. As part of the interactive environment function, students review the feedback provided and in their WhatsApp groups, discuss the strengths and weaknesses of their solutions and how these solutions can be improved further. In this way, the adequacy of the solutions is decided based on the criteria and the obtained test results, the feedback of the educator, and peer and self-assessment results. If the solution has been successful, the solution can be shared with public. If it is not successful, the solution is planned, implemented, and tested again by discussing how the problems can be solved and how the solution can be improved. This process is iterated until an effective solution is found, and the problem is eliminated.

### **Discussion, Conclusion and Suggestions**

The study aimed to inform educators about digital formative assessment, entrepreneurial STEM education and their integration into lesson plans. In the current study, a non-systematic literature review was used. The future studies can investigate the effectiveness of different variables through meta-synthesis. The lesson plan developed in this study aimed to support the development of students in the context of entrepreneurial STEM education by using formative assessment through different digital tools and learning environments. While developing lesson plans, assessment was viewed as an integral part of the teaching and learning process.

Several recommendations to assist the planning of an effective digital formative assessment for interdisciplinary learning, particularly entrepreneurial STEM education, are summarized below:

- Formative assessment should aim to support student progress.
- Learning outcomes and success criteria should be written in a simple and clear language that students can understand and should aim to make learning and success visible.

- If applied in the entrepreneurial STEM education context, the role of entrepreneurship and STEM education should be included in the learning outcomes and success criteria.
- A clear learning outcome (intention) should help students focus on their own learning as well as the content.
- Each learning outcome must have at least one success criterion.
- As well as supporting teamwork rather than individuality, formative assessment (with its five strategies) should be used to help students build on existing STEM ideas and competences to create new ones through entrepreneurship.
- The teaching and learning process must be adapted to meet immediate learning needs.

Through collaborative, interactive, and reflective activities, digital formative assessment can be incorporated into interdisciplinary learning to increase learner engagement and success (Baleni, 2015; Gikandi, Morrow, & Davis, 2011; McLaughlin & Yan, 2017; Petrovic, Pale & Jeren, 2017). Additionally, such activities can help students learn from their mistakes thanks to feedback, which is one of the formative assessment strategies (Barana & Marchisio, 2016) and contribute to improving students' self-regulation (McLaughlin & Yan, 2017). Using digital formative assessment can provide opportunities for self/peer assessment as well as formative and immediate feedback (Baleni, 2015; Gikandi, Morrow, & Davis, 2011). Such assessment can also help develop and review innovative teaching methods to support learning progression (Barana & Marchisio, 2016). Overall, egalitarian education can be supported at a higher level with the effective use of digital formative assessment (Gikandi, Morrow, & Davis, 2011; Reynolds, O'Leary, Brown & Costello, 2020).

Entrepreneurial STEM education, on the other hand, can help students realize where and how STEM is used in everyday life (e.g., Pabuccu Akis & Demirer, 2023), which can increase interest and motivation in STEM disciplines (Ucar, 2020). Furthermore, with this education, students can become equipped with 21st century skills and competencies and by applying them in different contexts, they can produce solutions to daily problems (Deveci & Cepni, 2014; Jang, 2016; Kaya-Capocci & Ucar, 2023). With the development of an entrepreneurial STEM perspective, students can realise and pursue new opportunities more, and this can help them to find new job opportunities in the future and advance in their careers (Alvarez & Barney, 2007; Kaya et al., 2018). All these can help students to reveal their full potential (Volkman et al., 2009). Eventually, raising citizens with an entrepreneurial STEM perspective can contribute to the social, scientific, economic and environmental development of countries.

Overall, for pre-service teachers and educators to adapt to today's global, technological, and innovative world, and to help students adapt to it, they need to be equipped with the necessary knowledge, skills, and attitudes about entrepreneurial STEM education and digital formative assessment. This can be provided through pre-service and in-service education programmes. This study recommends conducting further research on the topic determining the qualification of educators and pre-service teachers to conceptualize, plan and implement digital formative assessment in entrepreneurial STEM education.

## References

- Adatepe, S., Kul, M., & Adatepe, E. (2021). Examining entrepreneurship characteristics and reflective thinking levels of pre-service teachers at physical education and sports school. *Education Quarterly Reviews*, 4(3).
- Alvarez, S.A. & Barney, J.B. (2007). Discovery and creation: Alternative theories of entrepreneurial action. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(1–2), 11–26.
- Amos, A.A. & Onifade C.A. (2013) The perception of students on the need for entrepreneurship education in teacher education programme. *Global Journal of Human Social Science*, 13(3), 75–80.
- Atilgan, H. (2017). Değerlendirme ve not verme. (Ed. Hakan Atilgan). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (10. Baskı). Ankara: Anı yayıncılık.
- Aydeniz, M. & Dogan, A. (2016). Exploring pre-service science teachers' pedagogical capacity for formative assessment through analyses of student answers. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 125-141.

- Barana, A. & Marchisio, M. (2016). Ten good reasons to adopt an automated formative assessment model for learning and teaching mathematics and scientific disciplines. *Procedia—Soc. Behav. Sci.*, 228, 608–613.
- Basol, G., Cakan, M., Kan, A., Ozbek, O. Y., Ozdemir, D., & Yasar, M. (2013). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Bennett, R. E. (2011) Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5-25. Doi: 10.1080/0969594X.2010.513678.
- Bhagat, K.K. & Spector, J.M. (2017). Formative assessment in complex problem-solving domains: The emerging role of assessment technologies. *J. Educ. Technol. Soc.*, 20, 312–317.
- Birdthistle, N., Hynes, B., & Fleming, P. (2007). Enterprise education programmes in secondary schools in Ireland: A multi-stakeholder perspective. *Education+ Training*, 49(4), 265–276. Doi: 10.1108/00400910710754426.
- Block, J. H., Fisch, C. O., & Van Praag, M. (2017). The Schumpeterian entrepreneur: A review of the empirical evidence on the antecedents, behaviour and consequences of innovative entrepreneurship. *Industry and Innovation*, 24(1), 61-95.
- Bosman, L., & Fernhaber, S. (2019). Applying authentic learning through cultivation of the entrepreneurial mindset in the engineering classroom. *Education Sciences*, 9(1), 7.
- Bruyat, C. & Julien, P.A. (2001). Defining the field of research in entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 16(2), 165–180. Doi: 10.1016/S0883-9026(99)00043-9.
- Butler, D., McLoughlin, E., O’Leary, M., Kaya, S., Brown, M., & Costello, E. (2020). *Towards the ATS STEM Conceptual Framework*. Dublin: Dublin City University. Doi: 10.5281/zenodo.3673559.
- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA, USA: NSTA press.
- Celik, T. (2021). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının Web 2.0 uygulamalarıyla biçimlendirici değerlendirme deneyimlerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 50 (231), 173-198 . Doi: 10.37669/Milliegitim.713075
- Celik, T., & Tepe, T. (2022). Sanal öğrenme ortamlarında sosyal bilgilerde dijital uygulamalar ile biçimsel değerlendirme tasarımları. *Muallim Rifat Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 22-43.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 74-85.
- Department of Education and Skills (2016). *Ireland’s National Skills Strategy 2025*. Dublin: Communications Unit Department of Education and Science.
- Deveci, I. (2022). Review of entrepreneurship education literature in educational contexts: Bibliometric analysis. *Participatory Educational Research*, 9(1), 214-232.
- Deveci, I. & Cepni, S. (2014). Entrepreneurship in science teacher education. *Journal of Turkish Science Education*, 11(2), 161-188.
- Douglas, K.A., Moore, T.J., & Adams, R.S. (2016). *Core engineering design competencies for intermediate and middle grades*. Indiana: Purdue University Research Foundation. Retrieved from: <https://purr.purdue.edu/publications/2203/serve/1/33660?el=1&download=1>.
- Elliott, C., Mavriplis, C., & Anis, H. (2020). An entrepreneurship education and peer mentoring program for women in STEM: mentors’ experiences and perceptions of entrepreneurial self-efficacy and intent. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(1), 43-67.
- European Commission (2014). *Entrepreneurship education: A guide for educators*. Brussels: European Commission. Retrieved from <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/7465>.
- European Commission (2016). *Formative Assessment in Science and Mathematics Education (FaSMEd) summary report*. Brussels: European Commission. Retrieved from <https://cordis.europa.eu/docs/results/612/612337/final1-final-fasmed-summary-report-final.pdf>.
- Finnish National Board of Education (2014). *New national core curriculum for basic education: focus on school culture and integrative approach*. Finland: Finnish National Agency for Education. Retrieved from: <https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/new-national-core-curriculum-for-basic-education.pdf>.

- Fortus, D. & Krajcik, J. (2020). Supporting contextualization: Lessons learned from throughout the globe. *Int Perspect Contextualization Sci Educ*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27982-0,175-183>.
- Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2333-2351.
- Hisrich, R.D. & Peters, M.P. (2002). *Entrepreneurship*. New Delhi: McGraw-Hill.
- Hotaman, D. (2020). Online eğitimin başarisi açısından biçimlendirici değerlendirmenin önemi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(73).
- Inaltun, H., & Ates, S. (2018). Fen bilimleri eğitiminde biçimlendirici değerlendirme: Literatür taraması (Formative Assessment in Science Education: A Literature Review). *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 38(2).
- Irzik, G. (2013). Introduction: Commercialization of academic science and a new agenda for science education. *Science & Education*, 22(10), 2375–2384.
- Ismail, M. A. A., Ahmad, A., Mohammad, J. A. M., Fakri, N. M. R. M., Nor, M. Z. M., & Pa, M. N. M. (2019). Using Kahoot! as a formative assessment tool in medical education: a phenomenological study. *BMC Medical Education*, 19(1), 1-8.
- Jackson, A., Henry, S., Jackman, K. M., Jones, L., Kamangar, F., Koissi, N., ... & Hohmann, C. F. (2023). A Student-Centered, Entrepreneurship Development (ASCEND) undergraduate summer research program: Foundational training for health research. *CBE—Life Sciences Education*, 22(1), ar13.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 284–301.
- Johnson, C.C. (2013). Conceptualizing integrated STEM education editorial. *Sch Sci Math* 113(8):367–368
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Eds.) (2015). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. New York, NY, USA: Routledge.
- Kaya, S. (2019). *Enhancing Pre-service Science Teachers' Understanding of How Science Works in Society: The Role of Economics and Entrepreneurship*. Unpublished Ph.D. thesis. The Republic of Ireland: University of Limerick.
- Kaya-Capocci, S., O'Leary, M. & Costello, E. (2022). Towards a Framework to Support the Implementation of Digital Formative Assessment in Higher Education. *Education Science*, 12, 823. <https://doi.org/10.3390/educsci12110823>.
- Kaya-Capocci & Peters-Burton (Eds.). (2023). *Enhancing Entrepreneurial Mindset through STEM Education*. Netherlands: Springer.
- Kaya-Capocci, S. & Ucar, S. (2023). Entrepreneurial STEM for Global Epidemics. In *Integrated Education and Learning*. Netherlands: Springer.
- Kaya, S., Erduran, S., Birdthistle, N., & McCormack, O. (2018). Looking at the social aspects of nature of science in science education through a new lens: The role of economics and entrepreneurship. *Science & Education*, 27(5-6), 457-478.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. Doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kirilmaz, K. S. (2014). Sosyal girişimcilik boyutlarına kuramsal bir bakış. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 55-74.
- Leffler, E. (2014). Enterprise learning and school subjects – A subject didactic issue? *Journal of Education and Training*, 1(2), 15-30. <http://dx.doi.org/10.5296/jet.v1i2.5194>.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic analysis of publicly funded projects. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 17.
- Looney, J. (2019). Digital Formative Assessment: A Review of the Literature. Available online: <http://www.eun.org/documents/411753/817341/Assess%40Learning+Literature+Review/be02d527-8c2f-45e3-9f75-2c5cd596261d> (accessed on 30 November 2019).



- López-Pastor, V., & Sicilia-Camacho, A. (2017). Formative and shared assessment in higher education: Lessons learned and challenges for the future. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(1), 77-97.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons: International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. Australia: Australian Council of Learned Academies.
- McLaughlin, T., & Yan, Z. (2017). Diverse delivery methods and strong psychological benefits: A review of online formative assessment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(6), 562-574.
- McLoughlin E., Butler., D., Kaya, S. & Costello, E. (2020). *STEM Education in Schools: What Can We Learn from the Research?*. Ireland: Dublin City University. Doi:10.5281/zenodo.3673728.
- Medland, E. (2016). Assessment in higher education: drivers, barriers and directions for change in the UK. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(1), 81-96. Doi: 10.1080/02602938.2014.982072.
- Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N., & Mihai, G. (2018). *Science, Technology, Engineering and Mathematics education practices in Europe [Scientix Observatory Report]*. Brussels: European Schoolnet. Retrieved from: <http://www.scientix.eu/observatory> on 21.09.2019.
- Ozcan, E. G. (2022). Öğretmenlerin görüşlerine göre teknoloji destekli biçimlendirici değerlendirme yeterliklerinin sınıf yönetimi becerileri üzerindeki etkisi. *Instructional Technology and Lifelong Learning*, 3(2), 225-251.
- Pabuccu Akis, A., & Demirer, I. (2023). Integrated STEM activity with 3D printing and entrepreneurship applications. *Science Activities*, 60(1), 1-11.
- Reynolds, K., O’Leary, M., Brown, M. & Costello, E. (2020). *Digital formative assessment of transversal skills in STEM: A review of underlying principles and best practice*. Dublin: Dublin City University. Doi: 10.5281/zenodo.3673365.
- Rindova, V., Barry, D., & Ketchen, D.J. (2009). Entrepreneurship as emancipation. *Academy of Management Review*, 34(3), 477-491.
- Sanders, M. (2007). Scientific paradigms, entrepreneurial opportunities and cycles in economic growth. *Small Business Economics*, 28(4), 339-354.
- Sarasvathy, S.D. (2001). Causation and effectuation: toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *The Academy of Management Review*, 26(2), 243-263.
- Struyven, K., Dochy, F., & Janssens, S. (2005). Students’ perceptions about evaluation and assessment in higher education: A review. *Assessment & evaluation in higher education*, 30(4), 325-341.
- Turkish Board of Education and Discipline (2013). *Turkish science curriculum*. Ankara: Board of Education and Discipline.
- United Nations (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (A/RES/70/1) Available: <https://goo.gl/ImNES4>. Accessed 23 Jun 2021.
- Ucar, S. (2019). Girişimcilik ve STEM eğitimi. D. Akgündüz (Ed.). *Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi içinde* (ss. 97-112). Ankara: Ani Yayıncılık.
- Ucar, S. (2020). *Girişimcilik eğitimi: Temel eğitimden öğretmen eğitimine genel bakış*. Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Volkman, C., Wilson, K.E., Mariotti, S., Rabuzzi, D., Vyakarnam, S., & Sepulveda, A. (2009). *Educating the next wave of entrepreneurs: Unlocking entrepreneurial capabilities to meet the global challenges of the 21st century [A Report of the Global Education Initiative]*. Switzerland: World Economic Forum. Doi: 10.2139/ssrn.1396704.
- William, D. & Thompson, M. (2008). Integrating assessment with learning: What will it take to make it work? In Dwyer, CA, (Ed.), *The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning* (ss. 53-82). New York, NY, USA: Routledge.
- Yilmaz, O. (2017). Formative assessment and feedback in interactive classroom: Usage of mobile technology. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5 S), 1832-1841.

Zhan, Y., Sun, D., Chan, N. C., Chan, K. W., Lam, T. S., & Lee, T. H. (2021). Enhancing learning engagement through formative e-assessment in general education foundation course tutorials. In *Blended Learning for Inclusive and Quality Higher Education in Asia* (pp.281-300), Singapore: Springer.

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





## Girişimci STEM Eğitiminde Dijital Biçimlendirici Değerlendirme<sup>1</sup>

Sıla KAYA-CAPOCCI<sup>2</sup>

### Özet

Dijital biçimlendirici değerlendirme farklı dijital araçları veya öğrenme ortamlarını kullanarak biçimlendirici değerlendirmenin derslere entegrasyonu olarak adlandırılır ve öğrencilerin gelişimini desteklemeyi amaçlar. Biçimlendirici değerlendirmeyi ve dijital araçların etkililiğini konu alan akademik çalışmalar bulunmasına rağmen, literatürde eğitimcilerin dijital biçimlendirici değerlendirmeyi etkili bir şekilde derse entegre etmek için nasıl bir planlama yapması gerektiğine ya da son günlerde sıklıkla konuşulan girişimci STEM eğitimine nasıl entegre edilebileceğine dair çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu nedenle, bu çalışma dijital biçimlendirici değerlendirmenin derslerde nasıl uygulanabileceğine dair eğitimcileri bilgilendirmeyi ve bu gibi bir değerlendirmenin öğrenme ve öğretim sürecinin içsel bir parçası olarak girişimci STEM konularında nasıl uygulanabileceğinin planlamasını yapabilmek için onları desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, öncelikle girişimci STEM eğitiminin ve dijital biçimlendirici değerlendirmenin ne olduğu ve önemi kavramsal olarak tartışılmış, sonrasında bu entegrasyonun nasıl geliştirilebileceğine dair STEM’de Çapraz Becerilerin Değerlendirilmesi (Assessment of Transversal Skills in STEM - ATS-STEM) ve Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Bilimsel Çerçevesi kapsamında örnek bir ders planı geliştirilmiş ve sunulmuştur. Çalışmanın sonunda girişimcilik STEM eğitimi için etkili bir dijital biçimlendirici değerlendirmenin planlanmasına yardımcı olacak çeşitli öneriler sunulmuştur. Konu ile ilgili sorunların giderilmesi için öğretmen adaylarının ve eğitimcilerin STEM eğitimi ve dijital biçimlendirici değerlendirme konusunda gerekli bilgi, beceri ve tutuma sahip olarak yetiştirilmeleri ve bu konuların kavramsallaştırılması, planlaması ve uygulaması konusunda yeterli donanımına sahip olması için bu alanlardaki çalışmaların artırılması önerilerek çalışma sonlandırılmıştır.

### Anahtar Kelimeler

Biçimlendirici değerlendirme  
Dijital öğrenme  
Girişimcilik  
STEM eğitimi  
Öğretmen adayı  
Öğretmen eğitimi

### Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 18.07.2023  
Kabul Tarihi:01.08.2023  
E-Yayın Tarihi:31.08.2023

<sup>1</sup> Bu çalışma, 3. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi’nde (3. International Conference on Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

<sup>2</sup> Dr. Öğrt. Üyesi, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Türkiye, [silakaya@agri.edu.tr](mailto:silakaya@agri.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-2653-855X>

## Giriş

Toplumsal gelişimi sağlamanın en önemli yolunun bireysel gelişimi sağlamak olduğu düşünülebilir. Bireysel gelişim ise en etkili ve kalıcı şekilde aile ve okul tarafından desteklenebilir. Ancak bu gelişimin nasıl sağlanacağı da ayrıca önemlidir. Son yıllarda bireysel gelişim ve toplumsal kalkınmayı desteklemek için girişimcilik ve STEM eğitimi ön plana çıkmaktadır. Farklı alanlarda farklı tanımları bulunan girişimcilik ve STEM eğitiminin faydalarına bakıldığında ise hangi alanda olursa olsun ortak faydaları bulunduğu görülebilir.

Giderek daha fazla ilgi gören ve alanında daha fazla yayın yapılan STEM eğitiminin bireysel, toplumsal ve küresel olarak farklı faydaları bulunmaktadır. Bir ülkenin sosyal, ekonomik ve çevresel kalkınmasına katkıda bulunması (Kelley & Knowles, 2016), dünya çapında görülen ekonomik rekabette geri kalmamaya yardımcı olması (Çorlu, Capraro & Capraro, 2014), teknolojilerin yenilenmesini ve gelişmesini sağlaması (Sanders, 2007) ve STEM alanlarında gerekli görülen nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi (Nistor, Gras-Velazquez, Billon & Mihai, 2018) bu faydalar arasında yer almaktadır.

2004 yılı itibariyle eğitim sisteminde öğretim programındaki yeri tartışılan ve konu ile ilgili yayınlarda artış gözlemlenen girişimcilik eğitiminin de (Deveci, 2022) aynı şekilde bireysel, toplumsal ve küresel olarak farklı faydaları bulunmaktadır. Girişimcilik eğitimi sayesinde yenilikçilik, problem çözme, risk alma ve yeni durumlara uyum sağlama gibi 21. yüzyıl becerileri ile donatılmış öğrenciler yetiştirilebileceği (Adatepe, Kul & Adatepe, 2021; Avrupa Komisyonu, 2014; Rindova, Barry & Ketchen, 2009), bireylerin kariyer gelişiminin desteklenebileceği (Alvarez & Barney, 2007; Birdthistle, Hynes & Fleming, 2007; Bruyat & Julien, 2001) ve sosyo-ekonomik konularda farkındalığın daha da artırılabilirliği (Irzik, 2013) düşünülmektedir.

Girişimcilik ve STEM eğitiminin birbirine entegre edilmesiyle ortaya çıkan girişimci STEM eğitimi ise dünya çapında farklı disiplinlerde çalışılmaya başlanmıştır (Bosman & Fernhaber, 2019; Elliott, Mavriplis, ve Anis, 2020; Uçar, 2018). Bu anlamda STEM eğitimi içerisinde girişimci bakış açısıyla etkinliklerin geliştirilmesinin ve uygulanmasının STEM ve girişimciliğin ayrı ayrı uygulanmasından daha etkili bir sonuç vereceği düşünülmektedir (Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023). Buna rağmen, bu entegrasyon yeni bir bakış açısı olduğu için henüz etkili bir şekilde bu entegrasyon gerçekleştirilememiştir. Girişimcilik ve STEM ayrı ayrı konular olarak yansıtılsa da bu konular farklı ülkelerin öğretim programlarında yerini almıştır (örn., Finlandiya Ulusal Eğitim Kurulu, 2014; İrlanda Eğitim Bakanlığı, 2016; Türk Talim ve Terbiye Kurulu, 2013). Öğretim programında yer alan konuların ilk uygulayıcısı eğitimciler olduğu için eğitimcilerin bu konuları etkili ve verimli bir şekilde öğretme ve öğrenme sürecine taşıyabilmesi de önem arz etmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise eğitimciler konuyla ilgili pedagojik yeterliliklere ve içerik bilgisine ihtiyaç duymaktadır.

Öğretme ve öğrenme sürecinin ne kadar etkili ve verimli olduğu, yani öğrenmenin ne dereceye kadar gerçekleştiği değerlendirmeler yürütülerek belirlenebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bir öğretme ve öğrenme sürecinin başarısını belirlemede değerlendirmenin rolü büyüktür. Değerlendirme öğretme ve öğrenme sürecinin ayrılmaz bir parçası olmasına rağmen (Başol vd., 2013), kimi zaman ihmal edilebilmekte, kimi zaman ise biçimlendirici (süreç) değerlendirme ihmal edilerek, sadece özetleyici (sonuç) değerlendirmeye odaklanılmaktadır (Medland, 2016; Struyven, Dochy & Janssens, 2005). Bunun dışında teknolojinin gelişmesi ve küreselleşmeyle birlikte dijital ortamların ve teknolojik cihazların eğitimde kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bu cihazların eğitimde kullanımı ve öğrencilere geri bildirimde bulunmanın önemi gibi konuların etkililiğini gösteren çalışmaların da ortaya çıkmasıyla dijital biçimlendirici değerlendirme de araştırmalar arasında yerini almaya başlamıştır (örn., Çelik, 2021). Dijital biçimlendirici değerlendirme, öğrenci motivasyonunu artırmanın, öğrencilerin sorumlu ve özerk öğrenenler olmalarına yardımcı olmanın ve yaşam boyu öğrenme stratejileri geliştirmenin yanı sıra öğrencilerin başarısını artırmak, öğrenme güçlüğü olan bireyler de dahil olmak üzere düşük başarıya sahip öğrencilere yardımcı olmak ve yüksek düzeyde öğrenmeyi desteklemek açısından önemlidir (Hotaman, 2020; Kaya-Capocci, O'Leary & Costello, 2022; López-Pastor & Sicilia-Camacho, 2017).

Tüm bunlardan yola çıkarak, girişimci STEM eğitiminin ve dijital biçimlendirici değerlendirmenin bir ülkenin eğitiminin ilerlemesi ve sosyal, bilimsel ve ekonomik gelişimin sağlanması açısından ayrı ayrı öneme sahip olduğu sonucu çıkarılabilir. Buna rağmen, yapılan

sistemik olmayan literatür taraması, dijital biçimlendirici değerlendirme disiplinlerarası bağlamda, özellikle girişimci STEM eğitimi kapsamına, nasıl entegre edilmesi gerektiğine dair yok denecek kadar az çalışma ortaya koymuştur. Bu nedenle, bu teorik çalışma, eğitimcileri dijital biçimlendirici değerlendirme öğretme ve öğrenme sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak sınıflarda girişimci STEM eğitiminde zamanlı ve etkili bir şekilde nasıl uygulanabileceği konusunda bilgilendirmeyi ve uygulamaları kapsayan planlamaların yapılabilmesi için eğitimcilerle destek olmayı amaçlamaktadır. Bunun için bu çalışma öncelikle girişimcilik ve STEM eğitimi tanıtmakta, sonra biçimlendirici değerlendirme tanıtarak dijital ortamların ve teknolojik cihazların biçimlendirici değerlendirme bir parçası olarak eğitim-öğretim sürecine nasıl dahil edilebileceğini açıklamakta ve bunun gerekliliğini tartışmaktadır. Bu konularda eğitimcilerin kendini geliştirmesinin gerekliliği de vurgulanarak tartışıldıktan sonra, teknoloji kullanılarak öğretme ve öğrenme sürecinde biçimlendirici değerlendirme girişimci STEM eğitiminde nasıl uygulanabileceği açıklanmakta ve bu uygulamaların nasıl geliştirilebileceğini örnekleyen bir ders planı sunulmaktadır. Ders planı, ATS-STEM Bilimsel Çerçevesi (McLoughlin, Butler, Kaya, & Costello, 2020) ve Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Bilimsel Çerçevesi (Kaya-Capocci, O'Leary, & Costello, 2022) temel alınarak geliştirilmiştir. Bu çalışma, etkili bir dijital biçimlendirici değerlendirme için öneriler sunulmaktadır.

### Girişimcilik ve STEM Eğitimi

Disiplinler arası bir yaklaşım olan ve her yaşta birey için örgün eğitim hedefi olarak görülmeyle başlayan STEM eğitimi yaklaşımı uygulamaları son yıllarda ivme kazanarak devam etmektedir. Bu yaklaşım, bilimlerin ayrık doğasını reddetmekte ve disiplinler arasındaki benzerliklerden yola çıkarak bütünleşmeye yönelik bir paradigma değişimini desteklemektedir. STEM eğitimi merkezleri, STEM laboratuvarları, STEM okulları, STEM programları ve daha nice STEM ile ilişkili merkezler ve uygulamalar dünya çapında kaynaklar kullanılarak işlerliğe geçirilmektedir. STEM eğitiminde yer alan disiplinler ve konu alanları açık bir şekilde tanımlanmasına ve bu terim yirmi yılı aşkın bir süredir eğitim öğretim programlarında yerini almasına rağmen, bu disiplinlerin nasıl bir araya getirildiğine dair tartışmalar hala devam etmektedir (McLoughlin vd., 2020). Araştırmacılar STEM eğitimi, bir disipline odaklanarak iki veya daha fazla disiplini birlikte öğretmekten, disiplinlerin odağını eşit olarak dağıtarak dört disiplini birbirine entegre olarak öğretmeye kadar farklı şekillerde kullanmaktadır (Bybee, 2013). Bütünleştirilmiş STEM eğitiminin ne olduğuna dair de hala net bir tanım yapılmamasına rağmen, yapılan tanımlar daha birbirine benzer hale gelmektedir (Johnson, 2013). Bu disiplinler arası yaklaşım, STEM disiplinlerinin içeriğinin nasıl birbirine bilgi sağlayabileceğini göstermekten daha fazlasını yaparak, tasarım, sorgulama, analiz ve 21. yüzyıl becerilerini bütünleştirmeyi amaçlamaktadır (Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023).

20. yüzyılın sonlarına gelindiğinde, STEM eğitiminin öğretim programlarına entegrasyonu ivme kazanmaya başlamıştır. Bu entegrasyon farklı ülkelerde farklı nedenlerle desteklenmektedir. Bu desteğin potansiyel gerekçelerinden birisi güçlü ve istikrarlı ekonomilere sahip ülkelerin genellikle etkili ve başarılı bir STEM eğitime sahip olmaları olarak görülebilir (Marginson, Tytler, Freeman ve Roberts, 2013). Genel olarak STEM eğitimi, insanların dünyayı daha iyi anlamalarına ve bir ülkenin ekonomisini, bilimsel bilgilerini ve teknolojisini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. STEM eğitiminin temel amacı, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları sorunları ele almalarına ve çözümler bularak bu sorunların üstesinden gelmelerine destek olmak olarak görülebilir (Johnson, Peters-Burton ve Moore, 2015; Li, Wang, Xiao, Froyd & Nite, 2020; McLoughlin, Butler, Kaya, & Costello, 2020). Buna ek olarak bütünleştirilmiş STEM eğitimi öğrencilerin doğal ve tasarlanmış dünyanın bütünleşmiş algısına sahip olmalarına ve farklı konseptler arasındaki ilişkileri analiz ve sentez ederek konseptler arası ilişkisel bağlantılar geliştirmesine yardımcı olabilir (Fortus & Krajcik, 2020). STEM eğitimi desteklemenin diğer gerekçeleri arasında ülkelerin sosyal, ekonomik ve çevresel kalkınmanın gelişimine katkıda bulunmak (Kelley & Knowles, 2016) ve STEM alanlarında nitelikli bir iş gücü oluşturmak (Nistor, Gras-Velazquez, Billon & Mihai, 2018) görülebilir.

Yenilikçiliğin (inovasyonun) günlük hayatımızda yerinin ve öneminin artmasıyla, girişimcilik eğitimi de daha ön plana çıkmaya başlamıştır. Ancak girişimcilik eğitiminden önce girişimciliğin ne olduğu, ne gibi çeşitleri olduğu ve eğitimde nasıl kullanılabileceği ile ilgili bilgi edinmekte fayda vardır.

Girişimcilik çalışıldığı alana göre spesifik ve daha geniş bakış açılarıyla tanımlanmaktadır. Spesifik tanımlar daha çok iş kurmaya ve kar elde etmeye odaklanırken, girişimciliğin daha geniş tanımları yeni bir şey üretme, yenilik ortaya koyma çabası ve girişimcilik becerileri gibi özelliklere odaklanmaktadır. Kaya, Erduran, Birdthistle ve McCormack (2018) de girişimciliğin geniş tanımlarını analiz etmiş ve buradan yola çıkarak eğitim açısından girişimciliği şu şekilde tanımlamıştır:

*Girişimcilik; fırsatları ve olası başarısızlıklarını fark ederek ve gerekli kaynakları kullanarak geleceğin ürün ve hizmetlerini yaratmak için yeni ekonomik, sosyal, kurumsal, kültürel ve bilimsel çevreler veya organizasyonlar oluşturma sürecidir.*

Kaya vd. (2018)

Eğitimde de kullanılmaya başlanmasına rağmen, alanda yapılan çalışmalara bakıldığında, bu çalışmaların daha çok finansal girişimciliğe odaklandığı görülmektedir (örn., Deveci ve Çepni, 2014). Girişimciliğin çıkış noktasının iktisadi ve idari bilimler olduğu göz önüne alındığında, bu şaşırtıcı bir sonuç değildir. Ancak eğitim fakülteleri bir ticarethane olmadığı, bir eğitim kurumu olduğu için bu kavramın iktisadi ve idari bilimlerden doğrudan finansal bir bakış açısıyla alınarak, kavramsal adaptasyonu yapılmadan kullanılması doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmemelidir. Ülkelere katkısına ve eğitimin hedeflerine bakıldığında girişimciliğin sosyal ve yenilikçi (inovatif) türlerinin eğitim alanında kullanılmasının daha doğru olacağı söylenebilir. Bunun nedenlerini daha iyi anlamak için sosyal ve yenilikçi girişimciliğe bakacak olursak, sosyal girişimcilikte sosyal temelli misyon ve vizyonla donatılmış olmak, sosyal değerler yaratmak, sosyal girişimcilik fırsatlarını gerçekleştirmek, yenilikçi olmak, kaynak yaratmayı ve sürdürülebilirliği sağlamak ve sosyal ağlardan faydalanmak gibi özelliklere odaklanılmaktadır (Kırılmaz, 2014). Yenilikçi girişimciliğe bakıldığında ise, bu girişimcilik türünün bireysel ve bölgesel zenginlik yaratmanın yanı sıra toplumsal ilerlemeye katkıda bulunmak için farklı alanlarda etkili ve verimli sonuçlar ortaya koymayı hedeflediği görülmektedir (Block, Fisch & Van Praag, 2017). Bu girişimcilik türleri etkili bir şekilde eğitime entegre edildiği zaman finansal girişimcilik de doğal yollarla kendiliğinden açığa çıkacak ve ülkelerin sosyal, bilimsel ve teknolojik gelişiminin yanı sıra ekonomik gelişimine de katkıda bulunacaktır.

Girişimcilik eğitiminde sosyal ve yenilikçi girişimciliğe yer verilmesiyle ortaya çıkan faydaların yanı sıra, girişimciliğe eğitimde yer verilmesinin farklı faydaları da bulunmaktadır. Örneğin, girişimcilik, yenilikçi ve problem çözücü, uygun riskleri alabilen ve yeni durumlara uyum sağlayabilen öğrenciler yetiştirmeye katkıda bulunmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2014; Adatepe, Kul & Adatepe, 2021; Hisrich & Peters, 2002; Rindova, Barry & Ketchen, 2009). Girişimciliğin diğer derslerle birleştirilmesinin kariyer gelişimi (Alvarez & Barney, 2007; Bruyat & Julien, 2001; Birdthistle, Hynes & Fleming, 2007), sosyo-ekonomik konularda farkındalığı artırma (Irzik, 2013), 21. yüzyıl becerilerini geliştirme (Hisrich & Peters, 2002; Volkmann, Wilson, Mariotti, Rabuzzi, Vyakarnam & Sepulveda, 2009) ve ülkelerin sosyal ve ekonomik olarak ilerlemesi (Amos & Onifade, 2013) gibi konularda da fayda sağlayabileceği öngörülmektedir.

Yenilikçiliğin (inovasyonun) günlük hayatımızda yerinin ve öneminin artmasıyla, girişimcilik ve STEM eğitimi de birbiriyle daha çok ilişkilendirilmeye başlanmıştır. Bu ilişkilendirme eğitimde farklı şekillerde yapılmaktadır. Bunlardan birisine örnek olarak STEM eğitimi için gereken becerilerin girişimcilik eğitimi aracılığıyla ortaya çıkarılabilmesi düşüncesidir. STEM eğitiminden daha verimli ve etkili bir şekilde faydalanılabilmesi için STEM becerilerinin ön plana çıkarılması, geliştirilmesi gerekmektedir. Bu STEM becerileri bazı kaynaklarda 21. yüzyıl becerileri olarak da karşımıza çıkabilmektedir. STEM becerilerini açığa çıkarmanın bir yolu ise girişimcilik eğitimi olarak görülebilir çünkü girişimcilik eğitiminde (enterprise education) becerilerin geliştirilmesi ön plandadır (Leffler, 2014) ve hedeflenen beceriler girişimcilik becerileriyle benzerlik göstermektedir.

Son yıllarda, girişimci STEM eğitimi dünya çapında farklı disiplinlerde çalışılmaya başlanmıştır (Bosman & Fernhaber, 2019; Elliott, Mavriplis, & Anis, 2020; Jackson vd., 2023; Kaya-Capocci & Peters-Burton, 2023). Girişimci STEM eğitiminde STEM içeriği, STEM'de girişimci bir zihniyet ve niyet geliştirmeyi destekleyen girişimci bir merkez aracılığıyla öğretilir. Başka bir deyişle, girişimci STEM'de girişimci bir bakış açısıyla STEM bilgi ve kaynakları dijital teknolojilere, bilimsel buluşlara ve STEM ürün veya hizmetlerine dönüştürülür ve akademiden halka aktarılır (Kaya, 2019; Sarasvathy,

2001). Girişimci STEM eğitimi, öğrencilerin STEM'in günlük yaşamda nerede ve nasıl kullanıldığını fark etmelerine yardımcı olabilir (örn., Pabuçcu Akış & Demirel, 2023), bu da STEM disiplinlerine ilgi ve motivasyonu artırabilir (Uçar, 2020). Ayrıca girişimci STEM eğitimi ile öğrenciler 21. yüzyıl beceri ve yeterlilikleri ile donatılmakta ve bunları farklı bağlamlarda uygulayarak gündelik sorunlara yenilikçi çözüm üretmektedirler (Deveci & Çepni, 2014; Jang, 2016; Kaya-Capocci & Uçar, 2023). Girişimci STEM bakış açısının geliştirilmesiyle, öğrencilerin yeni fırsatların varlığı konusundaki farkındalığı artırılabilir ve bu farkındalık onların gelecekte yeni iş olanakları ortaya çıkarmalarına ve kariyerlerinde ilerlemelerine yardımcı olabilir (Alvarez & Barney, 2007; Kaya vd., 2018). Tüm bunlar, öğrencilerin potansiyellerinin tamamını ortaya koyabilmelerine yardımcı olabilir (Volkman vd., 2009). Girişimci STEM bakış açısına sahip vatandaşlar yetiştirmek, ülkelerin sosyal, bilimsel, ekonomik ve çevresel kalkınmasına da katkıda bulunabilir. Bu da gelecekte küresel salgın hastalıklar veya küresel ısınma gibi birçok sorunun önlenmesine veya üstesinden gelinmesine de yardımcı olabilir. Bilimsel, ekonomik ve teknolojik gelişme için kullanılmayan ve halka fayda sağlamayan STEM çıktıları önemini yitirerek unutulmaktadır.

Girişimci STEM eğitimi “Disiplinler Arası Fen Öğretimi” gibi lisans dersleri aracılığıyla ayrı ayrı disiplinler olarak da olsa eğitim öğretim programında yerini alsada bu entegrasyonun verimliliğini belirlemede değerlendirmenin rolü büyüktür. Değerlendirme, özellikle biçimlendirici değerlendirme, kimi zaman ihmal edilmiş olsa da öğretme ve öğrenme sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak eğitimdeki yerini korumaktadır (Başol vd., 2013). Teknolojinin gelişmesi ve küreselleşmeyle birlikte dijital ortamların ve teknolojik cihazların eğitimde kullanıma girmesiyle ise dijital süreç değerlendirmenin önemi dikkatleri çekmeye başlamıştır.

### **Biçimlendirici Değerlendirme: Avantajları, Dezavantajları ve Öneriler**

Değerlendirme uygulamalarında çeşitliliğin artırılması gerektiğine işaret eden pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak, yüksek öğretimdeki değerlendirmeye hâlâ özetleyici (sonuç) değerlendirme stratejileri hakimdir (Medland, 2016). Türkiye’de sadece yüksek öğretimde değil, diğer eğitim seviyelerinde de biçimlendirici değerlendirmenin öğretme ve öğrenme süreçlerine nasıl uygulanması gerektiğine dair literatür eksikliği bulunmaktadır. Bu nedenle bu bölümde öncelikle biçimlendirici değerlendirmenin avantajları ve dezavantajları tartışılacak, sonrasında ise bu uygulamanın sınıflara nasıl entegre edilebileceğine dair öneriler verilecektir.

Biçimlendirici değerlendirme genellikle, öğrencilerin öğrenmelerindeki ilerlemelerini desteklemek için nelerin gerekli olduğunu belirlemek amacıyla öğrencilerin öğrenmeleri hakkında bilgi toplamayı ve kullanmayı hedefleyen sınıf içi süreçleri ifade eder (ARG, 2002). Biçimlendirici değerlendirme, öğrenme süreci boyunca her adımdan ya da kazanımdan sonra uygulanabilir. Bu tür değerlendirmede süreç içerisinde yer alan ve eğitim-öğretimin kalitesini belirlemede kullanılan dönüt, düzeltme ve öğrenci katılımı gibi unsurlar öğretimin başarısına katkı sağlamaktadır (Atılğan, 2017). Sınıf içi eğitim sürecinde biçimlendirici değerlendirmeyi kullanmanın birçok faydası vardır. Bu tür bir değerlendirme gerçekleştirilmesi, öğrenme süreci boyunca eğitsel faaliyetlerle ulaşılmaya çalışılan hedeflere başarılı bir şekilde ulaşıp ulaşılamadığı konusunda kısa ve yönlendirici dönütler sağlayarak eğitim sürecinde uyarıcı bir işlev gösterir (Hotaman, 2020). Buna ek olarak, biçimlendirici değerlendirme, öğrenci motivasyonunu artırmanın, öğrencilerin sorumlu ve özerk öğrenenler olmalarına yardımcı olmanın ve yaşam boyu öğrenme stratejileri geliştirilmesinin yanı sıra öğrencilerin başarısını artırabilir, öğrenme gücünü olan bireyler de dahil olmak üzere düşük başarıya sahip öğrencilere yardımcı olabilir ve yüksek düzeyde öğrenmeyi destekleyebilir (López-Pastor & Sicilia-Camacho, 2017). Biçimlendirici değerlendirmenin faydaları, nasıl uygulandığına ve öğrenci örnekleminin büyüklüğüne göre değişebilir (Bennett, 2011).

Her şeyin olduğu gibi biçimlendirici değerlendirmenin de dezavantajları vardır. López-Pastor ve Sicilia-Camacho (2017), altı yıl aradan sonra Bennett’in (2011) çalışmasına benzer bir çalışma yürütmüş ve bu çalışmaların sonucunda benzer bulgulara ulaşmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında, biçimlendirici değerlendirme konusunda öğrenci ve eğitimci deneyimi eksikliği, biçimlendirici değerlendirmenin okullarda nasıl uygulanması gerektiğine dair eğitimci bilgisi eksikliği ve öğrencilerin ve eğitimcilerin dijital biçimlendirici değerlendirme kullanımından dolayı ortaya çıkan aşırı iş yükü

algısı gibi sorunlar tespit edilmiştir. Bu tür sorunların üstesinden gelebilmek için biçimlendirici değerlendirme konusunda eğitimci ve öğrencilerin bilgi, beceri ve tutumlarının yükseltilmesini ve bu tür değerlendirmenin yapıldığı uygulamaların artırılmasını destekleyen çalışmalar yapılmalıdır. Bu anlamda, ilk adım olarak öğrenci ve eğitimcilerin biçimlendirici değerlendirme stratejileri konusunda bilgi sahibi olması sağlanarak, sınıf içi uygulamalarla bu stratejilerin değerlendirme ve öğrenmenin entegrasyonu için kullanılması için teşvik edilmelidir.

William ve Thompson (2008) yürüttüğü çalışma sonucunda beş tane biçimlendirici değerlendirme stratejisi önermiş ve bu stratejiler kabul görerek alan yazında yaygın olarak çalışılmıştır. Bu stratejiler aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

1. Kazanımları ve başarı kriterlerini netleştirme ve paylaşma;
2. Etkili sınıf içi tartışmaları, soru-cevap etkinlikleri ve öğrenme görevleri tasarlamak;
3. Öğrencilerin öğrenmesini ileriye taşıyan geri bildirimlerde bulunmak;
4. Öğrencileri birbirleri için öğretim kaynakları olarak harekete geçirmek (akran değerlendirmesi);
5. Öğrencileri kendi öğrenmelerinin sahipleri olarak harekete geçirmek (öz değerlendirme).

Dünya çapında STEM ile ilişkili disiplinlerde biçimlendirici değerlendirmenin uygulanmasına yönelik birçok çalışma yapılmasına rağmen, Türkiye’de yürütülen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. İnaltun ve Ateş (2018), 2001 ve 2017 yılları arasında Web of Science (WoS) veri tabanında fen eğitiminde biçimlendirici değerlendirme ile ilgili literatürü gözden geçirmiş ve sadece biri Türkiye bağlamında olmak üzere 31 çalışma tespit etmiştir. Yazarlar ayrıca aynı konuda WoS 'da yer almayan yedi başka Türk çalışmasını da listelemişlerdir. WoS veri tabanında listelenen tek çalışma olan Aydeniz ve Doğan (2016) çalışmasında Türkiye'deki 53 son sınıf fen bilgisi öğretmen adayı ile öğretmen adaylarının biçimlendirici değerlendirme konusundaki pedagojik kapasitelerini inceleyen bir araştırma yürütmüştür. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, katılımcıların öğrencilerin gerekçelendirmelerindeki yanlış inanışları, sınırlılıkları ve güçlü yönlerini başarılı bir şekilde belirlemede başarısız oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuç, Türkiye’de biçimlendirici değerlendirme araştırmalarının ne kadar sınırlı olduğunun bir göstergesi de olabilir. Biçimlendirici değerlendirmenin sınırlı kullanımına ek olarak son dönemde COVID-19 gibi çeşitli salgınların, pandemilerin ve doğal afetlerin ortaya çıkmasıyla dijital ortamların ve teknolojik araçların da eğitimde, dolayısıyla değerlendirmede, daha yaygın olarak kullanımı gündeme gelmiştir. Buradan yola çıkarak, bir sonraki bölümde dijital biçimlendirici değerlendirme tanıtılacak ve uygulamaları tartışılacaktır.

### **Dijital Biçimlendirici Değerlendirme: Teknolojinin Biçimlendirici Değerlendirmeye Entegrasyonu**

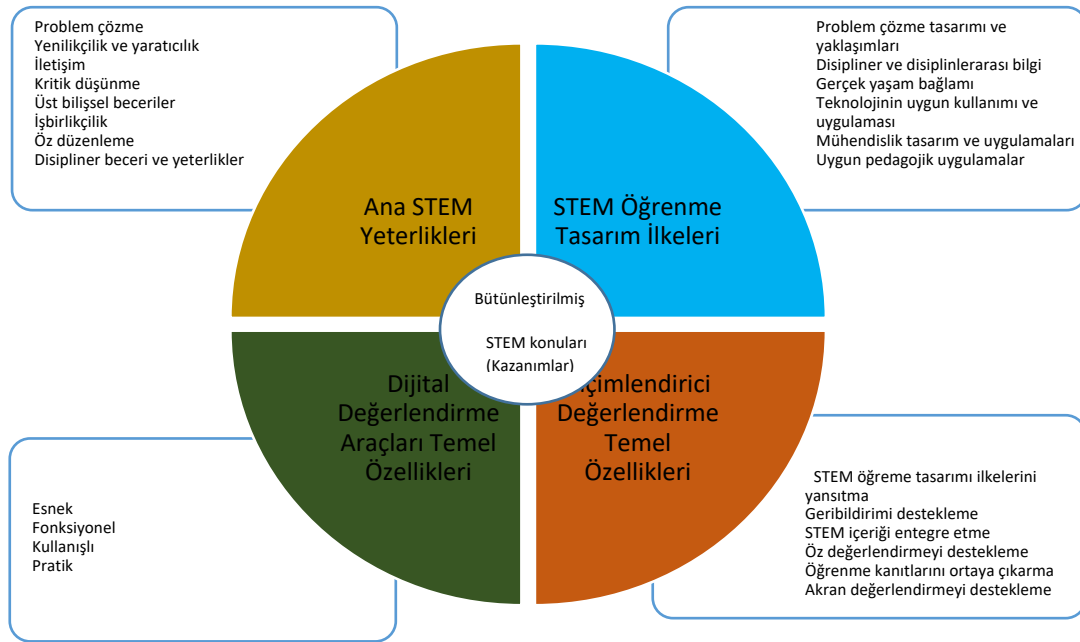
Çeşitli araştırmacılar, öğrenci ve değerlendirme merkezli öğrenme ortamları oluşturmak için çevrimiçi biçimlendirici değerlendirmeye odaklanmayı önermektedir (Gikandi, Morrow & Davis, 2011). Dijital biçimlendirici değerlendirme, öğrenci ilerlemesinin değerlendirilmesini desteklemek için dijital öğrenmenin tüm özelliklerini kullanan biçimlendirici değerlendirme yaklaşımı olarak açıklanmaktadır (Kaya-Capocci, O’Leary ve Costello, 2022; Looney, 2019). Bu tür değerlendirmede teknoloji önemli bir yere sahiptir. Dijital biçimlendirici değerlendirmenin sınıf içerisinde kullanılmasının da literatürde farklı avantajları belirlenmiştir. Örneğin, daha anlık ve amaçlı olan geribildirimlerin verilebilmesini de içine alan ve bilgi ve başarı ile ilişkilendirilen faydalarının yanı sıra gelişmiş öz-düzenleme kapasitesinin artmasını da içine alan karmaşık bilişsel süreçler ile ilişkilendirilen avantajları yer almaktadır (McLaughlin & Yan, 2017). Buna ek olarak dijital süreç değerlendirme, öğrencilerin öğrenme motivasyonunun artırılmasını (Bhagat & Spector, 2017) ve her zaman her yerde kullanılabilmesi için zaman ve mekân sınırlandırması olmadan öğrenmeyi destekleyebilmeyi de sağlamaktadır (Barana & Marchisio, 2016).

Çevrimiçi biçimlendirici değerlendirme etkili ve anında geri bildirim, kritik öğrenme süreçlerine katılım ve eşitlikçi eğitimi teşvik sağladığında yenilikçi ve öğrenen merkezli bir pedagojik strateji olarak işlev görmektedir (Gikandi, Morrow & Davis, 2011). McLaughlin ve Yan (2017) çevrimiçi biçimlendirici değerlendirme literatürünü inceleyerek ve 2006 ile 2016 arasında yayınlanan ve konu ile ilişkili görülen 55 çalışma belirlemiştir. Gikandi, Morrow ve Davis' in (2011) belirlediği çalışmalar çıkarıldığında, 2010'dan 2016'ya kadar yayınlanmış 32 ek çalışmaya rastlanmıştır. Bu 32 çalışmanın



ilköğretim, ortaöğretim, lise ve üniversite düzeylerini ele aldığı düşünüldüğünde, yedi yıl içerisinde konu ile ilgili yapılmış çalışmaların çok sınırlı sayıda olduğu çıkarımında bulunulabilir. Biçimlendirici değerlendirmede dijital araçların kullanımına ilişkin farklı çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin, McLaughlin ve Yan (2017), dijital biçimlendirici değerlendirme için kullanılabilir dijital araçların bir listesini sunmuştur. Bu listenin potansiyel kullanımlarıyla birlikte daha genişletilmiş bir versiyonu Reynolds, O'Leary, Brown ve Costello (2020) tarafından sağlanmaktadır. Listede yer alan dijital araçların kullanımı ve etkililiği üzerine de farklı çalışmalar yürütülmüştür. Bu listede de yer alan Kahoot! ve e-Quiz, İsmail, Ahmad, Mohammad, Fakri, Nor ve Pa' nin (2019) yürüttükleri çalışmada karşılaştırılmış ve Kahoot!' un daha etkili bir biçimlendirici değerlendirme aracı olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Benzer şekilde, Zhan, Sun, Chan, Chan, Lam ve Lee (2019) yaptıkları çalışmada Kahoot!, Mentimeter ve Google+'yi karşılaştırmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, katılımcıların çoğunluğunun Google+'nin etkililiğinden şüphe ederken Kahoot! veya Mentimeter'e karşı olumlu bir tutum sergilediğini göstermiştir. Biçimlendirici değerlendirmede dijital araçların kullanımının etkililiğini gösteren araştırmalar bulunmasına rağmen, bu araştırmalar eğitimcilerin bu tür araçların öğretme ve öğrenme sürecine nasıl entegre edilebileceğine dair bilgi eksikliğine sahip olduğunu da göstermektedir.

Türkiye literatürüne bakıldığında ise farklı eğitim alanlarında yine sınırlı sayıda çalışma karşımıza çıkmaktadır. Hotaman (2020) biçimlendirici değerlendirmenin uzaktan eğitimde uygulanmasıyla elde edilebilecek faydaları değerlendirip eğitimcilerin dikkatine sunmayı amaçlayan bir literatür taraması yürütmüştür. Literatür taramasının sonucunda biçimlendirici değerlendirmeyi çevrimiçi eğitimin merkezine yerleştirmenin ortaya çıkabilecek öğrenme eksikliklerinin belirlenmesi ve giderilmesi hususunda önemli bir katkısının olacağı görüşüne varılmıştır. Çelik ve Tepe (2022) sosyal bilgiler alanında öğretmen adaylarının dijital değerlendirme araçları kullanarak dersler planlayıp dijital ortamlarda bu planları uygulama sürecine ilişkin deneyimlerini araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda en fazla ders içeriğinin 7. Sınıf düzeyinde oluşturulduğu ve içerik oluşturmada en fazla "Quiziz" uygulamasının tercih edildiği görülmüştür. Öğretmen adayları eğitim uygulamalarında dijitalleşmenin gerekliliğini vurgulamanın yanı sıra eğitimcilerin ve öğretmen adaylarının dijital değerlendirme araçlarının nasıl kullanılacağı konusunda daha fazla bilgiye sahip olması gerekliliği ve bu süreçte aktif öğrenme sürecinin kullanılmasının önemini belirtmiştir. Yine sosyal bilgiler alanında Çelik (2021) tarafından yürütülen bir çalışmada Web 2.0 teknolojilerini değerlendirme sürecinde kullanan sosyal bilgiler öğretmen adaylarının sürece ilişkin deneyimleri araştırılmıştır. Özcan (2022) çalışmasında, sınıf içi teknoloji destekli biçimlendirici değerlendirme yetkinliğinin eğitimcilerin sınıf yönetimi becerileri üzerine etkisini araştırmıştır. Yılmaz (2017) ise araştırmasında sınıf içi biçimlendirici geri bildirim ve değerlendirme sistemi oluşturmak için mobil teknolojinin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapılan bu çalışmalara bakıldığında dijital biçimlendirici değerlendirmeyi disiplinler arası alanlarda, özellikle girişimci STEM eğitimi kapsamında uygulayabilmek için ders planlamasının nasıl geliştirilebileceğine ve uygulanabileceğine dair bir çalışmaya Türkiye'de rastlanmamıştır. Bu kapsamda, Butler, McLoughlin, O'Leary, Kaya, Brown ve Costello (2020), Avrupa' da dokuz ülkede yürüttüğü çalışma sonucunda, STEM eğitimi kapsamında dijital biçimlendirici değerlendirmenin uygulanabilmesi için ATS-STEM Bilimsel Çerçevesi'ni ortaya koymuştur. Bu çerçeve Şekil 1' de sunulmuştur.



**Şekil 1.** Bütünleştirilmiş STEM Eğitimi için Genişletilmiş ATS STEM Kavramsal Çerçevesi

Dijital araçları öğretme ve öğrenme süreçlerine entegre ederken teknolojik araçların üç işlevi göz önüne alınarak bu entegrasyonun etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi Fen ve Matematik Eğitiminde Biçimlendirici Değerlendirme (FaSMEd) girişimi (Avrupa Komisyonu, 2016) tarafından önerilmektedir. Bu üç işlev gönderme/görüntüleme, işleme/analiz ve etkileşimli ortam sağlama olarak belirlenmiş ve işlevlerin açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

1. Gönderme ve Gösterme: Bu işlev kullanılarak öğrencilerle paylaşım yapılabilir. İçerik öğrencilere gösterilebilir ya da dijital ortamda gönderilebilir. Bu şekilde, öğrencilerin konu ile ilgili geçmiş bilgileri/öğrenmeleri belirlenebilir, biçimlendirici değerlendirme sürecindeki farklı aktörler (örneğin öğrenci, akran, eğitimci) arasında iletişim kurulabilir, öğrencinin anımsama ve cevap süreci kolaylaştırılabilir.
2. İşleme ve Analiz: Bu işlev kullanılarak öğrencilerin zihinsel süreçlerinden haberdar olunabilir. Öğrencilerin sağladığı içerik işlenir ve analiz edilir. Bu şekilde, belirlenen başarı kriterlerine dayalı olarak öğrenen performansını işleyerek ya da analiz ederek ilgili verilerin seçilerek çıkarılmasına veya özetlenmesine ve biçimlendirici değerlendirmenin yorumlanmasına yardımcı olunabilir.
3. Etkileşimli Ortam: Bu işlev kullanılarak dijital bir ortamda eğitimde farklı aktörlerin birbirleriyle etkileşime girmesi sağlanabilir. Öğrenciler, içeriği keşfetmek için bu ortama bireysel olarak, akranları ile veya eğitimcileri ile birlikte dahil edilebilirler. Öğrencilere etkileşimli bir ortam sağlamak ve içeriği etkileşimli olarak keşfetmelerini sağlamak için bu süreçte dijital araçlar kullanılabilir.

Dijital biçimlendirici değerlendirme stratejileri ve teknolojinin işlevlerinden yola çıkarak Kaya-Capocci, O'Leary ve Costello (2022) Dijital biçimlendirici değerlendirme Bilimsel Çerçevesi' ni geliştirmiş ve sunmuştur. Bu çerçeve Şekil 2'de sunulmaktadır.

Bicimlendirici Değerlendirme Stratejileri	Dijital Teknoloji İşlevsellikleri		
	A. Gönderme/Görüntüleme	B. İşleme/analiz etme	C. Etkileşimli ortamlar
1. Öğrenme niyetlerini (kazanımlarını) ve başarı kriterlerini netleştirme/paylaşma ve anlama	1A	1B	1C
2. Etkili sınıf tartışmaları, soru-cevap etkinlikleri ve öğrenme görevleri tasarlama	2A	2B	2C
3. Öğrencileri ileriye taşıyan geri bildirim sağlama	3A	3B	3C
4. Akran ve öz değerlendirme	4A	4B	4C

**Şekil 2.** Yüksek öğrenimde dijital biçimlendirici değerlendirmeyi kavramsallaştırmak, planlamak ve uygulamak için bilimsel bir çerçeve

Şekil 2’den de anlaşılacağı gibi, teknolojinin bu işlevleri, öğrencinin ilerlemesini desteklemek için girişimci STEM eğitimi bağlamında biçimlendirici değerlendirme stratejileri ile birlikte kullanılabilir. Ancak, eğitimciler bu tür stratejileri ve yaklaşımları planlamak ve uygulamak için desteğe ihtiyaç duyabilir. Bu nedenle, bir sonraki bölümde eğitimcilerin dijital biçimlendirici değerlendirmeyi öğretme ve öğrenme sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak sınıflarda girişimci STEM eğitiminde zamanlı ve etkili bir şekilde nasıl uygulanabileceği konusunda planlama ve uygulama yapabilmeye katkıda bulunabilmek için ATS-STEM ve Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Bilimsel Çerçeveleri kapsamında örnek bir ders planı geliştirilmiş ve sunulmuştur.

### **Adım Adım Entegrasyon: Girişimci STEM Eğitiminde Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Ders Planı**

Girişimcilik ve STEM ayrı ayrı konular olarak yansıtılsa da, bu konular farklı ülkelerin öğretim programlarında yerini almıştır (örn., Finlandiya Ulusal Eğitim Kurulu, 2014; İrlanda Eğitim Bakanlığı, 2016; Türk Talim ve Terbiye Kurulu, 2013). Öğretim programına bir konu dahil edildiğinde, eğitimciler bunu öğretimlerine entegre edebilecek yetkinliğe sahip olmalıdır. Örneğin, 2021-2022 akademik yılı ile birlikte Türkiye’de öğretmen yetiştirme programlarına eklenen “Disiplinler Arası Fen Öğretimi” başlıklı zorunlu bir ders ile de dünya çapında yaygınlaşan disiplinler arası yaklaşımlar konusunda donanımlı eğitimciler yetiştirmek hedeflenmiştir. Bu ders kapsamına girişimcilik ve STEM eğitimi dahil edilebilir. Ancak literatürde de görüldüğü gibi eğitimciler ve öğretmen adayları hala girişimci STEM eğitimi, biçimlendirici değerlendirme ve dijital eğitim kavramlarına yeterince aşina değildir. Bu nedenle, derslerin planlanması ve uygulanması sürecinde zorluklar yaşanabileceği öngörülmektedir ve önceki bölümlerde sunulan alan yazın da bu çıkarımı destekler niteliktedir. Bu kavramları derslere entegre etmek için, eğitimciler içerikle ve bu içeriği ders planlarına dahil etme yollarıyla daha aşina hale gelmelidir. Eğitimcilerle açıklayıcı, pratik ve yenilikçi öğretim uygulamaları sağlamak için bu bölümde örnek bir ders planı geliştirilmiştir.

Bu bölümde sunulan ders planında standart olarak bütün planlarda yer alan tarih, ad-soyad, ünite adı gibi genel ayrıntılar verilmemiştir. Ders planının geliştirilmesi sürecindeki bütün adımlar, Şekil 1’de sunulan ATS-STEM Çerçevesi’nde (Butler, McLoughlin, O’Leary, Kaya, Brown & Costello, 2020) yer alan temalardan yola çıkılarak belirlenmiştir. Son adım (Adım 7’de) ise Şekil 2’de sunulan Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Bilimsel Çerçevesi (Kaya-Capocci, O’Leary & Costello, 2022) temel alınarak detaylandırılmıştır.

#### **Adım 1 - Bütünleştirilmiş STEM eğitimi konusunun belirlenmesi**

Bu adımda eğitimciler bir sonraki haftanın konusuna ve içeriğine bakarak bütünleştirilmiş STEM eğitimi konusuna karar verebilirler. Genel anlamda bu konuların son dönemde önem kazanan Birleşmiş Milletler (2015) tarafından 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi desteklenen sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında seçilmesi ya da desteklenmesi önerilmektedir. Mevcut çalışma, eğitimci kişinin konuyu belirlemesi yerine daha etkili bir yöntem olan ve öğrencilerin derse aktif katılımını

gerektiren öğrencilerin günlük yaşamda gözlemledikleri sorunlar doğrultusunda konuyu öğrencilerin belirlemesi doğrultusunda planlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak aşağıdaki çalışmalar yapılır:

- Bir önceki hafta, konuyu belirlemeden önce, eğitmeni kişi öğrencileri sosyal, inovatif ve finansal girişimcilik konusunda bilgilendirir ve konu ile ilgili örnekler verir.
- Bir önceki hafta, konuyu belirlemeden önce, eğitmeni kişi STEM eğitiminin özellikleri konusunda öğrenciler arasında tartışma yaptırır.
- Eğitmeni kişi öğrencilerin yerel halkın karşı karşıya olduğu üç ana sorunu belirleyerek sınıfa getirmelerini ister.
- Eğitmeni kişi, bu sorunların çözümünde girişimcilik ve STEM uygulamalarının nasıl kullanılacakları konusunda küçük bir araştırma yapmalarını belirtir.
- Öğrenciler, sorunlar ve sorunların girişimci STEM ile çözümleri konusunda çözümlerini içeren bir taslak ile bir sonraki hafta sınıfa gelirler.

Konu netleştirilirken eğitmeni, öğrencilerin tespit ettikleri sorunlarda sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin nasıl yer aldığına dair sorular yöneltecektir.

#### *Adım 2 – STEM yeterliklerinin belirlenmesi*

Konu ile ilgili ne yapılması gerektiği yapılandırıldıktan sonra STEM yeterlikleri belirlenir. Mevcut etkinlikte ATS-STEM Bilimsel Çerçevesi'nde yer alan sekiz yeterlikten bir tanesi ana yetkinlik, başka iki tanesi ise yan yetkinlik olarak belirlenmiştir.

Ana yetkinlik: Problem çözme

Yan yetkinlikler: Eleştirel düşünme; Yaratıcılık

#### *Adım 3 – Kazanımların belirlenmesi*

Konu ile ilgili ne yapılması gerektiği yapılandırıldıktan ve hedeflenen STEM yetkinliklerine karar verildikten sonra, eğitmeni öğrenci kazanımlarını belirler. Mevcut etkinlikte öğrenci kazanımları (K) aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

K1: Öğrenciler buldukları bölgede karşılaştıkları sorunları fark eder (problem çözme yeterliliğini hedefleme)

K2: Öğrenciler yerel kaynakları kullanarak belirledikleri bir soruna STEM temelli yaratıcı bir çözüm önerebilir (problem çözme ve yaratıcılık yeterlilikleri)

K3: Bu yerel sorunu çözmenin toplumun gelişimine nasıl katkıda bulunduğunu eleştirel bir şekilde değerlendirebilir (eleştirel düşünme yetkinliği)

K4: Bu yerel sorunun çözümüne girişimcilik çeşitlerinin nasıl bir katkıda bulunduğunu analiz edebilir (problem çözme ve eleştirel düşünme)

K5: Bu yerel sorunun çözümüne STEM eğitiminin nasıl bir katkıda bulunduğunu analiz edebilir (problem çözme ve eleştirel düşünme)

#### *Adım 4 – STEM eğitiminde kullanılacak öğrenme tasarımı ilkelerinin (yöntem ve stratejilerin) belirlenmesi*

STEM eğitiminde kullanılacak farklı öğrenme tasarımları bulunmaktadır (Butler, McLoughlin, O'Leary, Kaya, Brown & Costello, 2020). Burada, uygun teknolojilerin kullanımı, mühendislik tasarım süreci (MTS), tasarım odaklı düşünme ve proje temelli öğrenme gibi öğretim yöntem ve stratejilerini içeren etkinliklere yer verilebilir. Mevcut çalışmada teknolojilerin uygun kullanımı ve uygulanmasına ve MTS'ye (Douglas, Moore, & Adams, 2016) yer verilmiştir. Gerekli detaylara altıncı adımda yer verilecektir.

#### *Adım 5 – Başarı kriterlerinin belirlenmesi*

Burada hedeflenen her bir kazanımın başarıya ulaşmış olup olmadığını belirlemek için başarı kriterleri belirlenir. Kazanımlar ve başarı kriterleri sade, açık ve anlaşılır bir şekilde öğrencilerin anlayacağı bir dille yazılmalıdır. Burada amaç öğrenmeyi görünür kılmak olmalıdır. Mevcut çalışmada

yukarıda Adım 3’de belirlenen kazanımlar doğrultusunda aşağıdaki gibi beş tane başarı kriteri (BK) belirlenmiştir.

BK1: Öğrenci bulunduğu bölgede karşılaştığı en az iki sorunu tespit edip, bu sorunların gerekçelerini açıklayabiliyorsa,

BK2: Öğrenci sorun ile ilgili olarak yerel kaynakları kullanan yaratıcı bir çözüm önerebiliyorsa,

BK3: Öğrenci belirlediği yerel sorunun çözülmesinin toplum için avantaj ve dezavantajlarını tartışabiliyorsa,

BK4: Öğrenci belirlediği yerel sorunun çözülmesinin toplumun gelişimine nasıl bir katkıda bulunduğu dair en az iki gerekçe geliştirebiliyorsa,

BK5: Belirlenen yerel soruna getirilen yaratıcı çözümlere girişimcilik çeşitlerinin nasıl bir katkıda bulunduğu dair en az bir girişimcilik çeşidini kullanarak açıklama yapabiliyorsa,

BK6: Belirlenen yerel soruna getirilen yaratıcı çözümlere STEM eğitiminin nasıl bir katkıda bulunduğu dair en az iki STEM disiplini kullanarak açıklama yapabiliyorsa, bu öğrenci başarılı sayılacaktır.

Öğretme ve öğrenme sürecinde genellikle değerlendirme daha zayıf kaldığı için bu kriterlerin en başta belirlenmesi önem taşımaktadır. Burada BK1 K1 için başarısını gösterirken, BK2 K2’nin başarısını, BK3 ve BK4 K3’un başarısını BK5 K4’un başarısını ve BK6 K5’in başarısını görülebilir kılmayı hedeflemektedir.

#### *Adım 6 – Girişimci STEM etkinliğinin planlanması*

Burada öğrenme tasarımı içerisinde MTS seçilmiş olduğu için, bu süreçte izlenmesi gereken adımlar doğrultusunda etkinlik planlaması yapılır. Farklı araştırmacılar mühendislik tasarım süreci ile ilgili olarak farklı adımlar izlemektedir. Bu çalışmada, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan Douglas, Moore ve Adams’ ın (2016) izlediği adımlara öncelik verilmiştir. Varolan bir sorunun ya da eksikliğin tespit edilerek bu duruma yaratıcı bir çözüm yolunun getirilmesi girişimcilik eğitimi kapsamında da değerlendirilmektedir. Ancak girişimcilik kapsamına tam olarak dahil edilebilmesi için süreç kâğıt üzerinde düşünsel bir tasarım olmaktan çıkarılmalı ve konu ile ilgili bir adım atılmalıdır. Atılacak adım ve içerikte neye yer verildiği bu etkinliğin inovatif, sosyal ya da finansal girişimcilik olduğunu belirlemektedir. Örneğin, daha önce yapılmamış bir prototipin bilimsel bir temelle ortaya konulması inovatif girişimcilik kullanıldığını gösterirken, elde edilen bilgi birikiminin ve bulguların konunun hedefi olan grupla sosyal sorumluluk etkinliği ya da projesi olarak paylaşılması sosyal girişimcilik kullanıldığını ve elde edilen birikim ve bulgular temelinde kar amacı güden bir oluşumda bulunulması finansal girişimcilik kullanıldığını göstermektedir.

- **Problemi tanımlama:** Öğrenciler ilk olarak kütüphane, dijital ortamlar gibi farklı yerlerde araştırma yaparak ya da aileleriyle, arkadaşlarıyla veya çevrelerindeki bireylerle görüşüp günlük ne gibi sorunlarla karşılaştıklarını belirleyerek hedef alacakları probleme karar verirler.
- **Problem hakkında bilgi edinme:** Öğrenciler farklı kaynakları kullanarak problemin neden kaynaklandığı ve nasıl çözülebileceği konusunda bilgi edinmeye çalışır. Burada konu ile ilgili daha önce bir çözüm yolu bulunmuş mu araştırılır. Daha önce bulunan bir çözüm yolu varsa bunun neden etkili olmadığı analiz edilir. Buna bağlı olarak ya var olan çözüm yolunun güncellenip geliştirilmesi ya da yeni bir çözüm yolunun araştırılmasına karar verilir. STEM disiplinlerinin bu çözüm yolunu bulmada nasıl bir rol oynayacağı ve ne gibi materyaller gerekeceği de yine araştırılması ve tartışılması gereken konular arasında yer alır.
- **Çözüm yolunun planlanması:** Bu evrede başarıya ulaşmak için sağlanması gereken kriterler ve sınırlılıklar gözden geçirilerek problemin yaratıcı bir şekilde çözülebilmesi için farklı fikirler ortaya konulur. Bu fikirlerden uygulanabilir olanlar seçilerek uygulama yapılması için gereken hazırlıklara başlanır. Bu sırada STEM disiplinlerinin hangi aşamada nasıl kullanılacağına da karar verilir. Süreç boyunca gerekli olan materyaller, çözüm yolu taslakları, süreçte izlenmesi gereken adımlar, gerekiyorsa maliyet hesaplaması ve bunun gibi gerekli görülen bilgiler planlanır.

- **Çözüm yolunun uygulanması:** Planlaması yapılan çözüm yolları uygulamaya konulur. Uygulama esnasında karşılaşılabilecek riskler göz önüne alınarak uygulamanın en iyi şekilde yapılması hedeflenir. Planlamada ortaya konulan materyaller kullanılarak, çözüm yolu taslakları ve süreçte izlenmesi gereken adımlar izlenerek, varsa maliyet gelir ve giderleri kontrol altında tutularak ve bunun gibi gerekli görülen bilgiler takip edilerek uygulama gerçekleştirilir. Eğer bir prototip planlaması yapıldıysa prototip bu evrede geliştirilir ve çalışıp çalışmadığına bakılır. Planlamada belirlenen STEM disiplinlerinin öngörüldüğü gibi kullanılıp kullanılmadığı, kullanılmadıysa nedenleri, uygulamada eklenen ya da çıkarılan STEM disiplini olup olmadığı ve olduysa nedenleri tartışılarak öğrencilerin STEM disiplinlerinin uygulamada nasıl kullanıldığını içselleştirmesi hedeflenir. Öğrencilere aynı zamanda girişimcilik bilgisi, becerileri ya da türlerinden herhangi birini uygulamada kullanıp kullanmadıkları uygulama süreci içerisinde sorulur. Bu şekilde öğrencilerin girişimciliği uygulamada nasıl kullanıldığını içselleştirmesi hedeflenir.
- **Çözüm yolunun test edilmesi:** Uygulanan çözüm yollarının etkililiği burada araştırılır. Bunun için var olan rubrikler kullanılabilir ya da amaca göre yeni rubrik hazırlanabilir. Bunun dışında uygun başka yöntemler varsa uygulanabilir. Rubriklerden elde edilen sonuçlara göre en başarılı olan çözüm yolu belirlenir. Bu çözüm yolunda nelerin yolunda gittiği ve ne gibi konularda güçlüklerle karşılaşıldığı belirlenir.
- **Çözüm yolunun yeterliğine karar verilmesi:** Çalışmanın başında karar verilmiş olan kriterlere bakarak ve test sonuçları göz önünde bulunarak çözüm yolunun yeterliliğine karar verilir. Uygulanan çözümlerin sorunun çözülmesine katkıda bulunup bulunmadığına ve çözümlerin uygulanması ile ilgili güçlükler bulunup bulunmadığına bakılır. Bunlardan yola çıkılarak eğer çözüm başarıya ulaşmışsa çözüm yolunun yaygınlaştırılması için adımlar atılabilir. Eğer başarıya ulaşmamışsa sorunların nasıl çözülebileceğine ve çözüm yolunun nasıl iyileştirilebileceğine dair tartışma yapılarak çözüm yolu tekrar planlanır, uygulanır ve test edilir. Bu süreç etkili bir çözüm yolu bulunup, problem durumu ortadan kaldırılana kadar devam eder.

Burada bütün STEM disiplinlerine ve girişimciliğe dair içerik/konu bilgi verilmesi girişimci STEM eğitiminin uygulandığı anlamına gelmemektedir. Önemli olan şey girişimci STEM yetkinliklerinin, öğretim ilkelerinin ve uygulamanın etkili bir şekilde öğrenciler tarafından yürütülebilmesi, öğrencilerin kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu alarak durumu analiz edebilmesi ve öğrencilerin uygulama sürecine girişimcilik ve STEM'in nasıl entegre edildiğini fark edip açıklayabilmesidir. Buna ek olarak yaygın olarak yanlış bir şekilde kullanılan ve göz önünde bulundurulması gereken başka bir durum da girişimciliğin ortaya çıkması için öğrencilerin bir şey pazarlamalarına, işyeri kurmalarına ya da kar elde etmelerine gerek olmamasıdır. Daha önce de vurgulandığı gibi bu tür girişimcilik finansal girişimcilik olarak adlandırılırken başka girişimcilik türleri de kullanılabilir.

#### *Adım 7 – Girişimci STEM etkinliğine dijital biçimlendirici değerlendirme entegre edilmesi*

Bu adımda, Şekil 2’de sunulan Dijital Biçimlendirici Değerlendirme Bilimsel Çerçevesi temel alınarak Adım 6’ da önerilen etkinlik detaylandırılmıştır. Biçimlendirici değerlendirme stratejileri ve bu stratejiler doğrultusunda içeriğe dijital teknolojilerin uygulanma şekilleri açıklanmıştır. Burada ilk beş adım aynen alınır. Sonrasında dersin başlangıcından itibaren dijital biçimlendirici değerlendirme altıncı adıma eklenerek derse entegrasyonu gerçekleştirilir. Beş biçimlendirici değerlendirme stratejisi, teknolojinin üç işlevi aracılığıyla altıncı adımla birleştirilerek uygulanmaktadır. Bu entegrasyon için Şekil 2’de yer alan biçimlendirici değerlendirme stratejileri doğrultusunda, bir ders örneği dört ana grup (1A/1B/1C, 2A/2B/2C, 3A/3B/3C ve 4A/4B/4C) olarak aşağıda sunulmuştur. Burada, tüm biçimlendirici değerlendirme stratejileri ve bunların teknoloji aracılığıyla bir ders planına entegrasyonu açıklanmış ve örneklenmiştir. Mühendislik tasarım süreci ve teknolojinin uygun kullanımı ve uygulaması ders planında benimsenmiş ve sunulmuştur.

**1A/1B/1C:** Dersin en başında birinci biçimlendirici değerlendirme stratejisi olan öğrenme niyetlerini (kazanımlarını) ve başarı kriterlerini netleştirme/paylaşma ve anlama teknolojinin işleme/analiz etme ve etkileşimli ortamlar işlevleri kullanılarak uygulanır. Bu kapsamda, dersin başında

derse ilişkin öğrenme kazanımları Google dökümanları üzerinden öğrencilerle paylaşılır. Burada tahtaya yansıtma yapılması gösterme işlevine girmektedir ve bu işlev kullanılmamıştır. Bu paylaşımın öğrencilerin derste ne yapılacağına dair farkındalığının artırılarak istedikleri zaman bu kazanımlara ulaşabilmelerini sağlamak hedeflenmektedir. Bu paylaşımın sonrasında eğitimci kişi Poll Everywhere’de de kazanımları paylaşarak, öğrencilerin bu kazanımları gözden geçirmelerini ve öğrenme çıktılarının kendileri için ne kadar zorlayıcı olacağını düşündüklerine dair bu uygulamada puanlama yapmalarını ister. Poll Everywhere’de elde edilen sonuçlara göre çok kolay ya da çok zor olan, açık/anlaşılır olmayan, ya da başka zorluklar taşıyan kazanımlar belirlenir. Eğitimci kişi, paylaşılan Google dokümanı aracılığıyla öğrencilerle birlikte bu kazanımlar üzerinde çalışır, gerekli düzenlemeleri yapar ve her bir kazanım için en az bir tane başarı kriteri oluşturur. Bu şekilde, ilk biçimlendirici değerlendirme stratejisi etkileşimli bir ortama entegre edilmiş olur.

**2A/2B/2C:** Kazanımlar ve başarı kriterleri ile ilgili gerekli çalışma yapıldıktan sonra, ikinci biçimlendirici değerlendirme stratejisi olan etkili sınıf tartışmaları, soru-cevap etkinlikleri ve öğrenme görevleri tasarlanır ve teknolojinin gönderme/görüntüleme, işleme/analiz etme ve etkileşimli ortamlar işlevleri kullanılarak derse entegre edilir. Bu kısım bu çalışmada MTSde yer alan problemi tanımlama evresine entegre edilmiştir. Burada, gönderme/görüntüleme kapsamında, dersten bir gün önce, öğrencilerin toplumun günlük sorunları hakkında düşünmelerini sağlamak için kamusal sorunlarla ilgili bazı gazete haberleri öğrencilere online platformlar aracılığıyla gönderilir. Öğrencilerden bu haberleri incelemeleri ve sonrasında kendi araştırmalarını yapıp yerel halkın karşı karşıya olduğu bir problem durumu belirleyerek sınıfa gelmeleri istenir. Öğrenciler derse geldiklerinde 3 ile 5 kişi arasında olmak üzere sınıf mevcuduna göre gruplara ayrılırlar. Her grup bir araya gelerek birbirlerine belirledikleri problem durumunu açıklarlar. Sonra, eğitimci kişinin önceden düzenlemiş olduğu bir Padlet’te grupta yer alan problemlerin her biri için bu yerel sorunu çözmenin en az bir avantajını, bir dezavantajını ve toplumun gelişimine nasıl bir katkıda bulunacağını yazarak analiz ederler. Padlet’te yer alan alanlar tamamlandıktan sonra öğrenciler kendi grupları içerisinde tartışma yürütüp analizler yaparak grup olarak yönelecekleri bir probleme karar verirler. Eğer yeterli zaman kalmamışsa, etkileşimli ortamlardan WhatsApp aracılığıyla öğrenciler kendi gruplarını oluşturarak (eğitimci de gruba alınır) analizlerini tamamlayıp probleme karar verebilir.

Sonrasında, MTSde yer alan problem hakkında bilgi edinme kapsamında, öğrenciler çözmeye odaklanmaya karar verdikleri problemin tarihçesi ve bu konuda şimdiye kadar neler yapıldığı hakkında araştırma yapar. Daha önce bulunan bir çözüm yolu varsa bunun neden etkili olmadığı analiz edilir. Öğrenciler, elde ettikleri bulgular doğrultusunda var olan çözüm yolunun güncellenip geliştirilmesine ya da yeni bir çözüm yolunun araştırılmasına karar verir. Öğrenciler bir e-portfolio oluşturarak elde ettikleri bilgileri bu portfolyoda toplar. Bu bilgileri arkadaşlarıyla analiz edip tartışarak birbirinden farklı ve yaratıcı çözüm yolları önerirler. Öğrenciler, girişimciliğin ve STEM disiplinlerinin bu çözüm yolunu bulmada nasıl bir rol oynayacağını ve ne gibi materyaller kullanacaklarını da araştırıp yine aynı e-portfolio içerisinde bulgularını toplayıp tartışır. Bu tartışma sonrasında artık MTS’de yer alan çözüm yolunun planlanması evresine geçilebilir. Öğrenciler yeni, yaratıcı bir yol bularak ya da mevcut seçeneği yaratıcı bir yaklaşımla daha da geliştirerek belirlenen yerel sorunun üstesinden gelebilmek için farklı çözümler planlamaya başlarlar. Yine bu planlar e-portfolio içerisine kaydedilir. Öğrenciler etkileşimli ortam olarak kullanılan WhatsApp gruplarında sorunun olası çözümlerini tartışır. Bir sonraki MTS evresi olan çözüm yolunun uygulanması aşamasına geçen öğrenciler, karar verip planladıkları çözüm yollarını uygulamaya koyup, bu uygulamaları kapsayan bir video oluşturur ve paylaşırlar. Bu video, sorunu çözmek için geliştirdikleri bir prototipi veya sorunu nasıl çözeceklerini temsil eden bir ortamı göstermektedir. Video aynı zamanda öğrencilerin soruna bir çözüm getirirken karşılaşılabilecekleri potansiyel riskleri de yansıtmaktadır.

**3A/3B/3C:** MTS’de çözüm yolunun test edilmesi evresine gelen öğrenciler uygulanan çözüm yollarının etkililiği anlamak için ne gibi yöntemler kullanabileceklerini ve konuya odaklanan bir rubriğin varlığını araştırırlar. Bu evrede eğitimci kişiler de öğrencilere nereye bakmaları ve ne yapmaları gerektiği konusunda yönlendirmede bulunur. Eğer hazır bir rubrik bulunursa bu rubrik kullanılabilir, eğer bulunamazsa yine eğitimci kişinin desteğiyle amaca göre yeni rubrik hazırlanabilir. Bunun dışında uygun başka yöntemler varsa uygulanabilir. Öğrenciler elde ettikleri sonuçları eğitimci kişileri ve

arkadaşlarıyla paylaşırlar. Burada üçüncü biçimlendirici değerlendirme stratejisi olan öğrencileri ileriye taşıyan geri bildirim sağlama teknolojinin gönderme/görüntüleme ve etkileşimli ortam işlevleri kullanılarak derse entegre edilir. Gönderme/görüntüleme kapsamında, her grup, eğitimcilerinden e-posta yoluyla kişiselleştirilmiş geri bildirimle birlikte 3 dakikalık bir MP3 kaydı alır. Teknolojiyi etkileşimli bir ortama entegre etme kapsamında ise eğitmeni kişi her grup için bir Zoom toplantısı düzenleyerek öğrencilerin sorularını yanıtlar ve çözüm yollarının avantajlarını ve dezavantajlarını öğrencilerle tartışır. Zoom görüşmesi sırasında bu çözüm yolu uygulanırken nelerin yolunda gittiği ve ne gibi konularda güçlüklerle karşılaşıldığı da tartışılan konular arasında yer alır.

**4A/4B/4C:** MTS' nin çözüm yolunun yeterliliğine karar verilmesi evresi burada gerçekleştirilmiştir. Dördüncü ve beşinci biçimlendirici değerlendirme stratejileri olan akran ve öz değerlendirme, teknolojinin işleme/analiz etme ve etkileşimli ortam işlevleri kullanılarak bu evreye entegre edilmiştir. Öğrencilerin birbirleri için öğrenme kaynakları olması ve kendi öğrenmelerinin sahipleri olarak aktif hale gelmesi amaçlanmıştır. İşleme/analiz kapsamında, öğrenciler birbirlerinin videolarını izlerler ve arkadaşlarının videolarının kalitesini dersin başında tartışılan başarı kriterlerine göre değerlendirirler. Teknolojiyi etkileşimli bir ortama entegre etmek kapsamında ise, öğrenciler sağlanan geri bildirimleri inceler ve WhatsApp gruplarında çözümlerinin güçlü ve zayıf yanlarını ve çözüm yollarının nasıl daha fazla geliştirebileceklerini tartışırlar. Bu şekilde, çalışmanın başında karar verilmiş olan kriterlere ve test sonuçlarına bakarak, eğitmeni dönütleri, akran ve öz değerlendirme sonuçları göz önünde bulundurularak çözüm yolunun yeterliliğine karar verilir. Eğer çözüm başarıya ulaşmışsa çözüm yolunun yaygınlaştırılması için adımlar atılırken, başarıya ulaşmamışsa sorunların nasıl çözülebileceğine ve çözüm yolunun nasıl iyileştirilebileceğine dair tartışma yapılarak çözüm yolu tekrar planlanır, uygulanır ve test edilir. Bu süreç etkili bir çözüm yolu bulunup, problem durumu ortadan kaldırılana kadar devam eder.

### Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, eğitimcileri dijital biçimlendirici değerlendirme, girişimci STEM eğitimi ve bunların ders planlarına entegrasyonu hakkında bilgilendirmeyi amaçlamıştır. Mevcut çalışmada sistematik olmayan literatür taraması kullanılmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda meta sentez kullanılarak farklı değişkenlerin etkililiğine bakılması önerilebilir. Bu çalışmada geliştirilen ders planı, farklı dijital araçlar ve öğrenme ortamları aracılığıyla biçimlendirici değerlendirme kullanarak girişimci STEM eğitimi bağlamında öğrencilerin gelişimini desteklemeyi hedeflemiştir. Ders planları geliştirilirken değerlendirme, öğretme ve öğrenme sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmiştir.

Disiplinler arası konular, özellikle girişimcilik STEM eğitimi, için etkili bir dijital biçimlendirici değerlendirmenin planlanmasına yardımcı olacak çeşitli öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Biçimlendirici değerlendirme, öğrencinin ilerlemesini desteklemeyi amaçlamalıdır.
- Öğrenme çıktıları ve başarı kriterleri öğrencilerin anlayabileceği bir dille açık ve anlaşılır bir şekilde yazılmalı, öğrenmeyi ve başarıyı görünür kılmayı amaçlamalıdır.
- Eğer girişimci STEM eğitimi kapsamında uygulama yapıldıysa, kazanımlarda ve başarı kriterlerinde girişimciliğin ve STEM eğitiminin yerine vurgu yapılmalıdır.
- Net bir öğrenme kazanımı (niyeti), öğrencilerin içeriğe olduğu kadar kendi öğrenimlerine de odaklanmalarına yardımcı olmalıdır.
- Her öğrenme kazanımının en az bir başarı kriteri olmalıdır.
- Biçimlendirici değerlendirme (beş stratejisi dahil), öğrencilerin tek başına çalışmak yerine birbirleriyle etkileşime girmelerinin yanı sıra, girişimcilik yoluyla yeni öğrenmeler oluşturmaları için mevcut STEM fikirleri ve yeterlilikleri üzerine yenilerini inşa etmelerine yardımcı olmak için kullanılmalıdır.
- Öğretme ve öğrenme süreci, acil öğrenme ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlanmalıdır.

Disiplinler arası konularda dijital biçimlendirici değerlendirmeyi uygulamak, işbirlikçi, etkileşimli ve yansıtıcı etkinliklerle öğrenen katılımını ve başarısını artırma imkânı sağlayabilir (Baleni, 2015; Gikandi, Morrow, & Davis, 2011; McLaughlin & Yan, 2017; Petrovic, Pale & Jeren, 2017). Buna ek olarak, bu tür etkinlikler biçimlendirici değerlendirme stratejileri arasında yer alan geri bildirim sayesinde öğrencilerin hatalarından öğrenmesine yardımcı olabilir (Barana & Marchisio, 2016) ve



öğrencilerin öz düzenlemelerini geliştirmeye katkı sağlayabilir (McLaughlin & Yan, 2017). Genel olarak, dijital biçimlendirici değerlendirmeyi kullanmak, biçimlendirici ve anında geri bildirim yanı sıra öz/akran değerlendirmesi için imkanlar da sağlayabilir (Baleni, 2015; Gikandi, Morrow, & Davis, 2011). Ayrıca, bu değerlendirme çeşidi öğrenmeyi geliştirmek için yenilikçi öğretim yöntemlerinin geliştirilmesine ve gözden geçirilmesine yardımcı olabilir (Barana & Marchisio, 2016). Sonuç olarak, dijital biçimlendirici değerlendirmenin desteğiyle eşitlikçi eğitimi daha üst düzeyde desteklenebilir (Gikandi, Morrow, & Davis, 2011; Reynolds, O'Leary, Brown & Costello, 2020).

Girişimci STEM eğitimi ise öğrencilerin STEM'in günlük yaşamda nerede ve nasıl kullanıldığını fark etmelerine yardımcı olabilir (örn., Pabuççu Akış & Demirer, 2023), bu da STEM disiplinlerine ilgi ve motivasyonu artırabilir (Uçar, 2020). Ayrıca girişimci STEM eğitimi ile öğrenciler 21. yüzyıl beceri ve yeterlilikleri ile donatılmakta ve bunları farklı bağlamlarda uygulayarak gündelik sorunlara çözüm üretmektedirler (Deveci & Çepni, 2014; Jang, 2016; Kaya-Capocci & Uçar, 2023). Girişimci STEM bakış açısının geliştirilmesiyle, öğrencilerin yeni fırsatların varlığı konusundaki farkındalığı artırılabilir ve bu farkındalık onların gelecekte yeni iş olanakları ortaya çıkarmalarına ve kariyerlerinde ilerlemelerine yardımcı olabilir (Alvarez & Barney, 2007; Kaya vd., 2018). Tüm bunlar, öğrencilerin potansiyellerinin tamamını ortaya koyabilmelerine yardımcı olabilir (Volkman vd., 2009). Girişimci STEM bakış açısına sahip vatandaşlar yetiştirmek, ülkelerin sosyal, bilimsel, ekonomik ve çevresel kalkınmasına da katkıda bulunabilir.

Tüm bunlardan yola çıkarak öğretmen adayları ve eğitimciler günümüz küresel, teknolojik ve yenilikçi dünyasında geri kalmamak, bu yeni dünyaya uyum sağlamak ve sağlamak için girişimci STEM eğitimi ve dijital biçimlendirici değerlendirme konusunda gerekli bilgi, beceri ve tutuma sahip olarak yetiştirilmelidir. Buna ek olarak, öğretmen adaylarımız ve eğitimcilerimiz kavramsallaştırılması, planlaması ve uygulaması konusunda yeterli donanımına sahip olması için gerekenler yapılmalı, bu alanlardaki çalışmalar artırılmalıdır.

### Kaynakça

- Adatepe, S., Kul, M., & Adatepe, E. (2021). Examining entrepreneurship characteristics and reflective thinking levels of pre-service teachers at physical education and sports school. *Education Quarterly Reviews*, 4(3).
- Alvarez, S.A. & Barney, J.B. (2007). Discovery and creation: Alternative theories of entrepreneurial action. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(1–2), 11–26.
- Amos, A.A. & Onifade C.A. (2013) The perception of students on the need for entrepreneurship education in teacher education programme. *Global Journal of Human Social Science*, 13(3), 75–80.
- Atilgan, H. (2017). Değerlendirme ve not verme. (Ed. Hakan Atilgan). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (10. Baskı). Ankara: Anı yayıncılık.
- Aydeniz, M. & Dogan, A. (2016). Exploring pre-service science teachers' pedagogical capacity for formative assessment through analyses of student answers. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 125-141.
- Barana, A. & Marchisio, M. (2016). Ten good reasons to adopt an automated formative assessment model for learning and teaching mathematics and scientific disciplines. *Procedia—Soc. Behav. Sci.*, 228, 608–613.
- Basol, G., Cakan, M., Kan, A., Ozbek, O. Y., Ozdemir, D., & Yasar, M. (2013). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Bennett, R. E. (2011) Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5-25. Doi: 10.1080/0969594X.2010.513678.
- Bhagat, K.K. & Spector, J.M. (2017). Formative assessment in complex problem-solving domains: The emerging role of assessment technologies. *J. Educ. Technol. Soc.*, 20, 312–317.
- Birdthistle, N., Hynes, B., & Fleming, P. (2007). Enterprise education programmes in secondary schools in Ireland: A multi-stakeholder perspective. *Education+ Training*, 49(4), 265–276. Doi: 10.1108/00400910710754426.
- Block, J. H., Fisch, C. O., & Van Praag, M. (2017). The Schumpeterian entrepreneur: A review of the empirical evidence on the antecedents, behaviour and consequences of innovative entrepreneurship. *Industry and Innovation*, 24(1), 61-95.
- Bosman, L., & Fernhaber, S. (2019). Applying authentic learning through cultivation of the entrepreneurial mindset in the engineering classroom. *Education Sciences*, 9(1), 7.

- Bruyat, C. & Julien, P.A. (2001). Defining the field of research in entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 16(2), 165–180. Doi: 10.1016/S0883-9026(99)00043-9.
- Butler, D., McLoughlin, E., O’Leary, M., Kaya, S., Brown, M., & Costello, E. (2020). *Towards the ATS STEM Conceptual Framework*. Dublin: Dublin City University. Doi: 10.5281/zenodo.3673559.
- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA, USA: NSTA press.
- Celik, T. (2021). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının Web 2.0 uygulamalarıyla biçimlendirici değerlendirme deneyimlerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 50 (231), 173-198 . Doi: 10.37669/Milliegitim.713075
- Celik, T., & Tepe, T. (2022). Sanal öğrenme ortamlarında sosyal bilgilerde dijital uygulamalar ile biçimsel değerlendirme tasarımları. *Muallim Rifat Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 22-43.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 74-85.
- Department of Education and Skills (2016). *Ireland’s National Skills Strategy 2025*. Dublin: Communications Unit Department of Education and Science.
- Deveci, I. (2022). Review of entrepreneurship education literature in educational contexts: Bibliometric analysis. *Participatory Educational Research*, 9(1), 214-232.
- Deveci, I. & Cepni, S. (2014). Entrepreneurship in science teacher education. *Journal of Turkish Science Education*, 11(2), 161-188.
- Douglas, K.A., Moore, T.J., & Adams, R.S. (2016). *Core engineering design competencies for intermediate and middle grades*. Indiana: Purdue University Research Foundation. Retrieved from: <https://purr.purdue.edu/publications/2203/serve/1/33660?el=1&download=1>.
- Elliott, C., Mavriplis, C., & Anis, H. (2020). An entrepreneurship education and peer mentoring program for women in STEM: mentors’ experiences and perceptions of entrepreneurial self-efficacy and intent. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(1), 43-67.
- European Commission (2014). *Entrepreneurship education: A guide for educators*. Brussels: European Commission. Retrieved from <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/7465>.
- European Commission (2016). *Formative Assessment in Science and Mathematics Education (FaSMEd) summary report*. Brussels: European Commission. Retrieved from <https://cordis.europa.eu/docs/results/612/612337/final1-final-fasmed-summary-report-final.pdf>.
- Finnish National Board of Education (2014). *New national core curriculum for basic education: focus on school culture and integrative approach*. Finland: Finnish National Agency for Education. Retrieved from: <https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/new-national-core-curriculum-for-basic-education.pdf>.
- Fortus, D. & Krajcik, J. (2020). Supporting contextualization: Lessons learned from throughout the globe. *Int Perspect Contextualization Sci Educ*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27982-0\\_175-183](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27982-0_175-183).
- Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2333-2351.
- Hisrich, R.D. & Peters, M.P. (2002). *Entrepreneurship*. New Delhi: McGraw-Hill.
- Hotaman, D. (2020). Online eğitimin başarisi açısından biçimlendirici değerlendirmenin önemi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(73).
- Inaltun, H., & Ates, S. (2018). Fen bilimleri eğitiminde biçimlendirici değerlendirme: Literatür taraması (Formative Assessment in Science Education: A Literature Review). *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 38(2).
- Irzik, G. (2013). Introduction: Commercialization of academic science and a new agenda for science education. *Science & Education*, 22(10), 2375–2384.
- Ismail, M. A. A., Ahmad, A., Mohammad, J. A. M., Fakri, N. M. R. M., Nor, M. Z. M., & Pa, M. N. M. (2019). Using Kahoot! as a formative assessment tool in medical education: a phenomenological study. *BMC Medical Education*, 19(1), 1-8.
- Jackson, A., Henry, S., Jackman, K. M., Jones, L., Kamangar, F., Koissi, N., ... & Hohmann, C. F. (2023). A Student-Centered, Entrepreneurship Development (ASCEND) undergraduate summer research program: Foundational training for health research. *CBE—Life Sciences Education*, 22(1), ar13.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 284–301.

- Johnson, C.C. (2013). Conceptualizing integrated STEM education editorial. *Sch Sci Math* 113(8):367–368
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Eds.) (2015). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. New York, NY, USA: Routledge.
- Kaya, S. (2019). *Enhancing Pre-service Science Teachers' Understanding of How Science Works in Society: The Role of Economics and Entrepreneurship*. Unpublished Ph.D. thesis. The Republic of Ireland: University of Limerick.
- Kaya-Capocci, S., O'Leary, M. & Costello, E. (2022). Towards a Framework to Support the Implementation of Digital Formative Assessment in Higher Education. *Education Science*, 12, 823. <https://doi.org/10.3390/educsci12110823>.
- Kaya-Capocci & Peters-Burton (Eds). (2023). *Enhancing Entrepreneurial Mindset through STEM Education*. Netherlands: Springer.
- Kaya-Capocci, S. & Ucar, S. (2023). Entrepreneurial STEM for Global Epidemics. In *Integrated Education and Learning*. Netherlands: Springer.
- Kaya, S., Erduran, S., Birdthistle, N., & McCormack, O. (2018). Looking at the social aspects of nature of science in science education through a new lens: The role of economics and entrepreneurship. *Science & Education*, 27(5-6), 457-478.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. Doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kirilmaz, K. S. (2014). Sosyal girişimcilik boyutlarına kuramsal bir bakış. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 55-74.
- Leffler, E. (2014). Enterprise learning and school subjects – A subject didactic issue? *Journal of Education and Training*, 1(2), 15-30. <http://dx.doi.org/10.5296/jet.v1i2.5194>.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic analysis of publicly funded projects. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 17.
- Looney, J. (2019). Digital Formative Assessment: A Review of the Literature. Available online: <http://www.eun.org/documents/411753/817341/Assess%40Learning+Literature+Review/be02d527-8c2f-45e3-9f75-2c5cd596261d> (accessed on 30 November 2019).
- López-Pastor, V., & Sicilia-Camacho, A. (2017). Formative and shared assessment in higher education: Lessons learned and challenges for the future. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(1), 77-97.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons: International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. Australia: Australian Council of Learned Academies.
- McLaughlin, T., & Yan, Z. (2017). Diverse delivery methods and strong psychological benefits: A review of online formative assessment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(6), 562-574.
- McLoughlin E., Butler., D., Kaya, S. & Costello, E. (2020). *STEM Education in Schools: What Can We Learn from the Research?*. Ireland: Dublin City University. Doi:10.5281/zenodo.3673728.
- Medland, E. (2016). Assessment in higher education: drivers, barriers and directions for change in the UK. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(1), 81-96. Doi: 10.1080/02602938.2014.982072.
- Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N., & Mihai, G. (2018). *Science, Technology, Engineering and Mathematics education practices in Europe [Scientix Observatory Report]*. Brussels: European Schoolnet. Retrieved from: <http://www.scientix.eu/observatory> on 21.09.2019.
- Ozcan, E. G. (2022). Öğretmenlerin görüşlerine göre teknoloji destekli biçimlendirici değerlendirme yeterliklerinin sınıf yönetimi becerileri üzerindeki etkisi. *Instructional Technology and Lifelong Learning*, 3(2), 225-251.
- Pabuccu Akis, A., & Demirer, I. (2023). Integrated STEM activity with 3D printing and entrepreneurship applications. *Science Activities*, 60(1), 1-11.
- Reynolds, K., O'Leary, M., Brown, M. & Costello, E. (2020). *Digital formative assessment of transversal skills in STEM: A review of underlying principles and best practice*. Dublin: Dublin City University. Doi: 10.5281/zenodo.3673365.
- Rindova, V., Barry, D., & Ketchen, D.J. (2009). Entrepreneurship as emancipation. *Academy of Management Review*, 34(3), 477–491.

- Sanders, M. (2007). Scientific paradigms, entrepreneurial opportunities and cycles in economic growth. *Small Business Economics*, 28(4), 339–354.
- Sarasvathy, S.D. (2001). Causation and effectuation: toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *The Academy of Management Review*, 26(2), 243–263.
- Struyven, K., Dochy, F., & Janssens, S. (2005). Students' perceptions about evaluation and assessment in higher education: A review. *Assessment & evaluation in higher education*, 30(4), 325-341.
- Turkish Board of Education and Discipline (2013). *Turkish science curriculum*. Ankara: Board of Education and Discipline.
- United Nations (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (A/RES/70/1) Available: <https://goo.gl/ImNES4>. Accessed 23 Jun 2021.
- Ucar, S. (2019). Girişimcilik ve STEM eğitimi. D. Akgündüz (Ed.). *Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi içinde* (ss. 97-112). Ankara: Ani Yayıncılık.
- Ucar, S. (2020). *Girişimcilik eğitimi: Temel eğitimden öğretmen eğitimine genel bakış*. Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Volkman, C., Wilson, K.E., Mariotti, S., Rabuzzi, D., Vyakarnam, S., & Sepulveda, A. (2009). *Educating the next wave of entrepreneurs: Unlocking entrepreneurial capabilities to meet the global challenges of the 21st century [A Report of the Global Education Initiative]*. Switzerland: World Economic Forum. Doi: 10.2139/ssrn.1396704.
- Wiliam, D. & Thompson, M. (2008). Integrating assessment with learning: What will it take to make it work? In Dwyer, CA, (Ed.), *The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning* (ss. 53-82). New York, NY, USA: Routledge.
- Yilmaz, O. (2017). Formative assessment and feedback in interactive classroom: Usage of mobile technology. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5 S), 1832-1841.
- Zhan, Y., Sun, D., Chan, N. C., Chan, K. W., Lam, T. S., & Lee, T. H. (2021). Enhancing learning engagement through formative e-assessment in general education foundation course tutorials. In *Blended Learning for Inclusive and Quality Higher Education in Asia* (pp.281-300), Singapore: Springer.

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

