

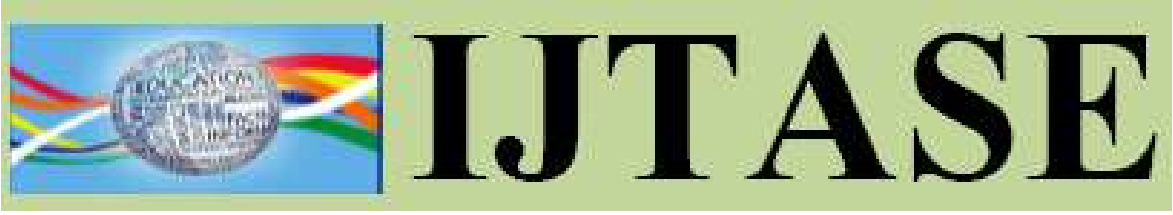
ISSN: 2146-9466

IJTASE



International Journal of New Trends in
Arts, Sports & Science Education

Volume 15 Issue 1



INTERNATIONAL JOURNAL OF NEW TRENDS IN ARTS, SPORTS & SCIENCE EDUCATION

JANUARY 2026

Volume 15 - Issue 1

Editor in Chief

Prof.Dr. Cenk KEŞAN
Prof.Dr. Erdal ASLAN
Prof.Dr. Suat TÜRKOĞUZ

Editors

Prof.Dr. Oğuz SERİN
Prof.Dr. Rana VAROL
Assoc.Prof.Dr. Arzu GÜNGÖR LEUSHUIS
Assoc.Prof.Dr. Ayça AVCI
Assoc.Prof.Dr. Esin KUMLU

Associate Editors

Prof.Dr. Fahriye ATINAY
Prof.Dr. Zehra ALTINAY
Ms Umut TEKGÜÇ

Message from the Editor

I am very pleased to publish first issue in 2026. As an editor of International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE), this issue is the success of the reviewers, editorial board and the researchers. In this respect, I would like to thank to all reviewers, researchers and the editorial board. The articles should be original, unpublished, and not in consideration for publication elsewhere at the time of submission to International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE), For any suggestions and comments on IJTASE, please do not hesitate to send mail. The countries of the authors contributed to this issue (in alphabetical order): Turkey.

Prof.Dr. Suat TRKOGUZ
Editor in Chief

Copyright © 2026 by author(s)

All articles published in International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE) are licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

IJTASE allows readers to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of its articles and allow readers to use them for any other lawful purpose.

IJTASE does not charge authors an article processing fee (APF).

Published in TURKEY

Contact Address:

Prof.Dr. Cenk KEŞAN / Prof.Dr. Erdal ASLAN / Prof.Dr. Suat TÜRKOĞUZ

IJTASE Editor in Chief, İzmir-Turkey

Editorial Team

Editor in Chief

PhD. Cenk Keşan, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Erdal Aslan, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Suat Türkoğuz, (Dokuz Eylül University, Turkey)

Editors

PhD. Arzu Güngör Leushuis, (Florida State University, United States)
PhD. Ayça Avcı, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Esin KUMLU, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Oğuz Serin, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Rana Varol, (Ege University, Turkey)

Associate Editors

PhD. Fahriye Atınay, (Near East University, North Cyprus)
PhD. Zehra Altınay, (Near East University, North Cyprus)
Ms Umut Tekgüç, (Bahçeşehir Cyprus University, North Cyprus)

Linguistic Editors

PhD. İzzettin Kök, (Girne American University, North Cyprus)
PhD. Mehmet Ali Yavuz, (Cyprus International University, North Cyprus)
PhD. Nazife Aydınoglu, (Girne American University, North Cyprus)
PhD. Uğur Altunay, (Dokuz Eylül University, Turkey)

Measurement and Evaluation

PhD. Emre Çetin, (Cyprus Social Sciences University, North Cyprus)
PhD. Gökhan İskifoğlu, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Gürol Zırhoğlu, (Yüzüncü Yıl University, Turkey)
PhD. Selahattin Gelbal, (Hacettepe University, Turkey)

Fine Arts Education

PhD. Ayfer Kocabaş, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Azize Özgüven, (Yeni Yüzyıl University, Turkey)
PhD. Benan Çokokumuş, (Ondokuz Mayıs University, Turkey)
PhD. Esra Gül, (Anadolu University, Turkey)
PhD. Süreyya Çakır, (Okan University, Turkey)
PhD. Bedri Karayağmurlar, (Dokuz Eylül University, Turkey)
PhD. Burak Basmacıoğlu, (Anadolu University, Turkey)
PhD. Cansevil Tebiş, (Balıkesir University, Turkey)
PhD. Gulsen G. Erdal, (Kocaeli University, Turkey)
PhD. Hale Basmacıoğlu, (Anadolu University, Turkey)
PhD. H. Hakan Okay, (Balıkesir University, Turkey)
PhD. Nezihe Şentürk, (Gazi University, Turkey)
PhD. Şirin Akbulut Demirci, (Uludağ University, Turkey)
PhD. Sezen Özeke, (Uludag University, Turkey)

Science Education

PhD. Tsedeke Abate, (Hossana Education College, Hossana, Ethiopia)
PhD. Baştürk Kaya, (Selcuk University, Turkey)
PhD. Benjamin Rott, (University of Cologne, Germany)
PhD. Emmanuel Edoja Achor (Benue State University, Makurdi, Nigeria)
PhD. Çiğdem Şenyiğit, (Van Yüzüncü Yıl University, Turkey), Turkey

PhD. Gizem Saygılı, (Süleyman Demirel University, Turkey)
PhD. Hakan Kurt, (Selcuk University, Turkey)
PhD. Meryem Nur Aydede, (Niğde University, Turkey)
PhD. Nilgün Seçken, (Hacettepe University, Turkey)
PhD. Nilgün Yenice, Adnan Menderes University, Turkey), Turkey
PhD. Oğuz Serin, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Salih Çepni, (Uludağ University, Turkey)
PhD. Şule Aycan, (Muğla University, Turkey)
PhD. Teoman Kesercioğlu, (Dokuz Eykül University, Turkey)
PhD. Uğur Serin, (Necip Fazıl Kısakürek Primary School, Buca, Turkey)

Sports Science

PhD. Alper Aşçı, (Haliç University, Turkey)
PhD. Aysel Pehlivan, (Haliç University, Turkey)
PhD. Ayşe Kin İşler, (Hacettepe University, Turkey)
PhD. Caner Açıkkada, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Cengiz Akalan, (Ankara University, Turkey)
PhD. Cevdet Tınazcı, (Near East University, North Cyprus)
PhD. Emin Ergen, (Haliç University, Turkey)
PhD. Ercan Haslofça, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Fehime Haslofça, (European University of Lefke, North Cyprus)
PhD. Görkem Aybars Balcı, (Ege University, Turkey)
PhD. Hayri Ertan, (Eskişehir University, Turkey)
PhD. İlhan Odabaş, (Haliç University, Turkey)
PhD. Metin Dalip, (State University of Tetova, Macedonia)
PhD. Özgür Özkaya, (Ege University, Turkey)
PhD. Salih Pınar, (Fenerbahçe University, Turkey)
PhD. Sinem Hazır Aytar, (Başkent University, Turkey)
PhD. Tahir Hazır, (Hacettepe University, Turkey)
PhD. Tolga Şiniforoğlu, (Kütahya Dumlupınar University, Turkey)
PhD. Tuba Melekoğlu, (Akdeniz University, Turkey)
PhD. Yunus Arslan, (Pamukkale University, Turkey)

Table of Contents

Research Articles

Message from the Editor

Prof.Dr. Suat TÜRKOĞUZ (*Editor in Chief*)

IJTASE- Volume 15 - Issue 1 2026

QUALITATIVE EVALUATION OF TRAINING ON HAND AND BASIC HYGIENE
USING DIFFERENT TRAINING TECHNIQUES

*Şükran KÖSE, Pembe KESKİNOĞLU, Ali Günay BALIM, Ekin KESKİNOĞLU, Selma GÜL
SEVER*

1-8

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DENEY TASARIM SÜRECİNDE FEN BİLİMLERİ
ÖĞRETMEN ADAYLARININ TASARIMLARINA YÖNELİK CHATGPT
DEĞERLENDİRMELERİNİN İNCELENMESİ

Suat TÜRKOĞUZ, Dilara Melis EREN

9-31

2020-2024 YILLARI ARASINDAKİ STEM EĞİTİMİ YAKLAŞIMI KONUSU
ÇALIŞMALARIN SİSTEMATİK DERLEMESİ

Tolga YILMAZ, Melisa BASBAY, Aslı YEŞİL, Ebru İrem ÇİLLİOĞLU, Murat GENÇ

32-45

A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF STUDIES ON METACOGNITION IN
SCIENCE, PHYSICS, CHEMISTRY AND BIOLOGY EDUCATION

Hilal PALTA BENEK, Ayşe Gül ÇİRKİNOĞLU ŞEKERCİOĞLU

46-63

ISSN: 2146-9466

QUALITATIVE EVALUATION OF TRAINING ON HAND AND BASIC HYGIENE USING DIFFERENT TRAINING TECHNIQUES

Şükran KÖSE

Prof. Dr., Dokuz Eylül University

Faculty of Medicine Department of Infectious Diseases and Clinical Microbiology, İzmir

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4228-1213>

sukrankose@yahoo.com

Pembe KESKİNOĞLU

Prof. Dr., Dokuz Eylül University

Faculty of Medicine Department of Biostatistics and Medical Informatics, İzmir

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-1828>

pembe.keskinoglu@gmail.com

Ali Günay BALIM

Prof. Dr., Dokuz Eylül University

Buca Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, İzmir

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2010-1696>

agunay.balim@deu.edu.tr

Ekin KESKİNOĞLU

Doctoral Student, MD, Dokuz Eylül University Institute of Health Sciences, İzmir

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-9579-1529>

ekinkeskinoglu0@gmail.com

Selma GÜL SEVER

Assoc.Prof.Dr., Uşak University

Faculty of Medicine Department of Infectious Diseases and Clinical Microbiology, Uşak

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-7320>

selma.sever@usak.edu.tr

Received: November 13, 2025

Accepted: January 18, 2026

Published: January 31, 2026

Suggested Citation:

Köse, Ş., Keskinoglu, P., Balım, A. G., Keskinoglu, E., & Gül Sever, S. (2026). Qualitative evaluation of training on hand and basic hygiene using different training techniques. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(1), 1-8.



Copyright © 2026 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Effective implementation of basic hygiene and hand washing trainings in schools and monitoring of their results are important for child health. Basic trainings are important in preventing many infectious diseases that cause childhood deaths and ensuring continuity of education and training. Although the basic hygiene problem in schools is a problem of underdeveloped and developing countries, it is also considered in the foreground in developed countries. The effectiveness of the trainings, which are also accepted as an intervention, is measured quantitatively and qualitatively, contributing to the determination of subsequent educational interventions. In this study, a comprehensive training in İzmir Province 10 years ago, where different educational techniques were applied, was evaluated qualitatively. In the qualitative study, a focus group interview was conducted and the people who took part in the training event participated. The recorded interview was analyzed with content analysis. In the analysis; interviews were collected under 6 themes. Four of the themes were determined as positive, while the themes of useful, interactive, student-focused different educational techniques, the characteristics of schools (basic hygiene education is very necessary for schools), cooperation and sustainability were determined as negative themes. The qualitative study revealed the creation of collaboration protocols and training manuals on basic hygiene as targets for further work.

Keywords: Basic hygiene, hand washing, school training, active training techniques, qualitative study.

INTRODUCTION

Globally, 2.4 million deaths occur in developing countries due to diarrhoea and related malnutrition. These deaths can be prevented by good hygiene practices, adequate and safe sanitation and access to clean drinking water. One meta-analysis reported that effective handwashing reduced lower and upper respiratory tract infections by 21% and gastrointestinal diseases by 31%, while another study reported that soap-related handwashing reduced the risk of diarrhoeal diseases by 42% to 47% (Rabbi, 2013). Hand hygiene is one of the most important actions for the prevention of infectious diseases and the protection of health (WHO, 2009). Basic hygiene rules are important in areas such as food preparation, toilets and bathrooms at home and in common living areas, where pathogens are likely to be transmitted and ingested orally.

Access to drinking water, sanitation and hygiene (WaSH) in schools has been shown to improve child health, educational outcomes and teacher satisfaction (Jasper, 2012). Providing water, sanitation, general hygiene and menstrual hygiene management for girls in schools reduces school absenteeism rates, diarrhoea and other gastrointestinal diseases, especially among girls (Hunter, 2014; Ellis, 2016). Access to basic hygiene and safe drinking water (WaSH) in schools is a universal issue and is addressed in the Sustainable Development Goals (Goals 4 and 6) in national water and education policies in many countries (Glass, 2018; Hunton, 2016). Despite the health, education and development benefits of effective WaSH application in schools, service levels remain inadequate in many countries, particularly in rural areas (WHO, 2018). Primary school is the developmental stage for children, where they learn basic life and behavioral skills. Health behavior formation programs in the school environment have been shown to have a significant impact on later life (Lee, 2010). If health and prevention programs are integrated into the education system at an early stage, the results can be promising (Mbakaya, 2020; Gizaw, 2020).

It is possible to measure the effectiveness of education given at school on hand washing and basic hygiene in the field of health quantitatively. Qualitative studies also contribute differently in determining the effectiveness of education and the remarkable issues in education. Qualitative research is carried out with methods such as observation, interview, and document review to explain the individual or social events experienced by individuals and to investigate their perception on the individual. The aim of qualitative research is to understand the tendencies and experiences of individuals or society on a certain subject (McCusker, 2015). It focuses on “why and how” questions rather than results explained by numerical data. Purposive sampling (typical, outlier, unverifiable cases, etc.) is preferred in qualitative research (Devers, 2000; Sarfo, 2021).

Evaluating the status of hand washing and basic hygiene trainings reaching the desired goals, their determinants, and how future planned trainings should be structured, especially a qualitative study in which trainers will share their experiences and perceptions with their participation, will contribute to these trainings. Basic hygiene information is provided within the scope of routine training programs in primary schools. However, supporting these trainings with trainers from the health field and intersectoral cooperation issues for the trainings to be permanent cannot be provided.

In this study; It was aimed to evaluate the education qualitatively with the trainers in the hand washing and basic hygiene trainings carried out in Izmir Province Boarding Regional Schools 10 years ago. With the results of the qualitative study; It is aimed to define the need for future studies planned together with health and education, deficiencies related to education, and issues that need to be drawn attention.

MATERIAL and METHODS

This study was planned as a qualitative study investigating the experiences, perceptions and evaluations of hand washing and basic hygiene education trainers regarding the training. Purposeful sampling method was applied with typical cases in the study. For example, typical cases are; trainers who actively participate in the training and establish dialogue with the trained children and people

who are involved in the planning and implementation of the training. Six people who participated in the training conducted 10 years ago were included in the study. Two researchers who helped manage and record the focus group interview. Semi-structured form was used with the trainers in the interview. Content analysis of the responses was performed.

The method and data content are reported in detail below.

Qualitatively asked about the characteristics of hand washing and basic hygiene education conducted 10 years ago:

The education program was supported by the TÜBİTAK 4005 program. It was carried out in İzmir Province Boarding Regional Schools. The reason for choosing boarding regional schools is that they are schools attended by children from families with low socioeconomic status and are located in rural areas, they are 7/24 communal living areas, and the support of the Provincial Directorate of National Education is provided for the implementation of education outcomes.

Selection criteria; includes both the difficulties and advantages related to this education. 5367 students participated in the education in 6 schools, and different approaches were applied in the education. Education methods were student-centered, learning by active experience, theater-composition competition, rewarding for hygiene, and learning by gamification. In addition, teachers who could continue the effectiveness of the education in these schools were contacted after the education, and willing teachers were included in the education.

Implementation steps of qualitative evaluation of training

1. Purposeful sampling: For the purpose of the study, 6 of the trainers who were trainers of the training 10 years ago were reached, one of the people reached was an active project manager in the past. These people were allowed to take part in the qualitative study.
2. Interview technique: A focus group interview was conducted with the trainers who agreed to participate in the qualitative study. Semi-structured questions were applied by the manager who had knowledge and experience about the trainings and qualitative studies that were the subject of the focus group interview.
3. Data collection: A data collection form was created that included semi-structured and/or open-ended questions. Although the personal information of the trainers was not included in the data collection form, their basic demographic characteristics, their participation in similar trainings in the last 10 years and their current job status were recorded. 8 questions were created about the training 10 years ago to encourage their participation. The focus group interview manager was the trainer who did not take part in the trainings. The administrator asked questions asking about the experiences of the educators regarding education, their impact on students and perceptions of change in the school, and their implications for structuring subsequent education. The answers and reactions in the environment were recorded by an assistant assisting the administrator. The focus group interview duration was planned as a maximum of 2 hours and was carried out in accordance with this duration.
4. Analysis of the responses: The records and notes kept by the assistant and the administrator regarding the 2-hour focus group interview were transferred to the database in an orderly manner according to the interview order. Codes were created from the opinions obtained from the participants, themes were created from the codes and interpreted with the participant opinions. First, the main themes were determined with thematic analysis. The sentences listed under the themes were determined with descriptive analysis and how they described which themes. Content analysis was performed in the final stage. In the content analysis; the research team interpreted the data, which was first themed and then given meaning with descriptions. In the interpretations, attention was paid to descriptions that were repeated or different from all descriptions.

This study was approved by the Non-Interventional Ethics Committee of Dokuz Eylül University Faculty of Medicine with approval number 2025/20-30.

RESULTS

The descriptive characteristics of the 6 individuals who participated in the focus group interview in the study are presented below. Of the 4 educators who participated in the training evaluated in the focus group interview, 2 were from the health field and 2 were from the education and theater field. In addition, 2 educators who were involved in the organization and education processes were also in the focus group. The manager was from the education field, and the researcher who assisted was from the health field.

Table 1. Characteristics of the participants in the focus group interview

Characteristics	Group	n
Gender	female	2
	male	4
Age group	50 years old and under	2
	50 years old over	4
Education	graduate	2
	postgraduate	1
	academic	3
Working Year	25 years and under	1
	25 years over	5
Having participated in such trainings in school before	yes	4
	no	2

All 6 people in the focus group interview have postgraduate education. 2 of the trainers are professors and associate professors in the academic staff. All trainers have long years of experience in the fields of education, health, and theater arts.

Except for the education evaluated in the interview, all participants reported that they had worked on similar topics in different school educations from time to time. It was thought that all the people in the focus group were experienced with school educations and could observe the educations well and make inferences. The semi-structured questions recorded in the interview provided the structuring of the themes determined by the coding in the Table 2.

Table 2. Determination of themes through coding of participants' statements

Themes	Codes	n
Training is very effective and useful	All training is useful	6
	Different and detailed training techniques	5
	Training content, techniques are interesting	6
	Theatre, games and learning by doing are permanent	6
	Participatory active learning	6
Interaction in training is mutual	Learning with games together	4
	Encountering a theater play for the first time	4
	The duration of training allows interaction	2
Different training techniques are effective Evaluation of trainings	Age-appropriate interesting games	3
	Messages were conveyed with theater and drama	6
	Competitions, active learning encountered for the first time	5
	Encountering different training techniques for the first time	6
Characteristics of students and schools	Boarding regional school, has problems with hygiene	3
	Students have probleaetic families or without families	6
	Encountering different training techniques for the first time	6
Support and participation of school management-trainers in trainings	Perception of trainers as inspectors	5
	Limited participation of teachers in trainings	4
	Inability to carry out training of trainers	6
	Positive return of teachers at the end of trainings	4
Effect of trainings, permanence and sustainability	Theatre, games, active trainings, competitions are effective in a short time	6
	Theatre, games, active trainings, competitions have limited permanence	5
	Continuous trainings-problem of integration into curriculum	5

Some descriptive sentences for the themes:

“The most important feature of these trainings was that the children felt the value given to them and we touched their lives.”

“The trainings were not ordinary, those who saw theater for the first time, we made a song about germs and hand hygiene with the children, those who repeated the song would show by imitating them by saying “look, I learned”.”

“We were learning a lot from the children. When we asked what they wanted to be, there were those who wanted to be theater actors. We saw that touching the children got an immediate response.”

In a definition that concerns many themes; a participant working as a project expert in the R&D team of the Provincial Directorate of National Education; “We decided on the selection of boarding schools. Because there was a need to raise awareness for hygiene, there was a great need for these trainings in a family-free, distant, collective boarding living area.”

A participant from the national education department said, “The training content was appropriate for the age of the trainees and the curriculum. It was compatible with the curriculum by taking into account the manual skills, visual abilities and interests that the age group could understand and apply. Therefore, the success of the project was very high.”

“We spent all day in schools during trainings, but we did not observe the situation of creating behavioral change in a single day. Behavioral change can be observed by teachers who see children every day. I had an observation about active learning, they learned that microbes grow in media other than microscopes, and that useful microbes leaven bread with very interesting experiences.”

“School administrators and teachers were supportive, but some were also anxious. When we visited the school and made suggestions for school cleaning outside of the trainings, they perceived it as criticism and became anxious. There was no teacher participation who would constantly and willingly participate in the trainings and ensure the continuity of these trainings. There were also curious and interested teachers, but there was no cooperation for the continuity of the trainings.”

The statement “Since we went to the regional boarding school in the morning and came back in the evening, we had more interaction with teachers, administrators and students” emphasized the importance of the interaction period.

An educator who participated in these trainings reported that a pre-test was applied for knowledge level before some trainings. However, when asked about the test evaluations and whether it was applied to all children, he reported that the test results were not evaluated and the test was not applied to all classes. In the interview regarding this issue, all participants agreed that the most important problem was not measuring the effectiveness of the training and the other important problem was ensuring the continuity of these trainings.

When the motivations and outcomes of this qualitative study were evaluated together; The main objective was to develop training guidelines for basic hygiene in schools at the regional level (Izmir Province) through cooperation between sectors, primarily in the field of education and health, and to ensure continuity of education. These results are visually presented in the figure below.

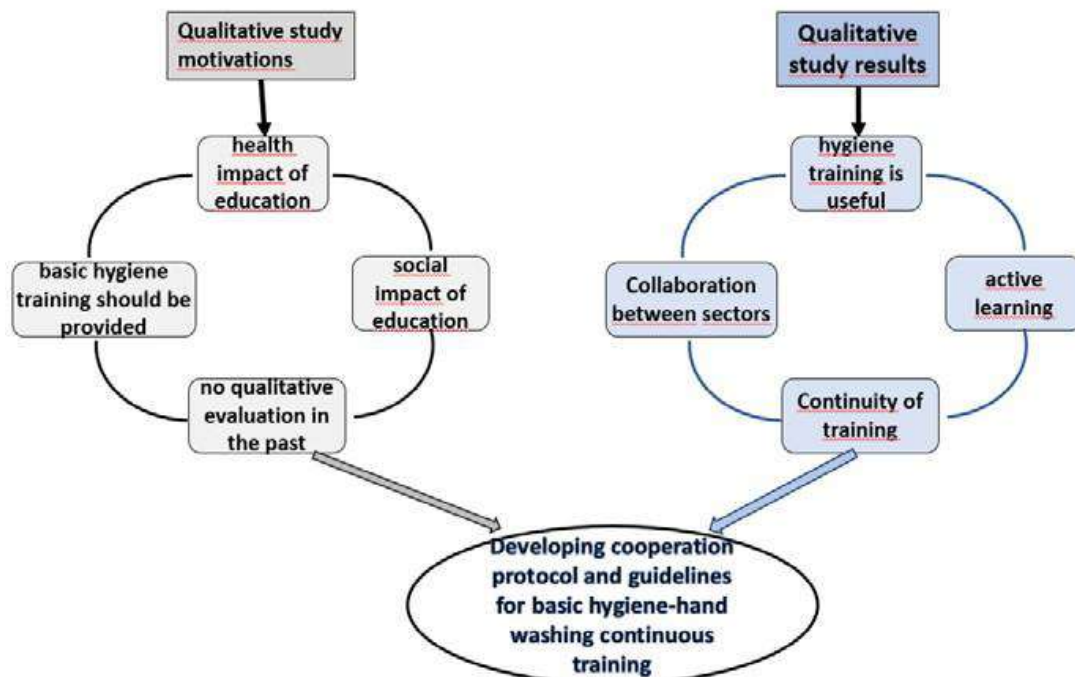


Figure 1. From motivation and results of qualitative study to the target

DISCUSSION and CONCLUSION

There are a lot of many studies, including large-scale intervention studies, on the prevention of oral-fecal transmitted diseases through hand washing (Chittleborough, 2013; Mbakaya, 2017; Lee, 2015). These intervention studies also include educational interventions. Studies on hand washing and basic hygiene generally focus on practices in underdeveloped countries (Null, 2018).

However, studies on handwashing education are limited compared to intervention studies. However, one of the important points in the study estimating the global oral-fecal transmitted disease burden

and handwashing is that in 2015, globally, handwashing with soap was estimated to be approximately 26% after possible fecal contact events, 51% in areas with high access to handwashing facilities, and approximately 22% even after possible fecal contact in areas with limited access (Wolf, 2019).

In other words, although there are opportunities for hand washing, the practice is lacking. All these evaluations show the necessity of trainings on hand washing. The evaluation of handwashing trainings with qualitative studies is very limited. Qualitative studies on the subject may provide important clues for educational interventions. In our study, it was found that although information about hand washing and basic hygiene was given in classical education in schools, effective education methods were not applied. The educational activities evaluated in the qualitative study showed that the trainings were effective when intersectoral cooperation was made and student-oriented, active interactive learning methods were applied. In the literature, it is reported that it is important to use interpersonal communication as part of the communication strategy in a comprehensive study, and that studies using one-way communication and hygiene-sanitation messages are not sufficient to achieve long-term effects (De Buck, 2017).

As shown in the figure presented at the end of the findings; the motivations and results of our qualitative study shaped the goals of planning for effective school education and developing education guides to ensure continuity of education. The results of this qualitative study, in which we evaluated hand washing education, are important in terms of guiding future studies and collaborations on basic hygiene and hand washing education in schools.

REFERENCES

- Chittleborough, C. R., Nicholson, A. L., Young, E., Bell, S., & Campbell, R. (2013). Implementation of an educational intervention to improve hand washing in primary schools: process evaluation within a randomised controlled trial. *BMC Public Health*, 13, 1-11. <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2458-13-757>
- Curtis, V., & Cairncross, S. (2003). Effect of washing hands with soap on diarrhoea risk in the community: a systematic review. *The Lancet infectious diseases*, 3(5), 275-281.
- De Buck, E., Van Remoortel, H., Hannes, K., Govender, T., Naidoo, S., Avau, B., ... & Young, T. (2017). Approaches to promote handwashing and sanitation behaviour change in low-and middle-income countries: a mixed method systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 13(1), 1-4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.4073/csr.2017.7>
- Devers, K. J., & Frankel, R. M. (2000). Study design in qualitative research—2: Sampling and data collection strategies. *Education for health*, 13(2), 263-271. <https://www.proquest.com/docview/214066906?fromopenview>
- Ellis, A., Haver, J., Villasenor, J. O. N., Parawan, A., Venkatesh, M., Freeman, M. C., & Caruso, B. A. (2016). WASH challenges to girls' menstrual hygiene management in Metro Manila, Masbate, and South Central Mindanao, Philippines. *Waterlines*, 306-323. https://www.jstor.org/stable/26600767?casa_token
- Gizaw, Z., & Addisu, A. (2020). Evidence of households' water, sanitation, and hygiene (WASH) performance improvement following a WASH education program in rural Dembiya, Northwest Ethiopia. *Environmental health insights*, 14, 1178630220903100. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1178630220903100>
- Glaas, U. W. (2017). Financing universal water, sanitation and hygiene under the sustainable development goals. Geneva: World Health Organization. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2020/04/UN-Water-Global-Analysis-and-Assessment-of-Sanitation-and-Drinking-Water-GLAAS_2017_eng.pdf
- Hunter, P. R., Risebro, H., Yen, M., Lefebvre, H., Lo, C., Hartemann, P., ... & Jaquenoud, F. (2014). Impact of the provision of safe drinking water on school absence rates in Cambodia: a quasi-experimental study. *PloS one*, 9(3), e91847. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0091847>
- Hutton, G., & Chase, C. (2016). The knowledge base for achieving the sustainable development goal targets on water supply, sanitation and hygiene. *International journal of environmental research and public health*, 13(6), 536. <https://www.mdpi.com/1660-4601/13/6/536>
- Jasper, C., Le, T. T., & Bartram, J. (2012). Water and sanitation in schools: a systematic review of the health and educational outcomes. *International journal of environmental research and public health*, 9(8), 2772-2787. <https://www.mdpi.com/1660-4601/9/8/2772>
- Lee, R. L., Leung, C., Tong, W. K., Chen, H., & Lee, P. H. (2015). Comparative efficacy of a simplified handwashing program for improvement in hand hygiene and reduction of school absenteeism among children with intellectual disability. *American journal of infection control*, 43(9), 907-912.
- Lee, R. L., Loke, A. Y., Wu, C. S., & Ho, A. P. (2010). The lifestyle behaviours and psychosocial well-being of primary school students in Hong Kong. *Journal of clinical nursing*, 19(9-10), 1462-1472. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2702.2009.03057.x?casa_token
- Mbakaya, B. C., Kalembo, F. W., & Zgambo, M. (2020). Use, adoption, and effectiveness of tippy- tap handwashing station in promoting hand hygiene practices in resource-limited settings: a systematic review. *BMC public health*, 20(1), 1005. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12889-020-09101-w>
- Mbakaya, B. C., Lee, P. H., & Lee, R. L. (2017). Hand hygiene intervention strategies to reduce diarrhoea and respiratory infections among schoolchildren in developing countries: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 14(4), 371. <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/4/371>
- McCusker, K., & Gunaydin, S. (2015). Research using qualitative, quantitative or mixed methods and choice based on the research. *Perfusion*, 30(7), 537-542. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0267659114559116?casa_token
- Null, C., Stewart, C. P., Pickering, A. J., Dentz, H. N., Arnold, B. F., Arnold, C. D., ... & Colford, J. M. (2018). Effects of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on diarrhoea and child growth in rural Kenya: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Global Health*, 6(3), e316-e329. [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(18\)30005-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(18)30005-6/fulltext)
- Rabbi, S. E., & Dey, N. C. (2013). Exploring the gap between hand washing knowledge and practices in Bangladesh: a cross-sectional comparative study. *BMC public health*, 13, 1-7. <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2458-13-89>
- Sarfo, J. O., Debrah, T., Gbordzoe, N. I., Afful, W. T., & Obeng, P. (2021). Qualitative research designs, sample size and saturation: is enough always enough. *Journal of Advocacy, Research and Education*, 8(3), 60-65. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/101557437/jare.2021.3-libre.pdf?1682592945>
- Unicef. (2018). Drinking water, sanitation and hygiene in schools: global baseline report 2018.

<https://www.who.int/publications/m/item/drinking-water-sanitation-and-hygiene-in-schools-global-baseline-report-2018>

Wolf, J., Johnston, R., Freeman, M. C., Ram, P. K., Slaymaker, T., Laurenz, E., & Prüss-Ustün, A. (2019). Handwashing with soap after potential faecal contact: global, regional and country estimates. *International journal of epidemiology*, 48(4), 1204-1218. <https://academic.oup.com/ije/article/48/4/1204/5238107>

World Health Organization (2009). *WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care: A Summary*, WHO/IER/PSP/2009.07 ed.; WHO Press: Geneva, Switzerland, 2009. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241597906>

IJTASE

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DENEY TASARIM SÜRECİNDE FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ TASARIMLARINA YÖNELİK CHATGPT DEĞERLENDİRMELERİNİN İNCELENMESİ

AN EXAMINATION OF CHATGPT'S EVALUATIONS OF PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS' DESIGNS IN THE AI-SUPPORTED EXPERIMENT DESIGN PROCESS

Suat TÜRKOGUZ

Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7850-2305>

suat.turkoguz@gmail.com

Dilara Melis EREN

Araş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-2071-379X>

dilarameliseren@gmail.com

Received: November 8, 2025

Accepted: January 24, 2026

Published: January 31, 2026

Suggested Citation:

Türkoğuz, S., & Eren, D. M. (2026). Yapay zekâ destekli deney tasarım sürecinde fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarımlarına yönelik ChatGPT değerlendirmelerinin incelenmesi. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(1), 9-31.



Copyright © 2026 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

Bu çalışmanın amacı yapay zekâ destekli deney tasarım sürecinde fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarımlarına yönelik ChatGPT değerlendirmelerinin incelenmesidir. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni yürütülen çalışmanın örneklemini 2024 – 2025 eğitim-öğretim yılında İzmir’de bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinde öğrenim gören 32 fen bilimleri öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışmanın verileri yaklaşık bir saat süren bireysel uygulama oturumları sırasında gönüllülük esasına dayalı olarak toplanmıştır. Veri toplama sürecinde araştırmacılar tarafından geliştirilen Microsoft Excel makroları ile yapılandırılmış dijital formlar kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının özgün deney tasarımları, ChatGPT dönütleri doğrultusunda gerçekleştirilen düzenlemeler ve katılımcıların ChatGPT ile olan etkileşimlerine ait metinlerden elde edilen veriler MAXQDA 24 yazılımı kullanılarak içerik analiziyle çözümlenmiş, kodlama süreci uzman görüşü doğrultusunda gözden geçirilerek araştırmacılar arası uyum sağlanmıştır. İki kodlayıcı tarafından yapılan kodlamalar arasındaki puanlayıcılar arası güvenilirlik katsayısı 0.91 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının ChatGPT’yi deney tasarım sürecinde danışma, doğrulama ve geliştirme amacıyla kullandıklarını göstermekte ve öğretmen adaylarının deney tasarımının değişken belirleme, uygulama basamaklarını belirleme ve STEM entegrasyonu sağlama aşamalarında ChatGPT değerlendirmelerinden yararlanmakta olduklarını ortaya koymaktadır.

Anahtar Terimler: ChatGPT, deney tasarımı, fen bilimleri öğretmen adayları, nitel araştırma, yapay zekâ araçları.

Abstract

The aim of this study is to examine ChatGPT’s evaluations of pre-service science teachers’ designs within an AI-supported experiment design process. The study was conducted using a case study design, one of the qualitative research methods. The sample consisted of 32 pre-service science teachers enrolled in the Faculty of Education at a public university in İzmir during the 2024 – 2025 academic year. Data were collected on a voluntary basis during individual sessions lasting approximately one hour. In the data collection process, digitally structured forms developed by researchers using Microsoft Excel macros were utilized. Data obtained from the participants’ original experiment designs, the revisions made in line with ChatGPT feedback, and the textual records of their interactions with ChatGPT were analyzed through content analysis using MAXQDA 24 software. The coding process was reviewed based on expert feedback, and inter-researcher agreement was established. The inter-rater reliability coefficient between the two coders was determined to be 0.91. The findings of the study reveal that pre-service science teachers used ChatGPT for consultation, validation, and refinement during the experiment design process, and that they benefited from ChatGPT’s evaluations particularly in the stages of identifying variables, determining experimental procedures, and ensuring STEM integration in experiment design.

Keywords: ChatGPT, experiment design, pre-service science teachers, qualitative research, artificial intelligence tools.

GİRİŞ

Geçmişte gerçekleşen çeşitli sosyal olaylar ve teknolojik gelişmeler eğitimde dijitalleşmeyi ve teknoloji kullanımını önemi gün geçtikçe artan bir durum haline getirmiştir. Bununla birlikte sanal öğrenme ortamları ve içerikleri, teknolojik araçların eğitim öğretim ortamlarında kullanımı, günlük hayatta kullanılan çeşitli uygulamaların eğitime entegrasyonu gibi bu gelişmelerle doğrudan bağlantılı uygulamaların öğrenme ortamlarında nasıl kullanılabileceği toplumun her kesimini ilgilendiren önemli bir merak ögesi haline gelmiştir. Bu teknolojik gelişmeler kapsamında yapay zekânın ve ChatGPT gibi büyük dil modellerinin günlük hayatta önemli yer tutan yapılar arasında yer almakta olduğu görülmektedir. Yapay zekâ; öğrenme, uyum sağlama, sentezleme, kendini geliştirme ve çok yönlü işlem görevleri için veri kullanımı gibi insan zekâsının yeteneklerine benzer görülen çeşitli eylemleri gerçekleştirecek ve benimseyecek biçimde geliştirilmekte olan makineleri içeren bir kavramdır (Jia, Sun, & Lool, 2024; Salas-Pilco, Xiao & Hu, 2022; Popenici & Kerr, 2017; Kok, Boers, Kusters, Van der Putten, & Poel, 2009; Dobrev, 2005; Simmons & Chappell, 1988). OpenAI tarafından geliştirilmiş, doğal dil yanıtlarını işlemek ve üretmek için derin öğrenme teknikleri doğrultusunda kullanıcı girdisine dayalı olarak insan benzeri metinler üreten bir büyük dil modeli olan ChatGPT, özellikle GPT-4 üzerine inşa edilmiş olan GPT (Üretken Önceden Eğitilmiş Dönüştürücü - Generative Pre-trained Transformer) mimarisinin katkısıyla insan anlama yeteneğini simüle etmekte ve gerçek akıl yürütme yeteneği bulunmamasına rağmen çeşitli konular hakkında bağlamsal olarak uygun ve faydalı olarak değerlendirilebilecek yanıtlar sunmaktadır (Zeng, Gan, Wang, & Yu, 2025; de Souza, Serrano, & Roazzi, 2024; Fijačko vd., 2024; Playfoot, Quigley, & Thomas, 2024; Suleiman vd., 2024; Javaid, Haleem, Singh, Khan, & Khan, 2023; Song & Wang, 2023).

Bilgi okuryazarlığı ve içerik oluşturma gibi dijital yetkinliklerin geliştirilmesinde rol oynayan, teknolojinin gelişmesi ile birlikte birçok farklı araçla hayatımıza giren yapay zekâ öğrencilerin dijital dünyada yer alabilmeleri için gerekli dijital becerilerini ve problem çözme yeteneklerini bu süreçte dahil ederek eğitim öğretim sürecinin önemli bir parçası haline gelmektedir (Galindo-Domínguez, Delgado, Campo, & Losada, 2024; Li, Lowell, Wang, & Li, 2024). Literatürde yer alan çalışmalarda yapay zekânın öğretme ve öğrenme süreçlerine entegre edilerek ders planı tasarımı ya da deney tasarımı gibi çeşitli materyaller tasarlanmasını, oyunlaştırmayı, etkileşimli ve ilgi çekici öğrenme deneyimlerinin yaratılmasını desteklemesi ile öğrencilerin motivasyonunu ve tasarım süreçlerine katılımını artırdığı görülmektedir (Zhang & Huang, 2024). Akıllı öğretim platformları gibi çeşitli yapay zekâ destekli sistemler eğitim içeriğini ve geri bildirimi bireysel öğrenci ihtiyaçlarına göre uyarlayıp katılımı ve öğrenme sonuçlarını iyileştirirken aynı zamanda öğretimin hızını, zorluk derecesini ve stilini ayarlama imkanı sunmaktadır (Kovari, 2025; Madanchian & Taherdoost, 2025; An, Yang, Xu, Zhang, & Zhang, 2024; Li & Fu, 2024). Ancak yapay zekâdan eğitim öğretim sürecinde alınacak destek ve bu desteğin boyutu ile veriminin büyük oranda kullanıcılara bağlı olduğu görülmektedir (Jayawardena, Gunathilake, & Ihalagedara, 2025; An vd., 2024; Galindo-Domínguez vd., 2024).

Literatürde yer alan öğrenme öğretme süreçlerinde ve özellikle öğretmen eğitiminde ChatGPT kullanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde kullanıcıların danışma amacıyla ChatGPT'den yararlandıkları görülmektedir. Cai, Han, Sun, Li, ve Wong (2025) tarafından yürütülen çalışmada ChatGPT destekli ders planı tasarımlarının öğretmen adaylarının ders planlama becerileri üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Yarı deneysel desen biçiminde yürütülen çalışmanın bulguları ChatGPT değerlendirmelerinin katılımcıların ders planlama becerilerinin bilişsel ve duyuşsal döngülerinde anlamlı fark görüldüğünü ancak üstbilişsel döngüde anlamlı bir fark görülmediğini göstermekte ayrıca ChatGPT değerlendirmelerinin öğretmen adaylarının ders planı tasarımlarında öğretim hedefleri, kullanılan pedagojik yaklaşımlar, öğrenme süreci etkinlikleri ve materyalleri arasında daha bütüncül ilişki kurmalarına katkı sağladığı görülmektedir (Cai, Han, Sun, Li, & Wong, 2025). Chellappa ve Luximon (2024) tarafından ürün tasarımı ve kullanıcı deneyimi tasarımı alanı öğrencilerinin ChatGPT'ye yönelik algılarını ve algıların öğretim programı, cinsiyet ve akademik düzeye göre nasıl değiştiğini incelemeyi amaçlayan nicel çalışmasının bulgularına göre katılımcılar ChatGPT'yi kullanımı kolay ve ilgi çekici bir araç olarak görmektedir. Ayrıca çalışmanın katılımcıları ChatGPT'nin destekleyici bir öğrenme kaynağı olarak bağlama uygun, iyi yapılandırılmış, detaylı

yanıtlar sunduğunu düşünmekte ancak ChatGPT yanıtlarının doğruluk düzeyine ilişkin algının orta doğruluk düzeyinde olduğunu belirtmektedir (Chellappa & Luximon, 2024). Zhu, Li, Yao, Li, & Zhu (2025) tarafından yürütülen çalışmada ise ChatGPT geri bildiriminin katılımcıların geri bildirimi anlama, kullanma ve öğrenmeye dönüştürme becerileri üzerindeki etkilerini inceleme amaçlanmıştır. Karma çalışma olarak yürütülen araştırmanın bulguları katılımcılara göre ChatGPT geri bildiriminin açık, yapılandırılmış ve bağlama uygun görülürken bireyselleşme ve derinlik açısından sınırlı bulunduğunu ve katılımcılar tarafından ChatGPT geri bildiriminin yüzeysel biçimde kullanıldığını göstermektedir (Zhu, Li, Yao, Li, & Zhu, 2025).

Fen eğitimi bağlamında deney tasarımının temeli bilimsel ve günlük hayat gözlemleri sonucunda oluşan merak duygusuna dayanmaktadır. Bu merak olgusu göz önünde bulundurularak zihinde onunla ilgili oluşan gözlem sonuçlarını ve tahminleri çeşitli bilimsel bilgiye ulaşma adımlarını takip ederek test etmek için laboratuvar ortamında veya gerçek hayat şartlarında çeşitli sına uygulamaları yapılabilir. Bir fen kavramını sına mayı ya da keşfetmeyi sağlayabilen deneyler kısaca veri toplama ortamlarının, objelerinin ve takip edilecek olan uygulama prosedürünün sistematik olarak detaylıca planlanması ve yapılandırılması olarak açıklanabilir. Bu sına veya keşfetme sürecinde gözlemlenmesi planlanan parametrelerle ilgili değişikliği tanımlayan verileri elde etmeyi amaçlayan deney tasarımı prosedürü dikkatli bir planlama sürecini gerektirmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde deney tasarımı sürecinin içerdiği ana basamakların oluşturulan hipotezleri değerlendirmek için gerekli verileri üretmek amacıyla uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi, incelenen değişkenlerin, kontrollerin, yapılacak denemelerin içeriğinin sayısının ve adımlarının tanımlanması, sonuçların değerlendirilmesi için kullanılacak ölçüt ya da araçların tasarlanması olarak sıralanabildiği görülmektedir (Millar, 2004; Hudson, 1988; Hofstein & Lunetta, 1982).

Fen bilimleri alanlarında tasarlanan deneylerin ölçmeyi amaçladıkları şeyi ölçen, tutarlı sonuçlar üreten, tekrarlandığında benzer sonuçlar ortaya çıkan yani geçerli, güvenilir ve tekrarlanabilir olması deney sonucunda elde edilen bulguların güvenilirliği için son derece önemlidir. Deney tasarımı sürecinde gözlemlenen etkilerin deneysel müdahaleden kaynaklanması, deney sonucu elde edilen bulguların belirli bir popülasyona genellenebilmesi ya da istatistiksel olarak anlamlı sonuçların elde edilmesi gibi çeşitli iç geçerlik, dış geçerlik, istatistiksel sonuç geçerliği ve yapısal geçerlik olarak sınıflandırılabilir geçerlik ile ilgili güçlüklerle karşılaşılabilir (Aguinis & Lawal, 2012). Bu güçlükler ek olarak literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde deney tasarımı sırasında katılımcıların problemin tanımlanması, deney tasarlanması amaçlanan sınıf düzeyine uygun prosedürel adımların, malzemelerin ve teorik arka planın oluşturulması sırasında kayda değer biçimde zorlandıkları bunlarla birlikte çoklu değişkenlerin etkileşiminin yönetilmesi gibi çeşitli yalnızca deneyin gerçekleştirildiği sırada meydana gelebilecek zorlukların da deney tasarımı sürecinde göz önünde bulundurulması gerektiği ve deney tasarımı sürecinde karşılaşılabilecek durumlara göre değişiklik ya da güncelleme yapmaya hazırlıklı olunması gerektiği vurgulanmaktadır. Literatürde yapay zekâ destekli eğitim teknolojisinin öğrenme süreçlerini kolaylaştıran ve tasarım etkinliklerini destekleyen işbirlikçi bir araç olarak kavramsallaştırılmakta olduğu görülmektedir. Yapay zekâ araçları deney tasarımı öğrenme hedefleriyle uyumlu ve bilinçli bir şekilde kullanılmalı ve deney sürecine yapay zekâ araçlarının entegrasyonu, bilinçli yapay zekâ kullanımı yoluyla öğrenme deneyimlerini desteklemekle ilgili olmalıdır (Huang, Chen, Lee, Sandnes, & Wu, 2025; Li & Fu, 2024).

Kullanıcıların herhangi bir kavram ile ilgili akıllarına takılan şeyleri danışıp tartışabileceği, kavramları görselleştirebileceği, deney tasarımı gibi öğretim sürecinde kullanılabilecek materyalleri oluşturabileceği, değişkenleri güvenli bir ortamda kontrollü olarak manipüle edebileceği etkileşimli öğrenme ortamları ve deneyimleri sağlayan ChatGPT gibi üretken yapay zekâ araçları öğretmen eğitiminde teknolojinin geleneksel öğrenme için yardımcı araç olarak kullanılmasına ek olarak sürekli gelişim ve yaşam boyu öğrenme için destek sağlayan bir araç olarak öğrenme sürecine ve günlük hayata entegre edilip öğretmen adaylarının yansıtıcı düşünme becerilerini desteklerken aynı zamanda problem çözme gibi üst düzey bilişsel yetenekleri destekleyebilir (Liu, Sun, Sun, Wang ve Yu, 2025; Wei, Wang, Koszalka, Lee, & Liu, 2025; Fischer, Sommerhoff, & Keune, 2023; Hovardas, Ter Vrugte, Zacharia, & de Jong, 2023; Hämäläinen & Oksanen, 2012; Martin-Villalba, Urquía &

Dormido, 2012; Alvarez, Alarcon, & Nussbaum, 2011). ChatGPT gibi üretken yapay zekâ modelleri kullanıcıya sunduğu anlık geri bildirimlerle öğrenme süreçlerine yeni bir yaklaşımın entegre edilmesi fırsatını sunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde ChatGPT'nin öğretmen adaylarının özgün tasarımlarına yönelik değerlendirmelerini merkeze alan ve bu değerlendirmelerin tasarımın hangi yönü ile ilişkili olduğunu inceleyen sınırlı sayıda çalışmanın yer aldığı ve bu durumun ChatGPT değerlendirmelerini deney tasarımı süreci bağlamında incelenmesi ihtiyacını ortaya çıkardığı görülmektedir. Bu doğrultuda mevcut çalışma fen bilimleri öğretmen adaylarının deney tasarımına yönelik ChatGPT değerlendirmelerini incelemeyi hedeflemektedir.

Problem Cümlesi

Bu çalışmanın amacı yapay zekâ destekli bir sohbet robotu olan ChatGPT desteği ile çeşitli fen bilimleri alt disiplinleriyle ilgili deney tasarımı yapan fen bilimleri öğretmen adaylarının deney tasarımı sürecinde ChatGPT ile olan etkileşimlerinin incelenmesi ve öğretim çıktısı içeriği ile sınıf seviyesi dikkate alınarak bu deney tasarımlarıyla ilgili ChatGPT görüşünün incelenmesidir. Bu doğrultuda çalışmanın alt problemleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Fen bilimleri öğretmen adayları özgün deney tasarlama sürecinde hangi aşamalar hakkında ChatGPT'ye soru sormakta ve hangi aşamalarda deney tasarımlarını geliştirme desteği almaktadır?
2. ChatGPT'nin fen bilimleri öğretmen adaylarının uygulama sırasında oluşturmuş oldukları özgün deney tasarımları hakkındaki görüşleri ve geliştirme önerileri nelerdir?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışmaları sınırlı sayıdaki olayın veya koşulun ve bunların ilişkilerinin ayrıntılı bağlamsal analizini vurgulayan, derinlemesine araştırmaya olanak sağlayan nitel bir araştırma yöntemidir (Savin-Baden & Major, 2023; Frankael & Wallen, 2012). Durum çalışmaları esnek doğası gereği geniş yelpazedeki yaklaşımlardan beslenir ve bu tip çalışmaları yürüten araştırmacıların hem belirli bir olguya odaklanmasını hem de farklı bakış açılarını inceleyerek literatürde bütüncül yaklaşım olarak belirtilen yaklaşımın gerçekleştirilmesini sağlar (Savin-Baden & Major, 2023).

Çalışma Grubu / Katılımcılar

Mevcut çalışma katılımcıların uygulama sırasında tesadüfi bir öğretim çıktısına yönelik özgün bir deney tasarımı yapılmasını gerektirdiğinden çalışmanın örnekleme amaçlı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Amaçlı örnekleme, araştırma katılımcılarının araştırma problemine uygun olarak belirli bir amaç doğrultusunda belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Araştırmacıların daha önceki bilgilere dayanarak çalışma kapsamında elde edilmesi hedeflenen verileri sağlayacağını düşündükleri örnekleme seçmek için kendi yargılarını kullandıkları amaçlı örnekleme yöntemi ile belirlenmiş olan mevcut çalışmanın katılımcılarını İzmir'de bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinde 2024-2025 eğitim öğretim yılında Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2 dersini almış öğretmen adayları oluşturmaktadır (Frankael & Wallen, 2012).

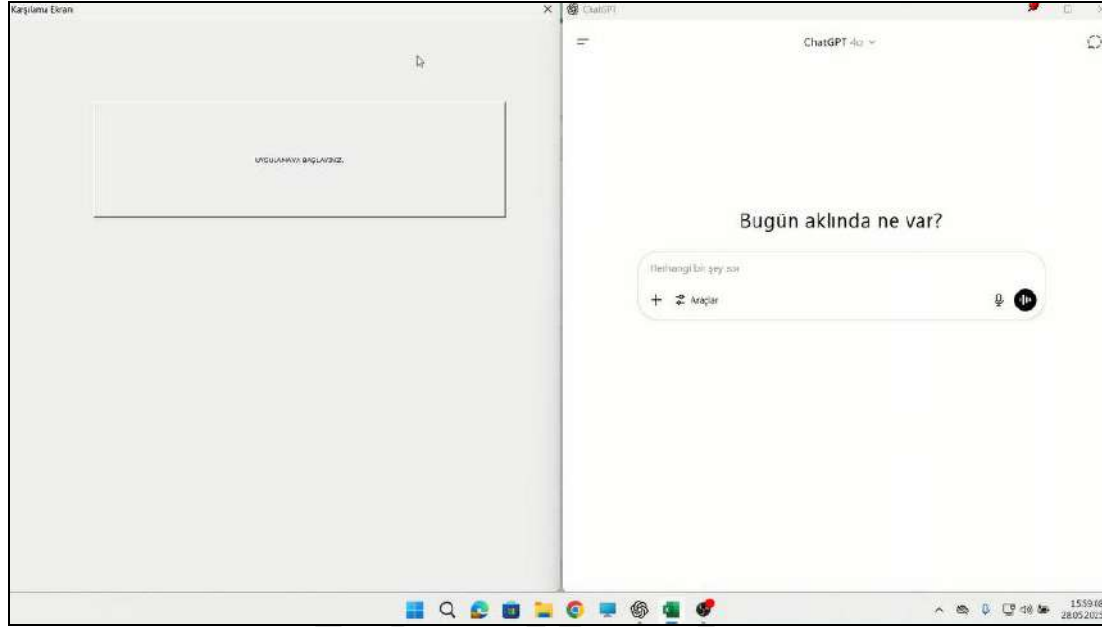
Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Süreci

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen Yapay Zekâ Araçları ile Deney Tasarlama Formu, S-FeTeMM Formu ve katılımcıların ChatGPT ile olan konuşmalarına ait metinler kullanılmıştır.

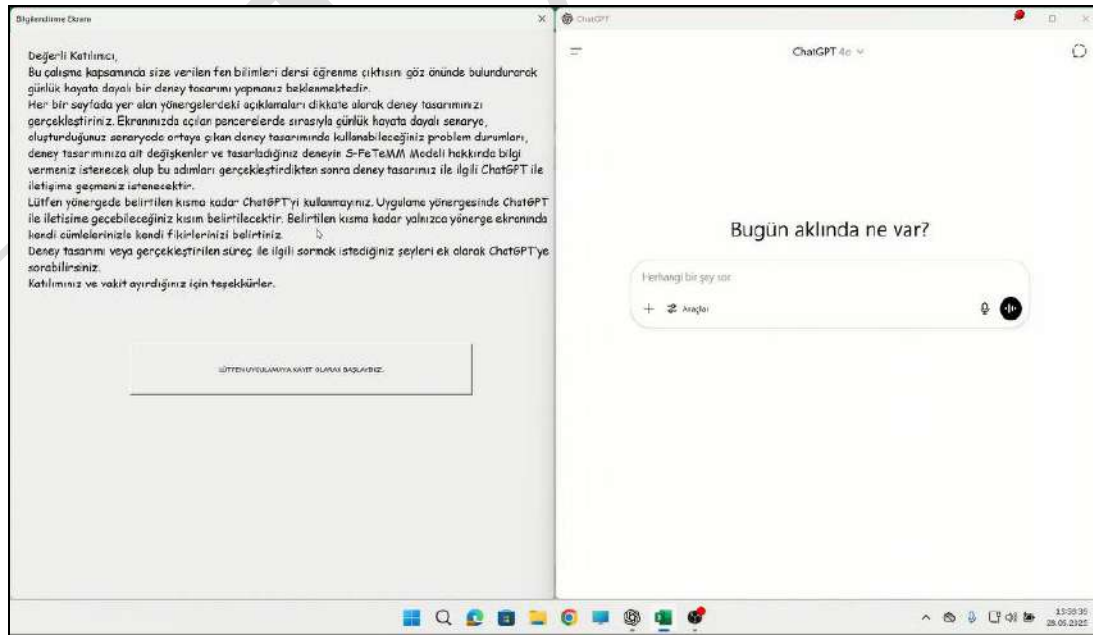
Yapay Zekâ Araçları ile Deney Tasarlama Formu ve S-FeTeMM Formu öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarını, özgün deney tasarımlarının STEM entegrasyonunu ve katılımcıların özgün deney tasarımları üzerinde ChatGPT dönütlerine göre yaptıkları değişiklikleri incelemek amacıyla Microsoft Excel üzerinde geliştirilen makrolar aracılığıyla tasarlanmış dijital formlardır. Katılımcıların derinlemesine görüşlerini ifade edebilmelerini sağlamak amacıyla açık uçlu olarak geliştirilen bu

formlar öğretmen adaylarının yanıtlarını doğrudan hücrelere kaydetmekte ve makrolar aracılığıyla verileri otomatik olarak düzenlemekte, kontrol etmekte ve analiz için uygun formatta saklamaktadır.

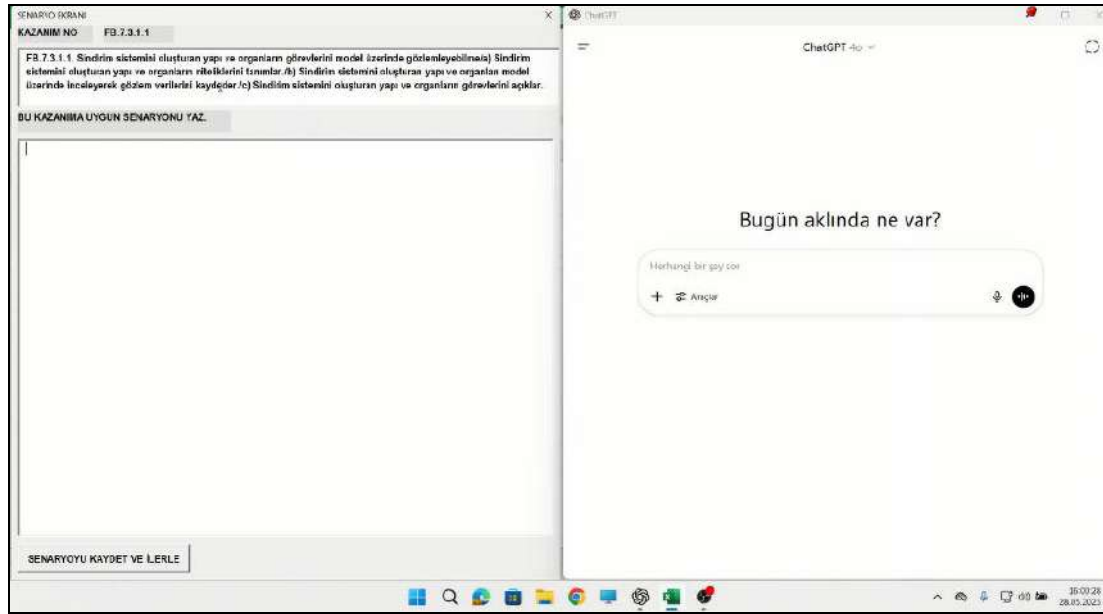
Yapay Zekâ Araçları ile Deney Tasarlama Formu sırasıyla; günlük hayat senaryosu tasarlama, problem durumu ya da durumlarını belirleme, deney tasarımının bağımlı değişkenlerini belirleme, deney tasarımının bağımsız değişkenlerini belirleme ve deney tasarımının kontrol edilen değişkenlerini belirleme basamaklarından oluşmaktadır. S-FeTeMM Formu ise sırasıyla; uygulama basamakları, deney tasarımının fen bilimleri entegrasyonu, teknoloji entegrasyonu, mühendislik entegrasyonu ve matematik entegrasyonu adımlarından oluşmaktadır.



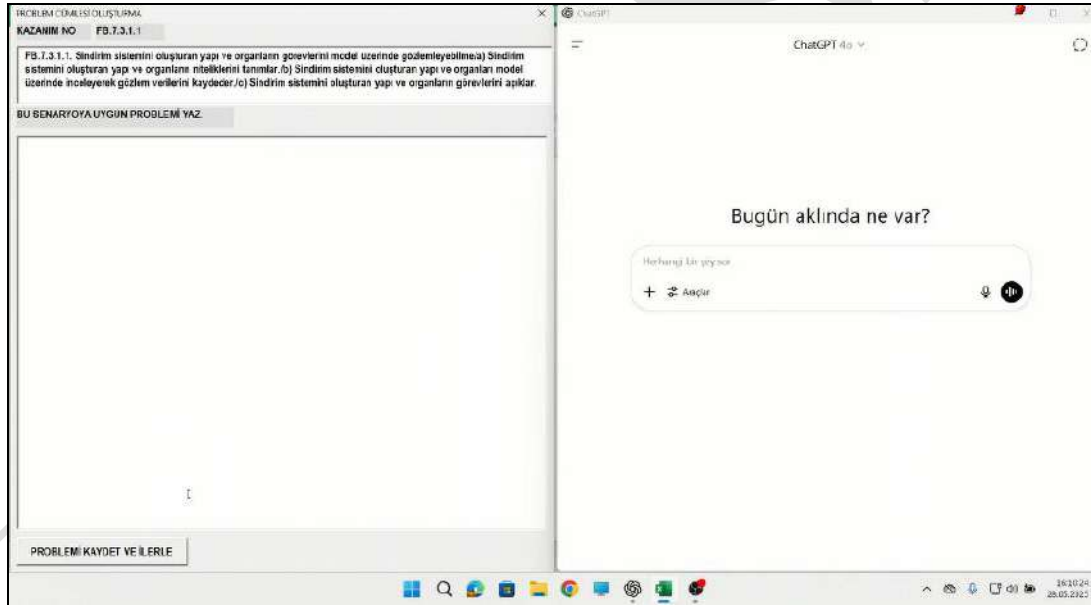
Görsel 1. Veri toplama aracıda yer alan giriş ekranına ait ekran görüntüsü.



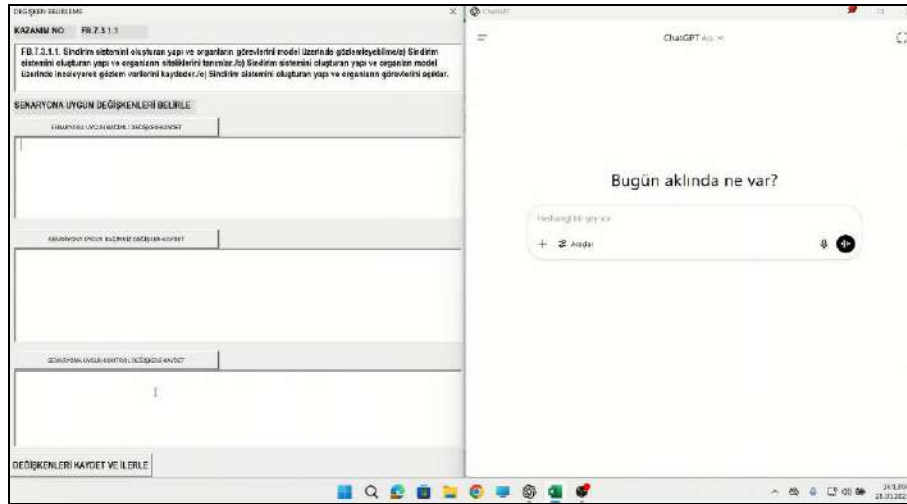
Görsel 2. Veri toplama aracıda yer alan uygulama yönergesine ait ekran görüntüsü.



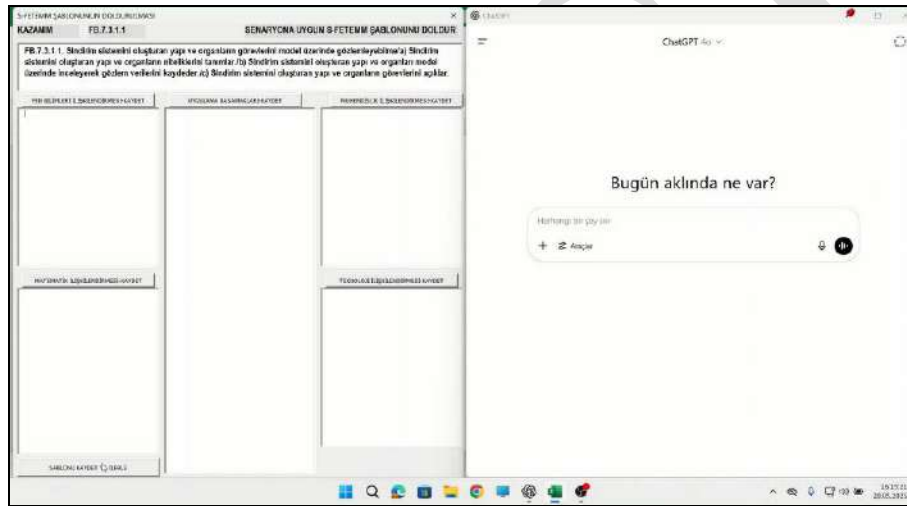
Görsel 3. Veri toplama aracında yer alan günlük hayat senaryosu oluşturma aşamasına ait ekran görüntüsü.



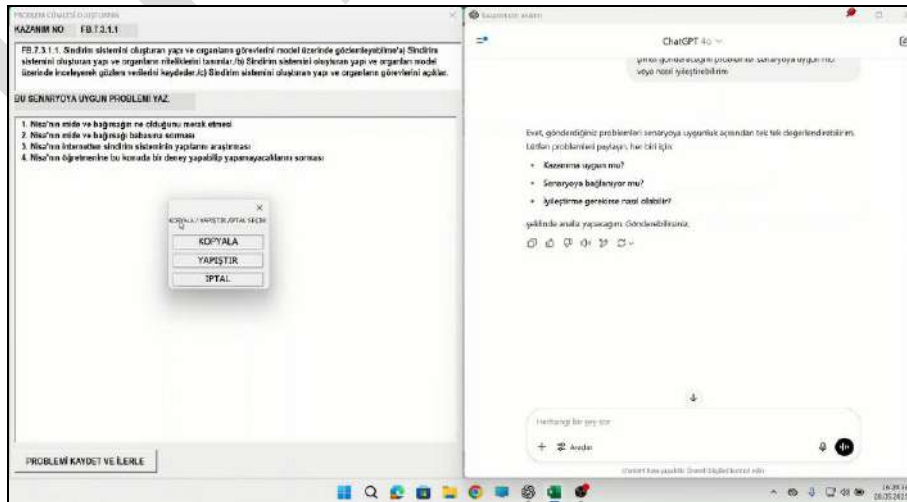
Görsel 4. Veri toplama aracında yer alan problem cümlesi oluşturma aşamasına ait ekran görüntüsü.



Görsel 5. Veri toplama aracıda yer alan deney değişkenlerini oluşturma aşamasına ait ekran görüntüsü.



Görsel 6. Veri toplama aracıda yer alan deney tasarımının uygulama basamakları ve STEM entegrasyonunu sağlama aşamasına ait ekran görüntüsü.



Görsel 7. Yapay zekâ destekli deney tasarım sürecine ait ekran görüntüsü.

Araştırmanın verileri nitel olarak 2024-2025 eğitim öğretim yılı bahar dönemi boyunca her bir katılımcı ile bireysel gerçekleştirilen yaklaşık bir saat süren oturumlar sırasında bilgisayar ortamında çevrimiçi olarak yazılı bir şekilde toplanmıştır. Uygulama oturumları sürecinde öğretmen adayları öncelikle 2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024)’nda yer almakta olan ve bilgisayar ortamında tesadüfi olarak katılımcıya atanmış olan bir öğretim çıktısını göz önünde bulundurarak özgün deney tasarımlarını gerçekleştirmişlerdir. Uygulama oturumlarının ikinci aşamasında ise katılımcılar deney tasarımlarının öğretim çıktısı ile olan uygunluğunu ChatGPT’ye çeşitli sorular sorarak değerlendirmiş ve ek olarak ChatGPT’ye deney tasarımı ile ilgili kendi belirlediği soruları sorup tasarımında gerekli gördüğü değişiklikleri yapmıştır. Katılımcıların uygulama sürecinde etkileşimde bulunduğu ChatGPT versiyonu çalışmanın veri toplama sürecinin gerçekleştiği dönemde güncel ChatGPT versiyonu olan ChatGPT 4o versiyonu plus üyelik ile kullanılmıştır.

Verilerin Analizi

Nitel araştırmalar derinlemesine çalışma ile değişkenlerin incelenmesini içerir ve nitel analizler sosyal durumların, olayların ya da fenomenlerin nasıl meydana geldiğini anlamamıza yardımcı olan teknikler olarak tanımlanabilir (Savin-Baden & Major, 2023; Fraenkel & Wallen, 2012). Bu doğrultuda mevcut çalışmanın veri analizi kapsamında yürütülen içerik analizi süreci katılımcı sorularına verilen ChatGPT yanıtlarının kodlanması ile başlamıştır. Çalışma kapsamında veri toplama araçları ile elde edilen veriler bilgisayar destekli nitel veri analizi yazılımı olan MAXQDA 24 üzerinden içerik analizi kullanılarak çözümlenmiştir. Fen bilimleri eğitimi alan uzmanı iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak MAXQDA 24 üzerinden gerçekleştirilen içerik analizi süreci sonrası araştırmacılar arası uyum incelenmiştir ve uzmanı görüşü doğrultusunda içerik analizine son hali verilmiştir. İki kodlayıcı tarafından yapılan kodlamalar arasındaki puanlayıcılar arası güvenilirlik katsayısı 0.91 olarak belirlenmiştir. Nitel veri analizi sürecinde verilerin kodlanması araştırmacının verileri anlamlı bölgelere ayırması ile başlamıştır. Ardından her bir bölgenin kavramsal olarak ifade ettiği anlamın elde edilen diğer bölgelere ve kavramlara göre ifade edilmeye çalışıldığı bu süreçte verilerin kodlanması tümevarım yöntemi ile ortaya çıkan kodların sınıflandırılması ve elde edilen verilerin araştırmacı tarafından uygun biçimde derlenip ifade edilmesi ile gerçekleşmiştir. (Savin-Baden ve Major, 2023).

BULGULAR

Öğretmen adaylarının deney tasarımlarına dair ChatGPT değerlendirmelerine yönelik içerik analizi ile elde edilen bulgular tablolar halinde sunulmuştur. İlk olarak öğretmen adaylarının bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına dair yönelmiş oldukları “Mevcut deney tasarımının günlük hayat senaryosu öğretim çıktısına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusuna yönelik ChatGPT değerlendirmesi Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Günlük hayat senaryosu tasarlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	2	6,25
Kısmen yeterli, öneri var	24	75
Yeterli	8	25

Tablo 1’de ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan günlük hayat senaryolarını kısmen yeterli bulduğu ancak çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Paylaştığınız senaryo başlangıç aşaması olarak kazanıma potansiyel olarak uygun olsa da şu anki haliyle eksik görünüyor

çünkü hedef kazanımın tüm davranış düzeylerini kapsamıyor.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 28 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımı kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Senaryonun ana fikri güzel ancak güvenlik, ölçüm aracı ve birim açısından eksikleri var. Yukarıdaki gibi yeniden yazarak hem pedagojik uygunluk hem de kazanım tamlığı sağlanabilir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 7 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımı yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Bu deney senaryosu hem içerik hem uygulama hem de pedagojik yaklaşım açısından FB.7.3.1.1 kazanımıyla tamamen uyumludur.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 8 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının problem durumu öğretim çıktısına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yönelmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Problem durumu tasarlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımı yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	4	12,50
Kısmen yeterli, öneri var	19	59,38
Yeterli	8	25
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	5	15,63
Bununla ilgili soru sorulmamış	2	6,25

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan problem durumlarını kısmen yeterli bulduğu ancak çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Katılımcıların herhangi bir fikir belirtmeyip doğrudan ChatGPT’den bu basamak hakkında fikir sunmasının istendiği ve katılımcıların bir kısmının özgün deney tasarımlarının problem durumu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sormadığı görülmektedir.

Katılımcı tasarımı yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Neden uygun değil? Çünkü bu haliyle sadece ne olduğu anlatılıyor, ama neden olduğu sorgulanmıyor. İyi bir problem cümlesi, öğrenciye düşünme alanı bırakmalı ve çözüm arayışına yönlendirmelidir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 20 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımı kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, ‘Enes vücudundaki bu sistemin nasıl çalıştığını anlayabilecek mi?’ sorusu problematik (problem cümlesi) olarak ele alındığında kazanıma uygundur, ancak daha açık ve hedefe odaklı hâle getirilebilir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 2 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımı yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, verdiğin 4 problem sorusu senaryoya çok uygun ve doğrudan FB.7.5.3.2 kazanımının alt kazanımlarını karşılıyor.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 16 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Deney tasarımının problem durumuna ait herhangi bir içerik belirtmeyip ChatGPT’den tasarım önerisi istenmesi durumunda ChatGPT’nin katılımcıya verdiği dönütlerden biri “Elbette! Aşağıda, senaryoya tamamen uygun, kazanıma dayalı bir problem durumu hazırladım. Bu problem, öğrencinin hem kavramsal anlayışını hem de bilimsel çıkarım yapma becerisini ölçmeyi amaçlar.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 4 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının bağımlı değişkeni öğretim çıktısına uygun

mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Bağımlı değişken tasarlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	6	18,75
Kısmen yeterli, öneri var	6	18,75
Yeterli	9	28,13
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	11	34,38
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	1	3,13
ChatGPT’den direkt sunulan şablonun geliştirilmesi istenmiş	1	3,13
Bununla ilgili soru sorulmamış	2	6,25

Katılımcıların deney tasarımının bağımlı değişken tasarlama aşamasında herhangi bir fikir belirtmeyip ChatGPT tarafından fikir önerisine başvurdukları görülmektedir. Bununla birlikte deney tasarımının bağımlı değişkeni hakkında ChatGPT görüşüne başvuran öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan bağımlı değişkenlerin bir kısmının yeterli bulduğu büyük bir kısmının ise kısmen yeterli bulunup ChatGPT tarafından geliştirme önerisi sunulduğu ya da direkt olarak yetersiz bulunduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Hayır, ‘uygulanan kuvvet’ bu senaryo için bağımlı değişken değildir, bu bir bağımsız değişkendir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 5 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Senin yazdığın bağımlı değişken tanımı doğru yöne işaret ediyor, fakat biraz daha bilimsel ve net ifadelerle yazılırsa daha sağlam olur.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 32 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, ampul parlaklığı bu kazanım kapsamında bağımlı değişken olmaya kesinlikle uygundur.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 29 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Deney tasarımının bağımlı değişkenine ait herhangi bir içerik sunmayıp ChatGPT’den tasarım önerisi istenmesi durumunda ChatGPT’nin katılımcıya verdiği dönütlerden biri “Tabii! Aşağıda senaryoya uygun olacak şekilde, ‘yoğunluğa bağlı olarak değişen’ farklı bağımlı değişkenler geliştiriyorum.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 27 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının bağımsız değişkeni öğretim çıktısına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Bağımsız değişken tasarlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	7	21,88
Kısmen yeterli, öneri var	6	18,75
Yeterli	11	34,38
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	11	34,38
ChatGPT’den direkt sunulan şablonun geliştirilmesi istenmiş	1	3,13
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	1	3,13
Bununla ilgili soru sorulmamış	3	9,38

Katılımcıların deney tasarımının bağımsız değişken tasarlama aşamasında herhangi bir fikir belirtmeyip ChatGPT tarafından fikir önerisine başvurdıkları görülmektedir. Bununla birlikte deney tasarımının bağımsız değişkeni hakkında ChatGPT görüşüne başvuran öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan bağımsız değişkenlerin bir kısmının yeterli bulunduğu büyük bir kısmının ise kısmen yeterli bulunup ChatGPT tarafından geliştirme önerisi sunulduğu ya da direkt olarak yetersiz bulunduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Hayır, ‘su ve yağ’ ifadesi bu haliyle bağımsız değişken olarak eksik veya hatalıdır. Doğru ifade: Kullanılan sıvı türü bağımsız değişkendir. Bu sıvı türleri örnek olarak ‘su’ ve ‘yağ’ olabilir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 32 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Çok su içmesi’ bağımsız değişken olarak kazanıma uygun, ancak modelle desteklenen bir etkinlik ya da gözlem süreciyle ilişkilendirilirse daha etkili olur.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 2 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, ‘lambda sayısı’ bu kazanım kapsamında deneyin bağımsız değişkeni olarak uygun, anlamlı ve öğretici bir seçimdir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 1 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Deney tasarımının bağımsız değişkenine ait herhangi bir içerik sunmayıp ChatGPT’den tasarım önerisi istenmesi durumunda ChatGPT’nin katılımcıya verdiği dönütlerden biri “Bağımsız değişken: Ali’nin sıcak tencereye ya da buhara temas etmesi. Çünkü bu değişken, sonucu (elinin yanıp yanmaması) etkileyen dış etkidir. Ali bu davranışı yapınca sonuç değişiyor.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 3 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının kontrol edilen değişkeni öğretim çıktısına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. Kontrol edilen değişken tasarlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	5	15,63
Kısmen yeterli, öneri var	11	34,38
Yeterli	12	37,5
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	11	34,38
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	2	6,25
Bununla ilgili soru sorulmamış	4	12,50

Katılımcıların deney tasarımının kontrol edilen değişkeni hakkında ChatGPT görüşüne başvuran öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan kontrol edilen değişkenlerinin önemli bir kısmının yeterli bulunduğu büyük bir kısmının ise kısmen yeterli bulunup ChatGPT tarafından geliştirme önerisi sunulduğu ya da direkt olarak yetersiz bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte çeşitli öğretmen adaylarının deney tasarımının kontrol edilen değişken tasarlama aşamasında herhangi bir fikir belirtmeyip ChatGPT tarafından fikir önerisine başvurdıkları görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Kullanılan asit ve baz maddeleri’ ifadesi, kontrol değişkeni olarak uygun değildir — çünkü bu ifade deneyde sabit tutulan değil, değiştirilen bir unsuru ifade ediyor. Yani bu cümle aslında bağımsız değişkeni tarif eder” şeklindedir (Öğretmen Adayı 21 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Harika bir noktaya değindin! Yazdığın kontrol değişkenleri temel olarak doğru ama bilimsel netlik, tekrar

edilebilirlik ve anlamlılık açısından biraz daha iyileştirilebilir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 32 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, devre anahtarı bu deneyde kontrollü değişken olmaya kesinlikle uygundur. Çünkü deney süresince sabit tutulan, test edilmeyen ama etkili olabilecek bir değişkendir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 29 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının uygulama basamakları öğretim çıktısına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Uygulama basamakları tasarlama adımında ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	2	6,25
Kısmen yeterli, öneri var	21	65,63
Yeterli	5	15,63
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	3	9,38
ChatGPT’den direkt sunulan şablonun geliştirilmesi istenmiş	1	3,13
Genel bir şablon verip ChatGPT’den uygulama basamaklarını yazması istenmiş	2	6,25
Bununla ilgili soru sorulmamış	5	15,63

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarında yer alan uygulama basamaklarının büyük bir kısmını kısmen yeterli bulduğu ve çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Katılımcılar tarafından doğrudan ChatGPT’den özgün uygulama basamaklarını geliştirip sunmasının istendiği ve bazı katılımcıların özgün deney tasarımlarının uygulama basamakları hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sormadığı görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Bu üç maddelik uygulama basamakları temel bir sırayı vermekte, ancak kazanımın gerektirdiği ‘deney yapma, analiz etme’ hedeflerine tam olarak uygun değildir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 5 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, verdiği 6 adımlık deney basamakları genel olarak anlamlı ve senaryoya uygun; ancak bilimsel doğruluk, kazanım uyumu ve deneysel mantık açısından bazı noktaları iyileştirmek gerekiyor.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 7 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Bu deney, hem tümevarımsal akıl yürütmeyi destekleyen bir yapıdadır hem de günlük yaşam örüntüleri üzerinden sürtünme kuvveti kavramını somutlaştırır. Bu nedenle, belirttiğiniz kazanıma tam anlamıyla uygundur.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 22 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının fen bilimleri entegrasyonu öğretim çıktısına ve deney tasarımı uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Tasarımın fen bilimleri entegrasyonunu sağlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	1	3,13
Kısmen yeterli, öneri var	13	40,63
Yeterli	15	46,88
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	2	6,25
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	6	18,75
Bununla ilgili soru sorulmamış	4	12,50

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının fen bilimleri entegrasyonunun önemli bir kısmını yeterli bulduğu görülmektedir. Bununla birlikte katılımcıların deney tasarımlarının fen bilimleri entegrasyonunun önemli bir kısmının ise ChatGPT tarafından kısmen yeterli olarak değerlendirildiği ve çeşitli geliştirme önerileri sunulduğu görülmektedir. Katılımcılar tarafından doğrudan ChatGPT’den deney tasarımı fen bilimleri entegrasyonu için fikir sunmasının istendiği ve bazı katılımcıların özgün deney tasarımlarının fen bilimleri entegrasyonu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sormadığı da görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Bu cümle, STEM kapsamında fen bilimleri ile disiplinlerarası ilişkilendirme amacı taşıyorsa, eksik ve yüzeysel kalmaktadır.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 1 tasarımı ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Güzel bir başlangıç yapmışsın ama yazının bilimsel dili açısından biraz daha netleştirilmesi ve güçlendirilmesi gerekiyor. Yazdığın ifade, fen bilimleri ile ilişki kuruyor ama hedef kazanımı ve deneysel süreci açıklama konusunda eksik kalıyor.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 32 tasarımı ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Evet, fen bilimleri ile ilişkilendirmen hem pedagojik hem de kazanım temelli olarak son derece uygun ve yerindedir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 27 tasarımı ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımı teknoloji entegrasyonu öğretim çıktısına ve deney tasarımı uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Tasarımın teknoloji entegrasyonunu sağlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	4	12,50
Kısmen yeterli, öneri var	11	34,38
Yeterli	7	21,88
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	7	21,88
Katılımcı bu STEM aşamasının entegrasyonu olmadığını belirtmiş	1	3,13
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	2	6,25
Deney tasarımı bu STEM aşamasının entegrasyonu bulunmamaktadır	1	3,13
ChatGPT’den direkt sunulan şablonun geliştirilmesi istenmiş	1	3,13
Bununla ilgili soru sorulmamış	4	12,50

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının teknoloji entegrasyonunun büyük bir kısmını kısmen yeterli bulduğu ve çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Katılımcılar tarafından doğrudan ChatGPT’den deney tasarımı teknoloji entegrasyonu için fikir sunmasının istendiği ve bazı katılımcılar tarafından özgün deney tasarımlarının teknoloji entegrasyonu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sorulmamış olduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Öğretmenin söylediklerini telefonuna not alma’ ifadesi, teknoloji ilişkilendirmesi açısından kazanıma sınırlı ölçüde uygundur; yani yüzeysel bir ilişki kurulmuş, ancak teknolojik düşünme, araç kullanımı veya veri işleme gibi daha derin unsurlar açısından zayıftır.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 2 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Senin ifaden doğru yolda ve deneyinle uyumlu. Ama ben olsaydım, öğretim kazanımlarına uygun ve STEM diline entegre olması açısından şöyle yazardım: ‘Maddelerin sıcaklıklarını düşürerek donma olayını başlatmak için teknolojik araçlar (buzluk vb.) kullanır ve bu araçların deneysel gözlemlerdeki katkısını değerlendirir.’” şeklindedir (Öğretmen Adayı 6 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Değerlendirme: Tam uygun. Bu ifade STEM kapsamında teknoloji boyutunu net ve doğrudan karşılıyor. Çünkü teknoloji boyutu, öğrencilerin araç-gereç kullanarak veri toplaması, günlük yaşamda kullanılan teknolojik cihazları bilimsel amaçla kullanması, gözlemlerini destekleyecek dijital araçlardan yararlanması gibi durumları kapsar.’” şeklindedir (Öğretmen Adayı 12 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “‘Mevcut deney tasarımının mühendislik entegrasyonu öğretim çıktısına ve deney tasarımına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?’” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Tasarımın mühendislik entegrasyonunu sağlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	3	9,38
Kısmen yeterli, öneri var	16	50
Yeterli	5	15,63
Katılımcı bu STEM aşamasının entegrasyonu olmadığını belirtmiş	1	3,13
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	2	6,25
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	7	21,88
Bununla ilgili soru sorulmamış	7	21,88

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının mühendislik entegrasyonunun büyük bir kısmını kısmen yeterli bulduğu ve çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Katılımcılar tarafından doğrudan ChatGPT’den deney tasarımının mühendislik entegrasyonu için fikir sunmasının istendiği ve bazı katılımcılar tarafından özgün deney tasarımlarının mühendislik entegrasyonu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sorulmamış olduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Verdiğin metin, mühendislik açısından deneyle bağlantı kurma niyeti açısından yerinde bir giriş yapıyor. Ancak bu haliyle fikirler güzel ama dağınık yapılandırılmış, mühendislik süreci (tasarım, test, iyileştirme gibi) açıkça ifade edilmemiş, teknik netlik ve dilsel bütünlük eksik kalmış.’” şeklindedir (Öğretmen Adayı 18 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘İfade çok genel kalıyor. Mühendislik ile daha güçlü bir ilişkilendirme yapılabilmesi için öğrencinin bir problemi çözmek amacıyla model tasarlaması, malzeme seçimi, işlevsellik, sunum gibi süreçlere girmesi, tasarımı yaparken bilimsel bilgiyle desteklenen kararlar alması gibi yönler vurgulanmalıdır.’” şeklindedir (Öğretmen Adayı 8 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Bir diğer katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri ise “‘Bu ifade STEM yaklaşımı açısından kabul edilebilir ve doğrudur, çünkü mühendislik bileşeni, genellikle bir sorunu çözmek veya bir sistem/araç/ortam kurmak ile ilişkilidir. Deney düzeneği kurmak da bu

kapsamda yer alır. Ancak ifade fazla genel kalıyor. Öğrencinin mühendis gibi düşünme becerisini (tasarlama, karar verme, malzeme seçme, sistem kurma) yansıtmak açısından geliştirilebilir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 12 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Tam isabet! Bu süreç mühendislik tasarım döngüsüne (planla – uygula – test et – geliştir) birebir uygundur. Test edilen farklı malzemelerle sorun çözme ve yeniden tasarlama becerisi de gösterilmiştir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 24 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Deney tasarımının mühendislik entegrasyonuna ait herhangi bir içerik belirtmeyip ChatGPT’den tasarım önerisi istenmesi durumunda ChatGPT’nin katılımcıya verdiği dönütlerden biri “Harika bir noktaya geldik! Şimdi deneyini mühendislik disipliniyle ilişkilendirelim. Mühendislik öğrencilerin gerçek dünya problemlerine çözüm üretmesini, tasarım yaparak öğrenmesini sağlar. İlişkilendirme sayesinde öğrenciler fen bilgisini problem çözmeye dönüştürür, yoğunluk kavramının gerçek dünyadaki etkisini mühendis bakış açısıyla analiz eder, hayal gücü ve eleştirel düşünmeyle somut bir ürün tasarlar” şeklindedir (Öğretmen Adayı 11 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Öğretmen adayları bireysel olarak gerçekleştirdikleri deney tasarımı sürecinin ardından ChatGPT’ye özgün tasarımlarına yönelik “Mevcut deney tasarımının matematik entegrasyonu öğretim çıktısına ve deney tasarımına uygun mudur, geliştirilmesi gereken herhangi bir şey var mıdır?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların özgün deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeler Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Tasarımın matematik entegrasyonunu sağlama adımı ChatGPT’nin katılımcıların deney tasarımına yönelik değerlendirmelerinin dağılımı

ChatGPT Değerlendirmesi	f	%
Yetersiz	2	6,25
Kısmen yeterli, öneri var	16	50
Yeterli	4	12,5
Katılımcı sormadan ChatGPT öneri vermiş	2	6,25
Deney tasarımında bu STEM aşamasının entegrasyonu bulunmamaktadır	1	3,13
Bir fikir belirtmeyip ChatGPT’den öneri istenmiş	7	21,88
Bununla ilgili soru sorulmamış	8	25

ChatGPT’nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının matematik entegrasyonunun önemli bir kısmını kısmen yeterli bulduğu ve çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Katılımcılar tarafından herhangi bir tasarım fikri sunulmadan doğrudan ChatGPT’den deney tasarımının matematik entegrasyonu için fikir sunmasının istendiği ve bazı katılımcılar tarafından özgün deney tasarımlarının matematik entegrasyonu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru sorulmamış olduğu görülmektedir.

Katılımcı tasarımını yetersiz olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “‘Asit ve bazların pH değerlerini periyodik cetvelde belirleme’ ifadesi, matematiksel süreçler açısından doğrudan uygun değildir. Çünkü $pH \neq$ periyodik cetvel ilişkisi doğrudan değildir. Matematiksel olarak pH değeriyle işlem yapılabilir ama bunu periyodik cetvel üzerinde göstermek fen kavramıdır, matematik süreci değil.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 21 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Güzel bir düşünce ortaya koymuşsun! Matematikle ilişkilendirme denemen özünde doğru bir yaklaşım içeriyor, çünkü deneydeki sıvı-katı ilişkisi üzerinden oran, miktar ve işlem kavramlarına dayalı bir matematiksel bağ kuruluyor. Ancak ifadeni hem daha netleştirebiliriz hem de matematiksel tutarlılığı ve akademik dili güçlendirebiliriz.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 9 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Bir diğer katılımcı tasarımını kısmen yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşü ise “Metnin niyeti oldukça doğru; sayısal verilerin anlaşılmayı kolaylaştırdığı, ses frekansı ölçümünün matematiksel karşılığı olduğu gibi noktalar yerinde. Ancak şu anki haliyle metin dil açısından biraz karmaşık ve

tekrar içeriyor, matematiksel işlem veya kavram içeriği net belirtilmemiş, öğrencinin matematiksel becerisiyle neyi geliştirdiği doğrudan yazılmamış.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 18 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Katılımcı tasarımını yeterli olarak değerlendiren ChatGPT görüşlerinden biri “Matematik entegrasyonu: Tam uygun. Zaman ölçme ve karşılaştırma içerdiği için uygun.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 25 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

Deney tasarımının matematik entegrasyonuna ait herhangi bir içerik belirtmeyip ChatGPT’den tasarım önerisi istenmesi durumunda ChatGPT’nin katılımcıya verdiği dönütlerden biri “Matematik Kazanımı: Hâl değişim süreçleri ile ilgili sıcaklık ve süre verilerini toplar, tabloya aktarır, karşılaştırma ve çıkarım yapar. Termometre ile sıcaklık ölçümü, süre takibi, tablo oluşturma ve yorumlama içerir.” şeklindedir (Öğretmen Adayı 6 tasarımına ait ChatGPT görüşü).

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada öğretmen adaylarının ChatGPT’yi deney tasarımlarının çeşitli basamaklarına dair danışma, doğrulama, geliştirme, öneri sunma ve düzeltme gibi amaçlarla yoğun biçimde kullandıkları görülmektedir. Katılımcıların değişkenlerin belirlenmesi, uygulama basamaklarının ChatGPT önerisi doğrultusunda güncellenmesi ve deney tasarımının STEM entegrasyonunun sağlanması ya da güçlendirilmesi başta olmak üzere deney tasarımlarının en az bir bileşeninde ChatGPT değerlendirmesi doğrultusunda değişiklik yapmış olduğu saptanmıştır. Katılımcıların tasarımına ait ChatGPT değerlendirmeleri incelendiğinde katılımcıların çoğunluğunun kontrol edilen değişken tasarımının diğer bileşenlere göre daha yüksek oranda ChatGPT tarafından yeterli bulunduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının STEM entegrasyonuna dair ChatGPT değerlendirilmeleri incelendiğinde ise tasarımların fen bilimleri entegrasyonunun yüksek oranda ChatGPT tarafından yeterli bulunduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ChatGPT’nin katılımcıların özgün deney tasarımlarının günlük hayat senaryosu, problem durumu, uygulama basamakları, deney tasarımının teknoloji entegrasyonu, deney tasarımının mühendislik entegrasyonu ve deney tasarımının matematik entegrasyonu adımlarını kısmen yeterli olarak değerlendirdiği bu doğrultuda tasarımlara yönelik çeşitli geliştirme önerileri sunduğu görülmektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının deney tasarımının bağımsız değişken belirleme basamağının ChatGPT tarafından en sık yetersiz olarak değerlendirilen basamak olduğu dikkat çekmektedir. Katılımcıların önemli bir kısmının bağımlı değişken, bağımsız değişken ve kontrol edilen değişken belirleme basamaklarında herhangi bir fikir sunmadan direkt ChatGPT önerisine başvurmuş oldukları tespit edilmiştir. Katılımcıların ChatGPT görüşüne en az oranda başvurdukları basamağın ise deney tasarımlarının matematik entegrasyonunu sağlama adımı olduğu görülmekte, katılımcıların tasarımlarının matematik entegrasyonu hakkında ChatGPT’ye herhangi bir soru yöneltmedikleri ve bu aşama için ChatGPT görüşüne diğer adımlara göre daha az düzeyde başvurmuş oldukları dikkat çekmektedir.

Cai ve diğerleri (2025) tarafından vurgulanan, yüksek ön bilgi düzeyine sahip kullanıcıların ChatGPT desteğiyle daha nitelikli bir gelişim sergilediği sonucu, bu araştırmanın sonuçlarıyla teorik bir uyum içerisinde. Araştırma kapsamında, öğretim çıktısına dair taslak fikirlerini sisteme sunan öğretmen adaylarının, yapay zekanın değerlendirmelerini mevcut tasarımlarını pedagojik ve bilimsel açıdan iyileştirmek için birer geliştirme fırsatı olarak kullandıkları görülmüştür. Buna karşın, sürece dair herhangi bir içerik sunmayan adayların; değişkenlerin belirlenmesi, mühendislik ve matematik entegrasyonu gibi teknik uzmanlık gerektiren aşamalarda doğrudan hazır tasarım talep ederek yapay zekayı birincil üretici rolünde konumlandıkları saptanmıştır. Bu durum, öğretmen adaylarının sunduğu girdilerin niteliği ve derinliği arttıkça ChatGPT’nin "sıfırdan içerik üreten bir kaynaktan", mevcut tasarımı teknik hatalar (örneğin; bağımlı-bağımsız değişken karmaşası veya fen kavramlarının matematiksel süreçlerle hatalı ilişkilendirilmesi) açısından rafine eden bir "eleştirmen ve geliştiriciye" dönüştüğünü kanıtlamaktadır. Sonuç olarak, yapay zekanın tasarım süreci üzerindeki dönüştürücü etkisi, kullanıcının sürece dahil ettiği akademik hazırlık düzeyi ve sorgu niteliğiyle doğrudan ilişkilidir.

Chellappa ve Luximon (2024) tarafından yürütülen çalışmanın bulguları ChatGPT yanıtlarının katılımcılar tarafından bağlama uygun yapılandırılmış orta doğruluk düzeyinde yanıtlar olarak değerlendirildiğini bununla birlikte ChatGPT'nin öğrenmeye etkili destek sağlayabilecek bir tamamlayıcı araç olarak görüldüğünü ifade etmektedir. Mevcut çalışmada katılımcıların deney tasarımı sürecinin bağımlı, bağımsız ve kontrol edilen değişken belirleme adımlarında herhangi bir fikir belirtmeden ChatGPT önerisine deney tasarımı sürecinin diğer adımlarına göre daha fazla başvurdukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte öğretmen adaylarının deney tasarımının uygulama basamaklarını belirleme aşamasında diğer aşamalara göre daha az ChatGPT önerisine başvurmuş oldukları saptanmıştır. Deney tasarımının STEM entegrasyonu gerçekleştirilirken ise en az matematik bileşeni hakkında ChatGPT'ye soru sorulmuş olması dikkat çekmektedir. Öğretmen adaylarının ChatGPT önerisine başvurdukları ve başvurmadıkları tasarım aşamaları göz önünde bulundurulduğunda katılımcıların literatürde yer alan çalışmalara uyumlu biçimde ChatGPT'yi tamamlayıcı bir araç olarak kullanma eğiliminde oldukları görülmektedir.

Araştırmadan elde edilen veriler, öğretmen adaylarının deney tasarımı süreçlerinde sergiledikleri pedagojik performans ile Zhu ve ark. (2025) tarafından vurgulanan "yapay zeka destekli gelişim" ihtiyacı arasında güçlü bir bağ olduğunu göstermektedir. Adayların hazırladığı özgün senaryoların büyük bir çoğunluğunun ChatGPT tarafından çeşitli revizyon önerileriyle karşılanması, adayların henüz bağımsız materyal üretiminde tam bir pedagojik yetkinliğe ulaşamadıklarına dair önemli bir göstergedir. Bu durum, Zhu ve ark. (2025) çalışmasında ifade edilen; öğretmen adaylarının sınıf içi pratik eksikliği ve değerlendirme okuryazarlığındaki sınırlılıklar nedeniyle geri bildirim süreçlerinde yaşadıkları güçlükleri bizzat uygulama düzeyinde kanıtlamaktadır. Yapay zekanın adaylara sunduğu güvenlik, birim kullanımı ve kazanım uyumu gibi teknik müdahaleler, literatürde savunulan "ölçüt temelli geri bildirim" mekanizmasının işlevselliğini ortaya koymaktadır. Özellikle adayların raporlarındaki matematiksel tutarlılık ve akademik dil eksikliklerinin ChatGPT tarafından raporlanması, yapay zekanın adayın bilişsel süreçlerinde fark edemediği kör noktaları aydınlatan bir "pedagojik iskele" işlevi gördüğünü doğrulamaktadır. Öte yandan, bazı adayların kendi fikirlerini sunmak yerine doğrudan yapay zekadan çözüm talep etme eğilimi, literatürde "yapay zekaya aşırı bağımlılık" olarak tanımlanan ve adayın öz-yeterlik gelişimini tehdit edebilecek bir risk faktörü olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak bu bulgular, öğretmen eğitiminde yapay zekanın stratejik kullanımına yönelik hedefli eğitimlerin gerekliliğini vurgulayan güncel literatürle (Zhu vd., 2025) tam bir uyum sergilemekte ve teknolojinin eleştirel bir süzgeçten geçirilerek mesleki sürece dahil edilmesinin önemini pekiştirmektedir.

Katılımcılar deney tasarımlarının değişken belirleme aşamalarında ChatGPT önerilerine sıklıkla başvurmuşlardır. Öğretmen adaylarının kontrol edilen değişken tasarımları ChatGPT tarafından genellikle yeterli olarak değerlendirilirken bağımsız ve bağımlı değişken tasarımlarının kısmen yeterli olarak değerlendirildiği ve ChatGPT tarafından katılımcılara tasarımlarını geliştirmeye yönelik önerilerin sunulduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının değişkenleri hakkındaki ChatGPT görüşleri ve önerileri incelendiğinde katılımcıların bir deneyin değişkenlerini belirlerken değişkeni doğru sınıflandırmakta yeterli olmadıkları görülmektedir. Ateş (2005) tarafından yürütülen çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının deneysel çalışmalarda değişkenleri tanımlama, değişkenler arası ilişkileri kurma ve diğer değişkenleri süreç boyunca kontrol etme konusunda yetersiz olduklarını göstermektedir. Ateş (2005) tarafından yürütülen çalışmanın bulgularına benzer biçimde mevcut çalışma ile elde edilen bulgular öğretmen adaylarının bağımlı değişken, bağımsız değişken ve kontrol edilen değişken kavramları hakkında yanlışlara sahip olduklarını, deney tasarımı sürecinde özellikle bağımlı değişken ve bağımsız değişken kavramlarını tanımlamakta ve bu kavramlar arasında ayırım yapmakta güçlük yaşadıklarını göstermektedir. Bu durum değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerilerinin temel süreç becerilerine göre daha karmaşık ve üst düzey bilişsel beceriler gerektirdiğine işaret etmektedir (Ateş, 2005; Brotherton & Preece, 1995). Kılıç, Yardımcı ve Metin (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının en çok kontrol edilen değişken belirleme aşamasında hata yapmakta olduklarını belirtmektedir. Kontrol edilen değişkeni ifade etmeleri gereken tasarım aşamasında çoğunlukla deneyin bağımlı değişkenini belirten öğretmen adaylarının kontrol ifadesini günlük hayatta kullandıkları haline göre algılayıp

deney boyunca değişken üzerine etkisinin ne olduğu incelenen değişken olduğu göz önünde bulundurularak tasarlandığı dikkat çekmektedir. Aynı çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının çoğunlukla bağımlı değişken tasarımları gereken tasarım aşamasında bağımsız değişkeni tasarlamış olduklarını göstermektedir. Bunun nedeninin bağımlı değişken ifadesinin bir şeye bağlı olmak anlamıyla algılanarak öğretmen adayları tarafından bu aşamada gözlenen değişimin neye bağlı olacağının ifade edilmesi istendiğinin düşünülmüş olabileceği ifade edilmektedir. Bu çalışmanın bulgularına benzer biçimde mevcut çalışmanın bulguları da öğretmen adaylarının deneysel süreçlerde değişkenler arasındaki ilişkileri bilimsel bağlamda yapılandırmakta zorlandıklarına işaret etmektedir (Kılıç, Yardımcı, & Metin, 2009).

Öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının fen bilimleri entegrasyonunun genel olarak ChatGPT tarafından yeterli bulunduğu görülmektedir. Çalışmanın bulguları ChatGPT'nin öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının matematik entegrasyonunu matematiksel işlem veya kavram içeriğinin net belirtilmesi, öğrencinin matematiksel becerisiyle neyi geliştirdiğinin doğrudan yazılması, matematiksel tutarlılığın eksiliği ve zayıf akademik dil kullanılması gibi açılardan güçlendirilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Bu bulguların STEM uygulamalarında matematik entegrasyonunun yüzeysel veya örtük biçimde yer aldığını belirten çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Fitzpatrick ve Leavy (2025) tarafından yürütülen çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecine odaklanırken matematiği daha çok ikincil veya tesadüfi bileşen olarak ele alıp matematiksel öğrenme hedeflerini açıkça yapılandıramadıklarını göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmada katılımcıların matematik entegrasyonuna yönelik ChatGPT değerlendirmeleri öğretmen adaylarının matematiksel işlem, kavram ve beceri hedeflerini net biçimde tanımlayamadıklarını göstermektedir. Bu bulgu literatürde yer alan Çibik ve Boz-Yaman (2025) ile Kewalramani, Devi ve Ng (2025) tarafından yürütülen çalışmaların STEM uygulamalarında matematik entegrasyonunun açık öğrenme hedefleri açısından eksik ve diğer bileşenlere göre daha zayıf biçimde temellendirilen bir bileşen olduğu bulguları ile uyumludur.

Öğretmen adaylarının deney tasarımlarının STEM entegrasyonu tasarlama aşamalarında teknoloji ve mühendislik entegrasyonunu sağlama adımlarında ChatGPT değerlendirmelerine başvurdukları ve ChatGPT'nin tasarımın bu bileşenleri ile ilgili önemli önerilerde bulunduğu görülmektedir. ChatGPT deney tasarımının STEM entegrasyonunun teknoloji bileşenini verilerin teknolojik araç-gereç kullanarak toplaması, günlük yaşamda kullanılan teknolojik cihazların bilimsel amaçla kullanılması ve gözlemleri destekleyecek dijital araçlardan yararlanılması gibi durumları kapsayan bir bileşen olarak tanımlamaktadır. Bu bulgu öğretmenlerin teknoloji içerik ve öğretim tasarımını bütünleştirmekte zorlandıklarını ve teknoloji entegrasyonunu sağlamaya dair yeterli güvene sahip olmadıklarını ortaya koyan Ali, Younis, Ahmad, Saba ve Ullah (2025) tarafından yürütülen çalışma ile elde edilen bulgularla örtüşmektedir. Dockendorff ve Zaccarelli (2025) tarafından yürütülen çalışma sonucunda elde edilen bulgular dijital teknolojinin kavramsal öğrenmeyi destekleyen ve gerçek yaşam bağlamlarıyla öğrenme süreci arasında ilişki kurmayı sağlayan bir araç olarak kullanıldığında anlamlı öğrenme çıktıları sağladığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda ChatGPT'nin öğretmen adaylarının deney tasarımlarına yönelik değerlendirmeleri literatürde önerilen dijital teknoloji entegrasyonu anlayışını yalnızca kuramsal düzeye ek olarak uygulamaya dönük somut önerilerle görünür kılmakta ve öğretmen adaylarının STEM entegrasyonunu yapılandırma süreçlerini destekleyici bir rol üstlenmektedir.

STEM entegrasyonunun mühendislik bileşeni ile ilgili değerlendirmelerinde ise ChatGPT'nin bu bileşeni literatür ile örtüşen biçimde genellikle bir sorunu çözmek veya bir sistem, araç ya da ortam kurmak ile ilişkili olarak tanımladığı ve bileşenin amacını deney tasarımını uygulayan bununla birlikte öğrencinin mühendis gibi düşünme becerisini tasarlama, karar verme, malzeme seçme ve sistem kurma gibi becerileri uygulaması ve geliştirmesi yoluyla yansıtmayı sağlamak olarak açıkladığı görülmektedir. Bununla birlikte öğretmen adaylarının özgün deney tasarımlarının mühendislik entegrasyonunu değerlendirme aşamasında ChatGPT'nin katılımcıların tasarımlarının bu aşamasını planla, uygula, test et, geliştir adımları takip edilerek uygulanan mühendislik tasarım döngüsüne uygunluğu ile test edilen farklı malzemelerle sorun çözme ve yeniden tasarlama becerilerine göre değerlendirmiş olduğu görülmektedir. ChatGPT tarafından mühendislik

entegrasyonunun yeterli olarak görülmesi için tasarımın öğrencinin bir problemi çözmek amacıyla model tasarlaması, malzeme seçmesi, tasarımın işlevselliğini değerlendirmesi, bilimsel bilgiyle desteklenen kararlar almasının gerekmesi gibi yönlerin vurgulanması gerekliliğini belirttiği görülmektedir. Öztürk, Aydın-Günbatır ve Roehrig (2025) tarafından yürütülen çalışmanın bulguları test etme ve yeniden tasarlama gibi mühendislik tasarım döngüsünün ileri aşamalarının buna yönelik uygulama süreci sonrasında öğretmenler tarafından gerçekleştirilen tasarımlarda yer almaya başladığını dolayısıyla entegrasyonun bu boyutunun zaman ve deneyim ile gelişen bir doğaya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmayla elde edilen ChatGPT'nin mühendislik entegrasyonunu yeterli olarak değerlendirebilmesi için öğrencinin bilimsel bilgiye dayalı kararlar almasını ve mühendislik tasarım döngüsünü deneyimlemesini beklemesi bulguları García-Carmona, Muñoz-Franco ve Cruz-Guzmán (2025) tarafından yürütülen çalışmanın mühendislik entegrasyonuna yönelik bulgularıyla paralellik göstermektedir. Zou, Kuek, Feng ve Cheng (2025) tarafından yürütülen çalışmanın bulguları dijital araçların geleneksel öğretim yöntemleriyle birlikte kullanıldığında öğrenme deneyimlerini anlamlı biçimde dönüştürme ve geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmanın bulgularına göre sanal öğretim asistanları ve otomatik değerlendirme sistemleri gibi yapay zekâ destekli araçlar eğitimcilerin kişiselleştirilmiş öğretime daha fazla odaklanmalarına olanak tanımaktadır. Bu çalışmaların bulgularına paralel olarak mevcut çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının deney tasarımı sürecinde ihtiyaç duydukları aşamalarda ChatGPT desteğine başvurmuş olup uygulama sürecini kişiselleştirmiş olduklarını göstermektedir.

Bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının öğretim çıktılarını göz önünde bulundurarak hazırlamış oldukları deney tasarımları hakkındaki ChatGPT değerlendirmeleri incelenmiştir. Gelecek çalışmalarda ChatGPT değerlendirmelerinin alan uzmanı değerlendirmeleriyle benzer ve farklı yönlerinin neler olduğu incelenebilir. ChatGPT ve alan uzmanı görüşleri karşılaştırılarak yapay zekâ temelli geri bildirimin ne kadar geçerli ve güvenilir olduğu incelenebilir.

Çalışmanın STEM entegrasyonunun mühendislik bileşeni ile ilgili bulguları öğretmen adaylarının bu bileşeni fen öğrenimini destekleyecek biçimde mühendislik adımlarını bilimsel kavram ve ilkelerle ilişkilendirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte öğretmen adaylarının deney tasarımlarında farklı malzemeleri karşılaştırmaya, başarısız sonuçları tekrar değerlendirmeye ve tasarım iyileştirmeye yönelik etkinliklere daha fazla yer vermelerinin faydalı olacağını göstermektedir. ChatGPT gibi yapay zekâ destekli araçların hazır yanıt alma amacıyla kullanımı yerine var olan tasarımı sorgulama, geliştirme ve alternatifleri tartışma gibi amaçlarla kullanmaları önerilmektedir. Bu doğrultuda gelecek çalışmalarda öğretmen adaylarının STEM bileşenleri arasındaki entegrasyonu sağlama ile ilgili yaşadıkları zorlukların giderilmesine yönelik öğretimsel ve uygulama temelli çalışmalar tasarlanabilir.

Yapay zekâ geri bildirimlerinin bazen yüzeysel kalabileceği veya bireyselleşme/derinlik açısından sınırlı olabileceği göz önünde bulundurulmalı, bu araçlar tamamen öğretmenin yerini alan değil, süreci destekleyen işbirlikçi birer yardımcı olarak konumlandırılmalıdır.

Öğretmen eğitiminde yapay zekâ kullanımı, adayların yansıtıcı düşünme ve problem çözme gibi üst düzey bilişsel yeteneklerini desteklemek amacıyla günlük hayata ve öğretim süreçlerine entegre edilmelidir.

Etik ve Çıkar Çatışması

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Öğretmenliği yüksek lisans programında yürütülmekte olan “Yapay Zekâ Araçlarıyla Deney Tasarlayan Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Göz Hareketlerinin ve Yapay Zekâya Yönelik Tutumlarının İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi doğrultusunda IV. Uluslararası Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Sempozyumu’nda sunulan “Yapay Zekâ Araçlarıyla Deney Tasarlayan Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının ChatGPT ile Etkileşimlerinin İncelenmesi” başlıklı bildiriden üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesi sürecinde katılımcılardan gönüllü onam alınmış tüm etik ilke ve kurallara uyulmuştur. Yazarlar araştırmanın tüm süreçlerinde etik kurallara uygun davranıldığını ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKÇA

- Aguinis, H., & Lawal, S. (2012). Conducting field experiments using eLancing's natural environment. *Journal of Business Venturing*, 27(4), 493–505. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2012.01.002>
- Ali, Z., Younis, S., Ahmad, N., Saba, F., & Ullah, N. (2025). Teachers' perspective of technology integration effects on students learning at university level. *Journal of Rehabilitation Research and Current Updates*, 1(1), 1–6.
- Alvarez, C., Alarcon, R., & Nussbaum, M. (2011). Implementing collaborative learning activities in the classroom supported by one-to-one mobile computing: A design-based process. *Journal of Systems and Software*, 84(11), 1961–1977. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.07.011>
- An, Q., Yang, J., Xu, X., Zhang, Y., & Zhang, H. (2024). Decoding AI ethics from users' lens in education: A systematic review. *Heliyon*, 10(18), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39357>
- Ateş, S. (2005). Öğretmen adaylarının değişkenleri belirleme ve kontrol etme yeteneklerinin geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 21–39.
- Brotherton, P. N., & Preece, P. F. W. (1995). Science process skills: Their nature and interrelationships. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 5–12. <https://doi.org/10.1080/0263514950130101>
- Cai, H., Han, B., Sun, J., Li, X., & Wong, L. H. (2025). Harnessing AI for teacher education to promote inclusive education: Investigating the effects of ChatGPT-supported lesson plan critiques on the development of pre-service teachers' lesson planning skills. *The Internet and Higher Education*, 64, <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2025.101022>
- Chellappa, V., & Luximon, Y. (2024). Understanding the perception of design students towards ChatGPT. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100281>
- Çibik, N. F., & Boz-Yaman, B. (2025). The effect of a cross-curricular course on pre-service teachers' sustainable development attitudes and mathematical modeling self-efficacy beliefs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(4), 1033–1056. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10497-9>
- de Souza, B., Serrano de Andrade Neto, A., & Roazzi, A. (2024). The generative AI revolution, cognitive mediation networks theory and the emergence of a new mode of mental functioning: Introducing the Sophotechnic Mediation scale. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2(1), <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100042>
- Dobrev, D. (2005). Formal definition of artificial intelligence. *International Journal "Information Theories & Applications"*, 12(3), 277–285.
- Dockendorff, M., & Zaccarelli, F. G. (2025). Successfully preparing future mathematics teachers for digital technology integration: A literature review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(5), 948–979. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2309273>
- Fijačko, N., Creber, R., Abella, B., Kocbek, P., Metličar, Š., Greif, R., & Štiglic, G. (2024). Using generative artificial intelligence in bibliometric analysis: 10 years of research trends from the European Resuscitation Congresses. *Resuscitation Plus*, 18, <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2024.100584>
- Fischer, F., Sommerhoff, D., & Keune, A. (2023). Perspectives on learning from the learning sciences. In *International Encyclopedia of Education*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.14007-2>
- Fitzpatrick, M., & Leavy, A. (2025). Reciprocal interplays in becoming STEM learners and teachers: Preservice teachers' evolving understandings of integrated STEM education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–30. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.2472260>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (1990). *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill.
- Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Campo, L., & Losada, D. (2024). Relationship between teachers' digital competence and attitudes towards artificial intelligence in education. *International Journal of Educational Research*, 126, <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102381>
- García-Carmona, A., Muñoz-Franco, G., & Cruz-Guzmán, M. (2025). Integration of engineering practices into primary science classrooms: What does educational research tell us? *Science & Education*, 1–30. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00616-5>
- Gilbert, A., Suh, J., & Choudhry, F. (2025). Exploring the development of preservice teachers' visions of equity through science and mathematics integration. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(2), 489–514. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10467-1>
- Hämäläinen, R., & Oksanen, K. (2012). Challenge of supporting vocational learning: Empowering collaboration in a scripted 3D game – How does teachers' real-time orchestration make a difference? *Computers & Education*, 59(3), 856–869. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.01.002>
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53–66. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>

- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217. <https://doi.org/10.3102/00346543052002201>
- Hovardas, T., Ter Vrugte, J., Zacharia, Z., & de Jong, T. (2023). Simulations and games for learning. In *International Encyclopedia of Education*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.14074-6>
- Huang, Y., Chen, P., Lee, H., Sandnes, F., & Wu, T. (2025). ChatGPT-enhanced mobile instant messaging in online learning: Effects on student outcomes and perceptions. *Computers in Human Behavior*, 168, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108659>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R., Khan, S., & Khan, I. (2023). Unlocking the opportunities through ChatGPT tool towards ameliorating the education system. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(3), <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100115>
- Jayawardena, C., Gunathilake, Y., & Ihalagedara, D. (2025). Dental students' learning experience: Artificial intelligence vs human feedback on assignments. *International Dental Journal*, 75(1), <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.12.022>
- Jia, F., Sun, D., & Looi, C. K. (2024). Artificial intelligence in science education (2013–2023): Research trends in ten years. *Journal of Science Education and Technology*, 33(1), 94–117. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10077-6>
- Kewalramani, S., Devi, A., & Ng, A. (2025). Supporting Early Childhood Preservice Teachers to Effectively Integrate STEM in Their Future Teaching Practice. *Education Sciences*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/educsci15020189>
- Kılıç, G. B., Yardımcı, E., & Metin, D. (2009). Fen öğretiminde değişkenler nasıl adlandırılabilir? *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 13–26.
- Kok, J. N., Boers, E. J., Kusters, W. A., Van der Putten, P., & Poel, M. (2009). Artificial intelligence: Definition, trends, techniques, and cases. In *Artificial Intelligence* (pp. 1-20). Eolss Publishers.
- Kovari, A. (2025). A systematic review of AI-powered collaborative learning in higher education: Trends and outcomes from the last decade. *Social Sciences & Humanities Open*, 11, <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101335>
- Li, B., Lowell, V., Wang, C., & Li, X. (2024). A systematic review of the first year of publications on ChatGPT and language education: Examining research on ChatGPT's use in language learning and teaching. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100266>
- Li, T., & Fu, Z. (2024). Formulating a descriptive framework and tagging system for design futures practice cases: Enabling heuristic tool development for design education and creative inspiration. *Thinking Skills and Creativity*, 53, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101536>
- Liu, J., Sun, D., Sun, J., Wang, J., & Yu, P. (2025). Designing a generative AI enabled learning environment for mathematics word problem solving in primary schools: Learning performance, attitudes and interaction. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 9, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100438>
- Madanchian, M., & Taherdoost, H. (2025). Decision-making criteria for AI tools in digital education. *Digital Engineering*, 7, <https://doi.org/10.1016/j.dte.2025.100069>
- Martin-Villalba, C., Urquia, A., & Dormido, S. (2012). Development of virtual-labs for education in chemical process control using Modelica. *Computers & Chemical Engineering*, 39, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2011.10.010>
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. National Academy of Sciences.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul)*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Ozturk, N., Aydın-Günbatır, S., & Roehrig, G. H. (2025). Elementary science teachers' engineering integration after long-term in-service training program with and without curriculum material support. *Research in Science & Technological Education*, 43(1), 170–190. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2260996>
- Playfoot, D., Quigley, M., & Thomas, A. (2024). Hey ChatGPT, give me a title for a paper about degree apathy and student use of AI for assignment writing. *The Internet and Higher Education*, 62, <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100950>
- Popenici, S. A., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences*, 12(8), <https://doi.org/10.3390/educsci12080569>
- Savin-Baden, M., & Major, C. H. (2023). *Qualitative research: The essential guide to theory and practice* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003377986>

- Simmons, A. B., & Chappell, S. G. (1988). Artificial intelligence: Definition and practice. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 13(2), 14–42. <https://doi.org/10.1109/48.551>
- Song, P., & Wang, C. (2023). Can ChatGPT replace scientists? *Science Bulletin*, 68(11), 1143–1146. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2023.08.032>
- Suleiman, A., von Wedel, D., Munoz-Acuna, R., Redaelli, S., Santarisi, A., Seibold, E., ... & Schaefer, M. (2024). Assessing ChatGPT's ability to emulate human reviewers in scientific research: A descriptive and qualitative approach. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 254, <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108313>
- Wei, X., Wang, L., Koszalka, T., Lee, L., & Liu, R. (2025). Enhancing pre-service teachers' reflective thinking skills through generative AI-assisted digital storytelling creation: A three-dimensional framework analysis. *Computers & Education*, 235, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105356>
- Yun, M., & Crippen, K. J. (2025). Computational thinking integration into pre-service science teacher education: A systematic review. *Journal of Science Teacher Education*, 36(2), 225–254. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2390758>
- Zeng, F., Gan, W., Wang, Y., & Yu, P. (2025). Distributed training of large language models: A survey. *Natural Language Processing Journal*, 12, <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2025.100174>
- Zhang, Z., & Huang, X. (2024). The impact of chatbots based on large language models on second language vocabulary acquisition. *Heliyon*, 10(2), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25370>
- Zhu, S., Li, Q., Yao, Y., Li, J., & Zhu, X. (2025). Improving writing feedback quality and self-efficacy of pre-service teachers in Gen-AI contexts: An experimental mixed-method design. *Assessing Writing*, 66, <https://doi.org/10.1016/j.asw.2025.100960>
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025). Digital learning in the 21st century: Trends, challenges, and innovations in technology integration. In *Frontiers in Education*, 10, Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>

EXTENDED ABSTRACT

The aim of this study is to examine the interactions of pre-service science teachers with ChatGPT, an artificial intelligence-based conversational agent, during the process of designing experiments in various sub-disciplines of science, and to analyze ChatGPT's evaluations of these experiment designs by considering the instructional outcome content and grade level. In this context, the sub-problems of the study can be stated as: 'At which stages of the original experiment design process do pre-service science teachers ask questions to ChatGPT, and at which stages do they receive support to improve their experiment designs?' and 'What are ChatGPT's evaluations and development suggestions regarding the original experiment designs created by pre-service science teachers during the implementation process?' This study employed a case study design, one of the qualitative research methods that emphasizes in-depth investigation by focusing on a limited number of events or conditions and their relationships through detailed contextual analysis. Since the study required participants to design an original experiment based on a randomly assigned instructional outcome during the implementation process, the sample was selected using purposive sampling. Accordingly, the participants of the study consisted of pre-service science teachers who were enrolled in the course Science Teaching Laboratory Applications II during the 2024–2025 academic year at the Faculty of Education of a public university in Izmir. The data collection tools of the study included the Experiment Design with Artificial Intelligence Tools Form, the S-FeTeMM Form, and the textual records of the participants' interactions with ChatGPT. The Experiment Design with Artificial Intelligence Tools Form and the S-FeTeMM Form are digital forms designed using macros developed in Microsoft Excel to examine pre-service teachers' original experiment designs, the STEM integration of these designs, and the modifications made based on ChatGPT feedback. These forms were developed as open-ended tools to enable participants to express their views in depth. Participants' responses were recorded directly into spreadsheet cells, and the macros automatically organized, checked, and stored the data in a format suitable for analysis. The Experiment Design with Artificial Intelligence Tools Form consists of the following stages: designing a daily-life scenario, identifying the problem situation(s), determining the dependent variables of the experiment design, determining the independent variables, and identifying the controlled variables. The S-FeTeMM Form consists of the following stages: implementation steps, science integration, technology integration, engineering integration, and mathematics integration of the experiment design. The data were

collected qualitatively through online, written responses in a computer-based environment during individual sessions lasting approximately one hour with each participant throughout the spring semester of the 2024–2025 academic year. During the implementation sessions, pre-service science teachers created original experiment designs based on a randomly assigned instructional outcome from the 2024 Science Curriculum. In the second stage, they evaluated the alignment of their experiment designs with the instructional outcome by posing questions to ChatGPT and made revisions when deemed necessary. The version of ChatGPT used during the implementation process was ChatGPT-4o, which was the current version at the time of data collection and was accessed via a plus subscription. The data obtained through the data collection tools were analyzed using content analysis with the computer-assisted qualitative data analysis software MAXQDA 24. Following independent content analysis conducted by two researchers who are experts in science education using MAXQDA 24, inter-rater agreement was examined, and the content analysis was finalized in line with expert opinion. The inter-rater reliability coefficient between the two coders was determined to be 0.91. The findings revealed that pre-service science teachers frequently used ChatGPT for purposes such as consultation, verification, improvement, suggestion generation, and correction across various stages of experiment design. Analysis of ChatGPT's evaluations of the participants' designs indicated that the majority of controlled variable designs and science integration components were assessed as sufficient. However, ChatGPT evaluated the daily-life scenario, problem situation(s), implementation steps, technology integration, engineering integration, and mathematics integration components as partially sufficient and provided various development suggestions. In addition, the independent variable identification stage emerged as the most frequently evaluated as insufficient by ChatGPT. It was observed that participants directly relied on ChatGPT's suggestions without proposing their own ideas during the stages of variable identification. It was also observed that during the STEM integration design stages of the pre-service teachers' experiment designs, they consulted ChatGPT evaluations particularly in the steps related to ensuring technology and engineering integration, and that ChatGPT offered significant recommendations regarding these components of the designs. In this study, ChatGPT evaluations of experiment designs prepared by pre-service science teachers by considering learning outcomes were examined. In future studies, the similarities and differences between ChatGPT evaluations and subject-matter expert evaluations may be investigated. By comparing ChatGPT and expert opinions, the extent to which AI-based feedback is valid and reliable can be examined.

2020-2024 YILLARI ARASINDAKİ STEM EĞİTİMİ YAKLAŞIMI KONULU ÇALIŞMALARIN SİSTEMATİK DERLEMESİ

SYSTEMATIC REVIEW OF STUDIES ON THE STEM EDUCATION APPROACH BETWEEN 2020 AND 2024

Tolga YILMAZ

Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi, Düzce

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5665-9716>

tolga.yilmaz811@hotmail.com

Melisa BASBAY

Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi, Düzce

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3626-5790>

melisabasbay2@gmail.com

Aslı YEŞİL

Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi, Düzce

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5050-3138>

asliyesil.2002@gmail.com

Ebru İrem ÇİLLİOĞLU

Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi, Düzce

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1127-6802>

ebruiremc@gmail.com

Murat GENÇ

Düzce Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Düzce

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9742-1770>

muratgenc77@gmail.com

Received: December 11, 2025

Accepted: January 28, 2026

Published: January 31, 2026

Suggested Citation:

Yılmaz, T., Basbay, M., Yeşil, A., Çillioğlu, E. İ., & Genç, M. (2026). 2020-2024 yılları arasındaki STEM eğitimi yaklaşımı konulu çalışmaların sistematik derlemesi. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(1), 32-45.



Copyright © 2026 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

21. Yüzyıl becerilerini sahip bireyleri yetiştirmeyi amaçlayan Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), fen bilimleri öğretim programında yapılan değişikliklerle birlikte, bireyleri STEM eğitiminin kazandırdığı beceriler ile donatılmasını, bilimsel araştırma ve bilimsel süreç becerileriyle birlikte üretken, günlük hayatta karşılaşılan sorunlara çözüm üretebilen, toplumsal sorumluluk bilincine sahip bireyler yetiştirmeyi önemli bulmuştur. Bu çalışmanın amacı, 2020-2024 yılları aralığında fen eğitiminde STEM eğitim yöntemi üzerinde yapılan yurt içi ve yurt dışı kaynaklı toplam 436 makaleyi çözümlemek ve bir bütün içinde ilgili paydaşlara sunulabilecek sistematik derleme yapmaktır. Derlemedeki araştırmaların Makalelerin 156 tanesi %36 oranla en çok YÖKTEZ veri tabanında yer aldığı görülmektedir. Bulguların gösterdiği sonuca göre araştırma kapsamında bulunan makalelerin 60'ı %14 oranla en az Dergipark veri tabanında yer aldığı görülmektedir. Makalelerin 106 tanesi %24 oranla ERIC veri tabanında, 114 tanesi %26 oranla Web of Science veri tabanında bulunmaktadır. Sistematik derlemede makaleler; örneklem, konu, kullanılan yöntemler, veri toplama araçları ve veri analiz yöntemleri bakımından incelenmiştir. STEM eğitim alanında 2020-2024 yılları arasında gerçekleştirilen araştırmaların incelendiği bu sistematik derleme çalışması, araştırmaların genel eğilimlerini bizlere kapsamlı olarak sunmuştur.

Anahtar Terimler: Sistematik derleme, STEM, STEM eğitimi yaklaşımı.

Abstract

The Ministry of National Education (MEB), which aims to educate individuals equipped with 21st-century skills, considers it important to cultivate individuals who are equipped with the skills gained through STEM education, scientific research and

scientific process skills, and who are productive, capable of solving problems encountered in daily life, and possess a sense of social responsibility, in line with the changes made to the science teaching program. The purpose of this study is to analyze a total of 436 domestic and international articles on the STEM education method in science education between 2020 and 2024 and to produce a systematic review that can be presented to relevant stakeholders as a whole. Of the articles in the review, 156 (36%) were found to be in the YÖKTEZ database. According to the findings, 60 of the articles included in the study, representing 14%, were found in the Dergipark database. 106 articles, representing 24%, were found in the ERIC database, and 114 articles, representing 26%, were found in the Web of Science database. The articles were examined in the systematic review in terms of sample, subject, methods used, data collection tools, and data analysis methods. This systematic review study, which examined research conducted in the field of STEM education between 2020 and 2024, comprehensively presented the general trends of the research to us.

Keywords: Systematic review, STEM, STEM education approach.

GİRİŞ

21. yüzyıl ile birlikte bilgiyi ezberleyen, emek ve kas gücü ile çalışan bireylerin yerini araştıran, sorgulayan ve öğrendikleri bilgileri günlük hayatla ilişkilendirebilen bireylere bırakmıştır. Yeni teknolojiler ve icatlar odağında gelişen ülkeler aralarındaki yarışın hızı 21. Yüzyıl ile artış göstermektedir. Gelişmiş ülkeler, ortaya çıkan bu rekabetçi yarış için bilim, mühendislik ve yeni teknolojilere yatırım yaparak tüm yeni hamlelerini ülke ekonomisiyle bütünleştirmeye yönelmektedir. Bu değişimlerin etkisiyle gelişmiş ülkeler eğitim politikalarında yenileşmeye gitmek zorunda kalmışlardır. 21. Yüzyıl ihtiyaçlarına ulaşacak eğitimi oluşturmak adına yeni planlamalar ve programlar oluşturulmuştur (Akgündüz vd., 2015). Eğitimin kalitesini bir üst basamağa çıkaracak yeni ve güncel yaklaşımların kullanılması, ülkelerin küresel rekabet ortamında kendilerine bir yer edinebilmeleri için gereklidir (KwakDeok-joo vd., 2011). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) dünyada bu yenilikçi yaklaşımlara öncü olmuştur ve Yapılan planlama ve programlar; yaratıcılık, yenilikçilik, iş birliği yapma, iletişim kurma, problem çözme, dijital okuryazarlık, eleştirel düşünme, kariyer ve yaşam gibi sıralanan 21. Yüzyıl becerilerinin öğrencilere aktarımı ve ölçümünün nasıl yapılacağı temelinde ilerlemektedir (Altunel, 2018). ABD'de başlayan ve tüm dünyaya yayılan bu akımla, 21. yüzyıl becerileri ve iş hayatının gereksinimlerini bütünleştiren eğitim yaklaşımı oluşturmayı hedefleyen projeler başlatılmıştır. STEM eğitimi yaklaşımı bu akımın bir sonucu olarak; Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik (STEM) eğitimi, ekonomik ve kültürel kalkınmaya destek olabilecek nitelikli bireyleri yetiştirmeyi hedefleyen disiplinler arası bir eğitim yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır (Bybee, 2009; NAE & NRC, 2009)

Ülkemizde 2004 yılında yapılandırmacı yaklaşımla yenilenen fen bilimleri öğretim programına 2013 yılında araştırma sorgulamaya dayalı fen öğretimi yöntemi de eklenerek güncellenmiştir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Ülkemizin 2023 Vizyonu ve MEB 2015-2019 Stratejik Planının ortaya koyduğu amaçlar doğrultusunda STEM'i oluşturan disiplinlerin bütünleştirici bir yaklaşımla okullar ve üniversite müfredatına kaynaştırılması hedeflenmiştir. 21. Yüzyıl becerilerini sahip bireyleri yetiştirmeyi amaçlayan MEB, fen bilimleri öğretim programında yapılan değişikliklerle birlikte, bireyleri STEM eğitiminin kazandırdığı beceriler ile donatılmasını, bilimsel araştırma ve bilimsel süreç becerileriyle birlikte üretken, günlük hayatta karşılaşılan sorunlara çözüm üretebilen, toplumsal sorumluluk bilincine sahip bireyler yetiştirmeyi önemli bulmuştur (TÜSİAD, 2014). 2018 yılı itibarıyla uygulamaya koyulan Fen Bilimleri Öğretim Programında bilim, mühendislik ve matematiğin programa dahil edildiği görülmektedir (MEB, 2018). Bu programla birlikte bireylerin 21. yüzyıl becerilerini kazanabilmeleri ve STEM eğitiminin başarıya ulaşabilmesi için uygulamaların doğru ve sistematik bir şekilde ilerlemesi gerekmektedir.

STEM eğitimi yaklaşımının tanımı, öneminin gerekçeleri ve küresel ölçekteki yayılım süreci alan yazın çerçevesinde ele alınmıştır. STEM yaklaşımının eğitim sistemine entegrasyonu ve bu entegrasyonun çeşitli boyutlara etkisi, literatürde çok sayıda çalışmada incelenmiştir. Ancak, bu çalışmaların hangi değişkenleri etkilediği ve yeterliliği, araştırma sayısının fazlalığı nedeniyle bütüncül olarak değerlendirilmekte güçlükler yaşanabilmektedir. Bu nedenle, belirli ölçütlere göre sınıflandırılmış derleme çalışmaları, alandaki genel eğilimleri ve ulaşılan sonuçları daha sistematik biçimde ortaya koymak açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle araştırmaları belirlenen amaçlara göre inceleyen derleme türünde çalışmalara bakılması yapılacak incelemeleri kolaylaştırmaktadır.

Derleme türünde çalışmalar sayesinde araştırılacak alanın yıldan yıla nasıl eğilim gösterdiği ve ulaşılan sonuçların neler olduğu bilgisine ulaşmak kolaylaşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, 2020-2024 yılları aralığında fen eğitiminde STEM eğitim yöntemi üzerinde yapılan yurt içi ve yurt dışı kaynaklı çözümlemek ve bir bütün içinde ilgili paydaşlara sunulabilecek sistematik derleme yapmaktır.

Bu bağlamda çalışmada aşağıdaki sorulara cevaplar aranmıştır:

Fen eğitimi alanında, 2020-2024 yılları aralığında fen eğitiminde STEM eğitim yöntemi konulu çalışmaların;

- veri tabanına göre dağılımı nasıldır?
- anahtar Kelimelere ve yayım yıllarına göre dağılımı nasıldır?
- araştırma yaklaşımları ve veri toplama araçlarına göre dağılımları nasıldır?
- veri tabanlarına ve veri analizine göre dağılımları nasıldır?
- çalışma grubunun veri tabanlarına göre dağılımı nasıldır?

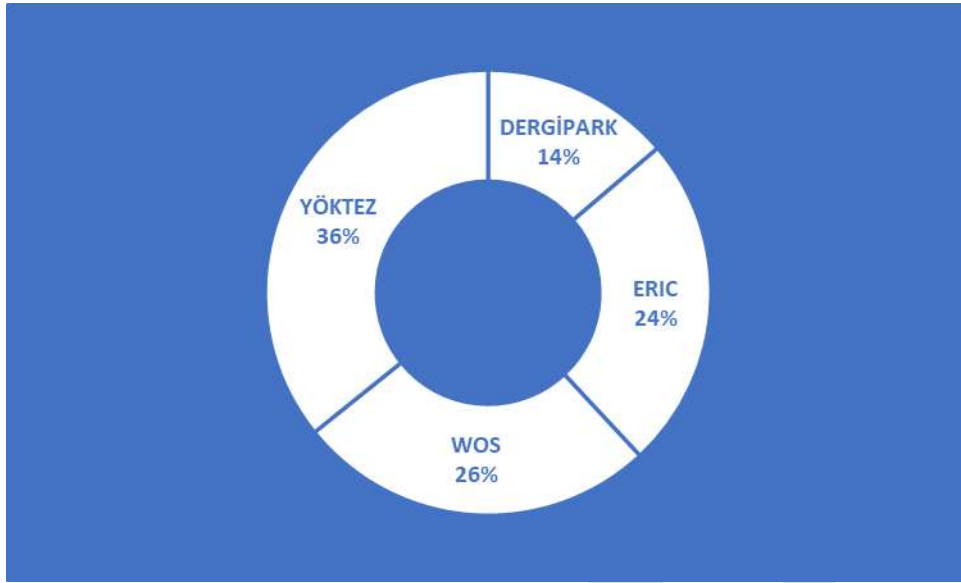
YÖNTEM

Bu çalışma bir derleme çalışmasıdır ve sistematik derleme yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Sistematik derleme, ilgili alanyazında bulunan bütün çalışmaların geniş bir çerçevede taranarak belirlenen eklenme ve dışlanma ölçütleri doğrultusunda incelenmesiyle oluşturulan derleme kapsamı altındaki çalışmalara ait verilerinin sistematik sentez edilmesidir (Higgins & Green, 2011; Karaçam, 2013). Sistematik derlemeler hatayı ve taraflılığı daha az içerirler. Belirlenen kriterler temelinde tarama yapıldığından kapsayıcılığı yüksektir. Alan yazın taramasında kullanılan metotları ve derleme kapsamında seçilen çalışmaların kriterleri sistematik derlemelerde açıkça belirtilir. Sistematik derlemeler araştırmacılara kullanılan metotları tekrar edip sonuçları doğrulama imkânı tanır. Bu özellikleri bulunduran sistematik derlemeler bilimsel bilgi içermesinden dolayı daha güçlü kanıtlar barındırması açısından önem taşımaktadır (Karaçam, 2013). Bu çalışmada Karaçam (2013) tarafından sistematik derleme metodolojisinin tanımlandığı araştırmada önerilen sistematik derleme hazırlama aşamaları kullanılmıştır. Bu aşamalar: 1) İşin Tanımlanması, 2) Bilgi İçin Tarama Yapma, 3) Kanıt Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Analiz, 4) Kanıtın Sunumu ve Özetlenmesi, 5) Kanıtın Tartışması, 6) Sistematik Derlemenin Sunumu ve 7) Dış Hakemler ve Yayınlama.

Alan yazın taraması 2020-2024 yılları içerisinde Eric, Web of Science, DergiPark ve YÖKTEZ veri tabanlarında yayımlanan makaleleri içermektedir. Çalışmada derleme kapsamına eklenme ölçütü; makalelerin hakemli dergide yayımlanmış, 2020-2024 yıllarına ait, tam metinlerine veri tabanlarından ulaşılabilir olması ve çalışmaların STEM eğitiminin, fen eğitimiyle bağdaştırılmış çalışmalar olmalıdır. Çalışmada derleme kapsamının dışında kalan makalelerin dışlanma ölçütü; belirlenen anahtar kelimelerin özette veya tam metinde etraflıca yer almaması, anahtar kavramların çalışmanın sadece belli yerinde bir kez ele alınması, STEM kısaltmasının tıp alanı içerisinde “Kök” kavramı ile ilişkilendirilmesi ve mühendislik alanı içerisinde “Buhar” kavramı yerine ilişkilendirilmesi, veri tabanlarında listelenmesine rağmen tam metnine ulaşamamasıdır.

Sistematik derleme kapsamında incelenen makaleler belirtilen amaçlar doğrultusunda analiz edilmiştir. Çalışma Web of Science, Dergipark, Eric ve YÖKTEZ veri tabanlarında 2020-2024 yılları arasında yayımlanan STEM eğitim yaklaşımıyla ilgili 436 makaleyi kapsamaktadır.

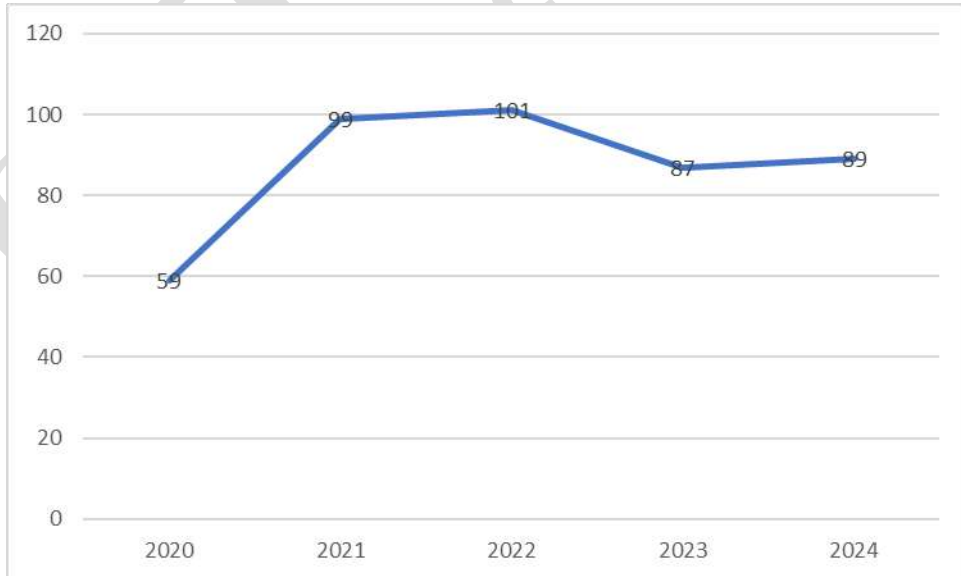
Araştırmaya ait veriler betimsel bulgular şeklinde sunulmuştur. Şekil 1’deki sistematik derlemede yer alan makalelerin veri tabanlarında göre dağılımları gösterilmektedir. Makalelerin 156 tanesi %36 oranla en çok YÖKTEZ veri tabanında yer aldığı görülmektedir. Bulguların gösterdiği sonuca göre araştırma kapsamında bulunan makalelerin 60’ı %14 oranla en az Dergipark veri tabanında yer aldığı görülmektedir. Makalelerin 106 tanesi %24 oranla ERİC veri tabanında, 114 tanesi %26 oranla Web of Science veri tabanında bulunmaktadır.



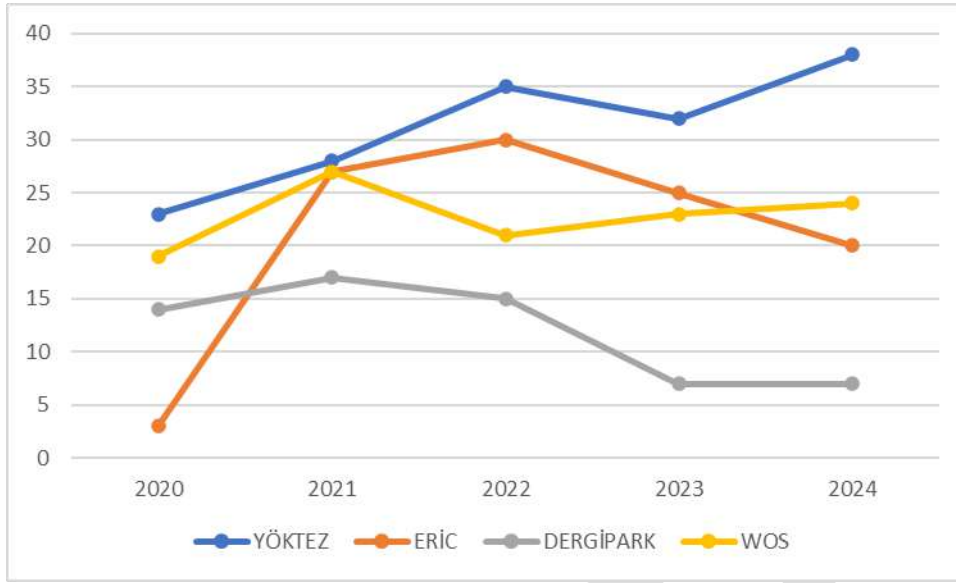
Şekil 1: Sistematik derlemede bulunan çalışmaların veri tabanlarına göre dağılımı

BULGULAR

Sistematik derlemede incelenen makalelerin en fazla 2022 yılında yayımlandığı tespit edilmiştir. Şekil 2’de verilen grafikte incelenen makalelerin yıllara göre dağılımı verilmiştir. Grafik incelendiğinde en az makalenin ise 2020 yılında yayımlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Yine de özellikle 2021-2023 yılları arasında makale sayıları arasında çok fark olmadığı görülmektedir. Ayrıca inceleme yaptığımız veri tabanların yıllara göre dağılımları da incelenmiştir. Şekil 3’e bakıldığında 2020-2024 yılları arasında incelenen veri tabanları içerisinde en fazla makale YÖKTEZ veri tabanında bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2020 yılında 23 makale, 2020 yılında 28 makale, 2021 yılında 35 makale, 2023 yılında 32 makale ve 2024 yılında 38 makale yayımlandığı görülmektedir. Ayrıca en az makale 2020 yılında Eric veri tabında yayınlandığı gözlemlenmiştir.

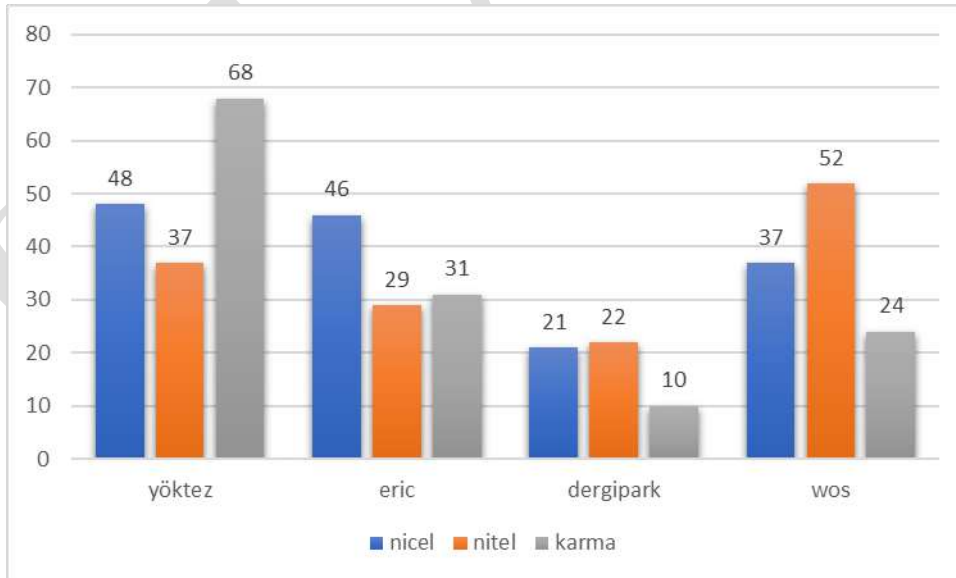


Şekil 2: Sistematik derlemede bulunan çalışmaların yıllara göre dağılımı



Şekil 3: Sistematik derlemede bulunan çalışmaların veri tabanlarındaki yıllarına göre dağılımı

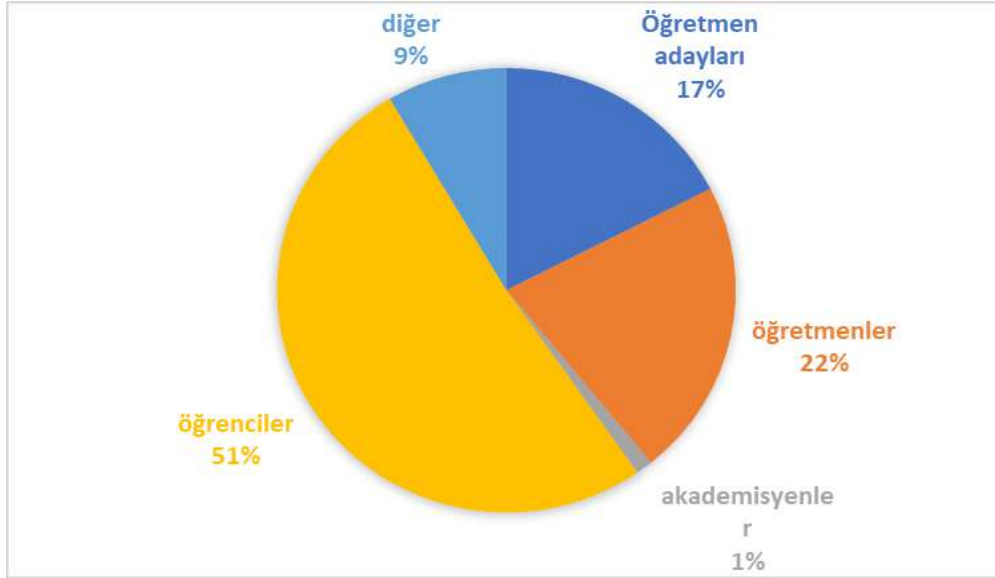
Stem eğitimi üzerinde yapılan sistematik derlemede incelenen makalelerin, nitel, nicel ve karma desenlerinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'te verilen sütun grafiği üzerinde dağılımları gösterilmiştir. Şekildeki dağılım incelendiğinde nitel nicel ve karma yöntemler veri tabanlarına göre farklılık göstermesine rağmen aralarında yüksek oranda bir fark bulunmadığı görülmektedir. Yöktez veri tabanında incelenen Stem eğitimi ile ilgili çalışmaların çoğunluğunun karma araştırma deseni olduğu, en az çalışmanın ise nitel araştırma deseni olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 4'te bulunan tabloya bakıldığında Eric veri tabanında 46 makalenin nicel araştırma deseniyle yapılarak en fazla kullanılan araştırma deseni olarak görülmektedir. Dergipark'ta en fazla nitel araştırma yöntemi, Web of Science'de ise en fazla nitel araştırma yöntemi ön plana çıkmaktadır.



Şekil 4: Makale desenlerinin veri tabanlarına göre dağılımı

Şekil 5'te sistematik derlemede yer alan çalışmaların örneklem (çalışma grupları) dağılımları verilmiştir. İncelemeye alınan makaleler farklı veri tabanlarındaki makaleler eklendiği için çok çeşitli çalışma gruplarının tespit edildiği bulgularıyla karşılaşmaktadır. Çalışma grupları öğrenciler (%51), öğretmenler (%22), öğretmen adayları (%17), akademisyenler (%1) ve diğer (%9) olmak üzere beş ana çerçevede incelenmiştir. Belirtilen genel gruplar içinde en çok çalışmanın öğrenciler (%51)

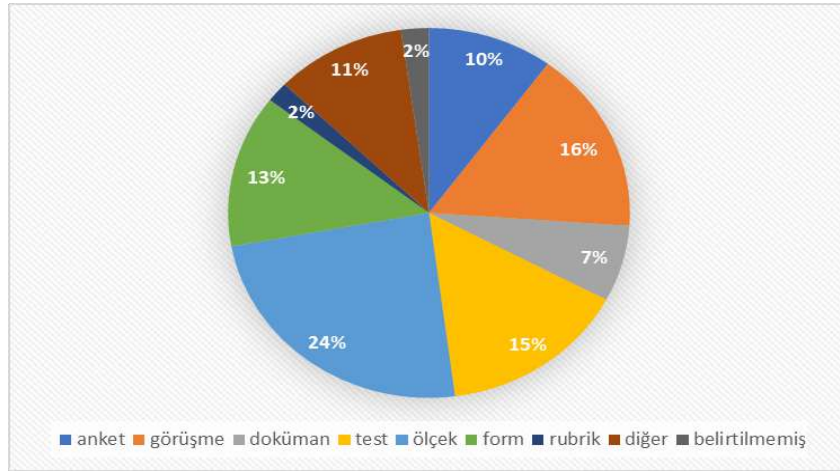
grubuyla yapıldığı tespit edilmiştir. Yayımlanan çalışmaların örnekleminde Öğrenciler grubunun ardından öğretmenler (%22) grubunun yer aldığı görülmektedir. Akademisyenler (%1) grubu ile yapılan çalışmalar ile diğer (%9) grubuyla yapılan çalışma sayılarının öğrenci ve öğretmen örneklemine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5: Sistematik derlemede örneklemin (çalışma gruplarının) Dağılımı

Sistematik derlemede incelenen makalelerde kullanılan veri toplama araçları Şekil 6'daki pasta grafiğinde verilmiştir. Pasta grafiği incelendiğinde, makalelerde kullanılan veri toplama araçlarının ölçek (%24), görüşme (%16), test (%15), form (%13), anket (%10), doküman (%7), rubrik (%2), belirtilmemiş (%2) ve diğer (%11) olmak üzere dokuz ana çerçevede gruplandırıldığı görülmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, incelenen makalelerde en çok tercih edilen veri toplama aracının ölçekler (%24) olduğu belirlenmiştir. Bu durum, araştırmalarda ölçülebilir değişkenlerin değerlendirilmesine yönelik nicel verilerin ön plana çıktığını göstermektedir. Ölçeklerin yoğun olarak kullanılması, araştırmacıların tutum, algı, yeterlik veya başarı düzeylerini belirleme eğiliminde olduklarını da ortaya koymaktadır. Ölçekleri takiben görüşme (%16) ve test (%15) araçlarının sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Bu bulgu, sistematik derlemede yer alan çalışmaların yalnızca sayısal verilerle sınırlı kalmayıp, katılımcıların deneyim, görüş ve bilgi düzeylerini de anlamaya yönelik karma yöntem yaklaşımlarına yer verdiğini göstermektedir. Formlar (%13) ve anketler (%10) ise genellikle yapılandırılmış veri toplama süreçlerinde kullanılmış olup, araştırmacıların hem standart hem de duruma özgü ölçme araçlarını tercih ettiklerini göstermektedir. Doküman analizi (%7) yönteminin ise daha sınırlı oranda kullanıldığı görülmektedir. Bu oran, çalışmalarda ikincil veri kaynaklarına dayalı içerik çözümlemesinin nispeten daha az tercih edildiğine işaret etmektedir. En az tercih edilen veri toplama aracı olarak rubrikler (%2) dikkat çekmektedir. Rubriklerin düşük oranı, değerlendirme ölçütlerinin çoğunlukla öznel veya nicel araçlarla ölçülmesi eğilimine işaret etmektedir. Son olarak, bazı araştırmalarda belirtilmemiş (%2) veri toplama araçlarının yer alması, metodolojik raporlamada eksiklikler olduğunu düşündürmektedir. Diğer (%11) kategorisi ise belirli bir sınıfa dahil edilemeyen veya araştırmanın özel bağlamına özgü araçların kullanıldığını göstermektedir.

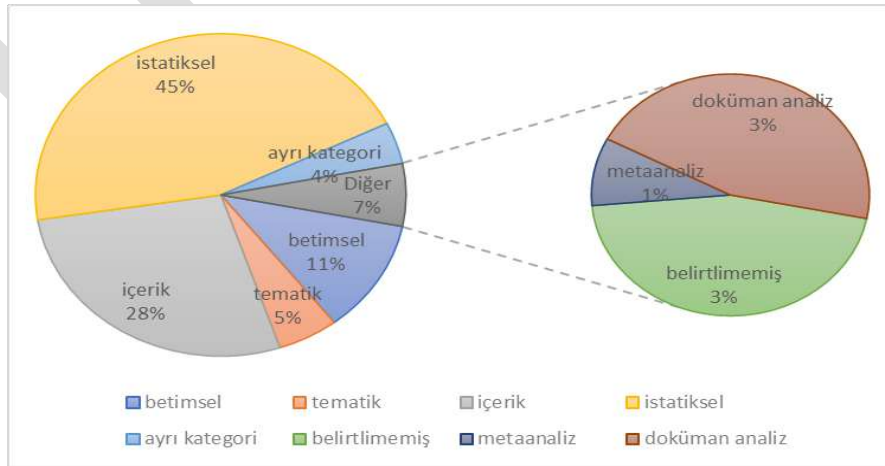
Genel olarak bulgular, sistematik derlemede yer alan araştırmalarda nicel veri toplama araçlarının baskın, nitel yöntemlerin ise destekleyici bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, alan yazında ölçülebilir değişkenlerin önemsendiğini, ancak araştırmacıların veri çeşitliliğini sağlamak amacıyla farklı araçları da kullandıklarını göstermektedir.



Şekil 6: Sistematik derleme incelenen çalışmalarda kullanılan veri toplama araçlarının dağılımı

Şekil 7’de yer alan veriler, incelenen araştırmalarda kullanılan veri analiz yöntemlerinin dağılımını göstermektedir. Bulgulara göre, çalışmaların önemli bir kısmı (%45) istatistiksel analiz yöntemlerini tercih etmiştir. Bu durum, araştırma örneklemelerinin nicel nitelikte olduğunu ve verilerin ölçülebilir değişkenler üzerinden değerlendirildiğini göstermektedir. İkinci en yaygın yöntem olan içerik analizi %28 oranında temsil edilmiştir. Bu bulgu, nitel araştırmaların da dikkate değer bir yer tuttuğunu ve özellikle metin, belge ya da görüşme verilerinin derinlemesine çözümlenmesine odaklanıldığını ortaya koymaktadır. Betimsel analiz yöntemi %11 oranında kullanılmış olup, bu tür çalışmaların verileri doğrudan yorumlamaya ve mevcut durumu açıklamaya yönelik olduğunu göstermektedir. Tematik analiz %5 oranında tercih edilmesi, araştırmaların bir kısmında anlamlı temalar ve örüntüler üzerinden nitel bir çözümleme yapıldığını göstermektedir. Aynı kategori olarak sınıflandırılan analiz türleri %4 oranında yer almakta, diğer yöntemler ise %7 oranında temsil edilmektedir. Detaylı inceleme sonucunda, “Diğer” kategorisinde yer alan çalışmaların alt türlerine bakıldığında, doküman analizi %3, meta-analiz %1 ve belirtilmemiş analiz türü %3 oranında görülmektedir. Bu dağılım, genel olarak çalışmaların büyük bölümünün sistematik ve istatistiksel yöntemlere dayandığını; ancak belirli bir kısmının nitel yaklaşımlara da yer verdiğini göstermektedir.

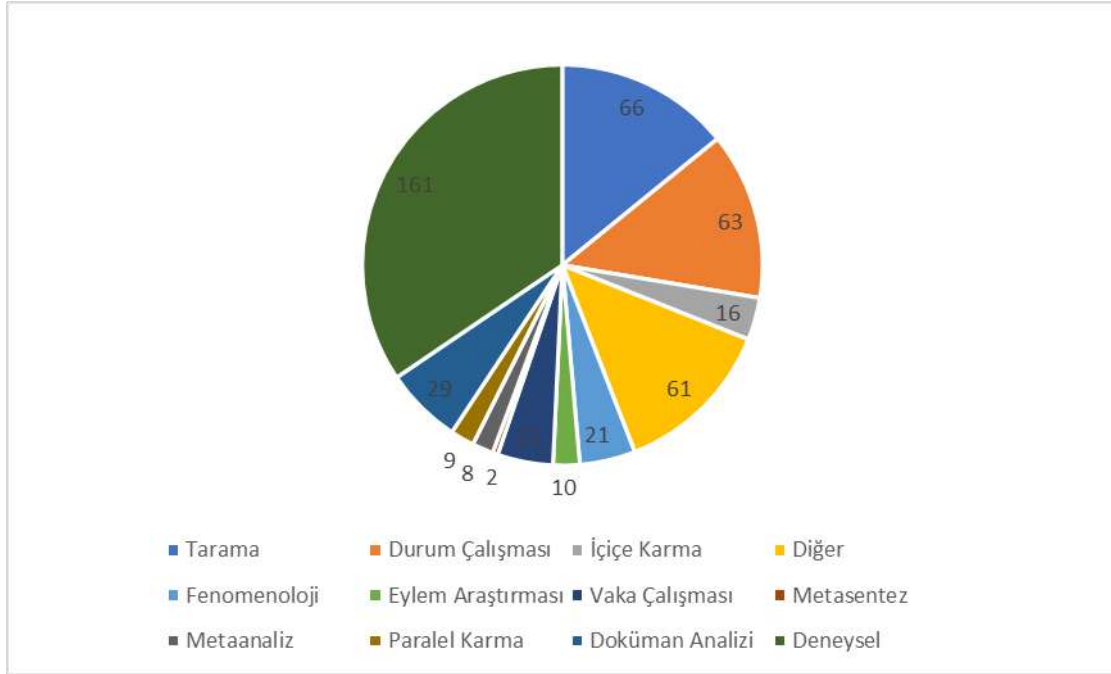
Sonuç olarak, veriler, araştırma alanında nicel yöntemlerin baskın, nitel ve karma yaklaşımların ise destekleyici bir rol üstlendiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, araştırmacıların genellikle ölçülebilir değişkenlere dayalı sonuçlara ulaşmayı tercih ettiğini, ancak belirli konularda derinlemesine anlam arayışını da sürdürdüğünü göstermektedir.



Şekil 7: Sistematik analiz yapılan çalışmaların veri analiz yöntemlerine göre dağılımı

Araştırmada kullanılan yöntem türlerinin dağılımları Şekil 7’de verilmektedir. Bulgular incelendiğinde en fazla tercih edilen araştırma yöntemi deneysel yöntem(n=161) olduğu sonucuna

ulaşılmaktadır. Bu durum, araştırmacıların nedensel ilişkileri test etmek ve değişkenler arasındaki etki doğrudan inceleme eğilimi olduğunu göstermektedir. Deneysel yöntemleri sırasıyla tarama(n=66), durum çalışması(n=63) ve iç içe karma (n=61) yöntemleri takip etmektedir. Bu yöntemleri, nitel ve nicel yöntemlerin birlikte ve ayrı ayrı kullanımına yönelik çeşitliliği ortaya koymaktadır. Bu yöntemlerin görece yüksek oranı, araştırmacıların hem nitel hem de nicel desenleri kullanma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Buna karşılık paralel karma(n=21), doküman analizi(n=20), metasentez(n=10), fenomoloji(n=9), eylem araştırması(n=8) ve vaka çalışması (n=2) yöntemlerinin tercih edilme oranının düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, nitel araştırma desenlerinin araştırmalarda daha sınırlı yer aldığını göstermektedir.



Şekil 8: Sistematik analiz yapılan çalışmaların araştırma desenlerine göre dağılımı

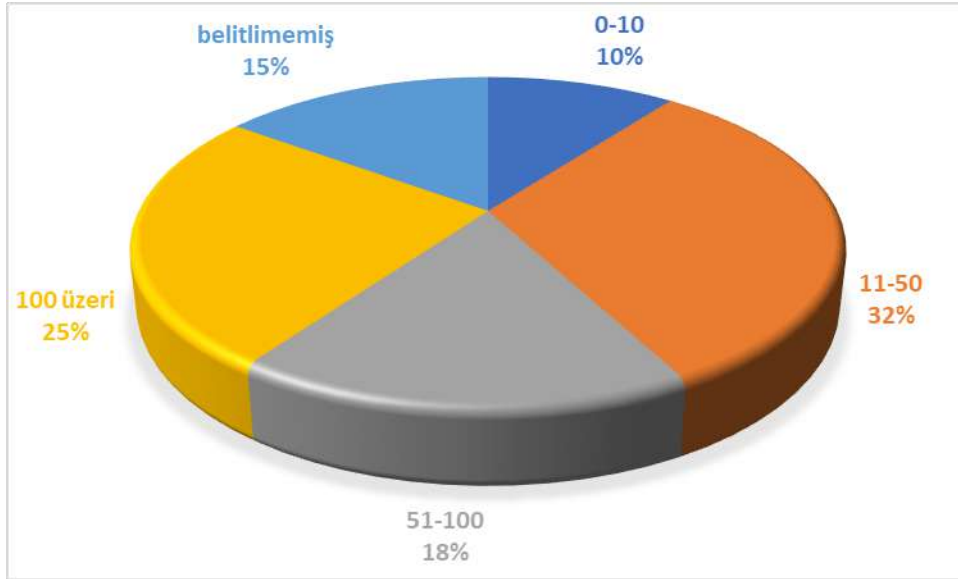
Stem eğitimi üzerinde yapılan çalışmalarda örneklem büyüklüklerine ilişkin dağılım Şekil 9'da sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, incelenen araştırmaların büyük bir kısmı 11–50 katılımcı aralığında yer almaktadır ve bu gruptaki çalışmalar toplamın %32'sini oluşturmaktadır. Bu veriler, STEM eğitimi alanında gerçekleştirilen araştırmalarda yüksek oranda küçük ölçekli uygulamaların tercih edildiği gözlemlenmektedir. Bu tür örneklem, genellikle sınıf veya okul temelli uygulamalarda, deneysel tasarımlar ya da durum çalışmalarında yaygın olarak ve özellikle eylem araştırmaları kullanılmaktadır.

100 ve üzeri katılımcıya sahip çalışmalar %25 olup, STEM eğitimi araştırmalarında daha geniş katılımcı gruplarına ulaşan çalışmaların da özellikle yer aldığı görülmektedir. Bu tür araştırmaların genel olarak nicel ve karşılaştırmalı desenlerle yürütüldüğü ve sonuçların genel bir alana varsayma oranını artırma amacı taşıdığı düşünülmektedir.

Diğer yandan, 51–100 katılımcılı çalışmalar %18, 0–10 katılımcılı çalışmalar ise %10 oranında gösterilmektedir. Bu bulgular, özellikle nitel ve keşfedici araştırmaların STEM eğitimi literatüründe belirli oranda yer aldığı, fakat çoğunluğun orta ölçekli nicel araştırmalardan oluştuğunu göstermektedir.

Farklı olarak, örneklem büyüklüğü belirtilmemiş çalışmaların oranı %15 olarak belirlenmiştir. Bu durum, bazı araştırmalarda yöntemsel raporlama konusunda eksiklikleri bulunduğunu ve özellikle örneklem özelliklerinin uygun ve şeffaf bir şekilde ifade edilmediğini göstermektedir. Bu tür eksiklikler, sistematik derleme süreçlerinde karşılaştırmalı analiz yapmayı zorlaştırmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, STEM eğitimi alanındaki çalışmaların çoğunlukla küçük ve orta ölçekli örneklemeler üzerinden yürütüldüğü, bunun da uygulama temelli, sınıf içi veya deneysel çalışmaların ağırlıkta olduğunu gösterdiği söylenebilir. Bununla birlikte, geniş örneklemli nicel araştırmaların da alana katkı sunduğu ve STEM eğitimi literatürünün giderek daha çeşitlenmiş bir yöntemsel yapıya doğru değiştiği görülmektedir.



Şekil 9: Sistematik analiz yapılan çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre dağılımı

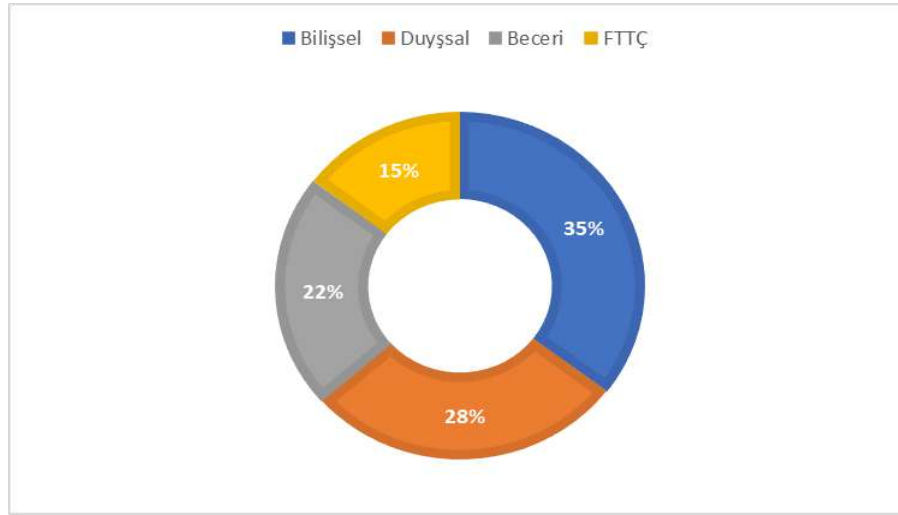
STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmaların konu alanlarına göre dağılımı Şekil 10'da gösterilmektedir. Verilerden yola çıkarak, araştırmaların en büyük oranda bilişsel alana odaklandığı görülmektedir (%35). Bu durum, STEM eğitimi literatüründe öğrencilerin bilişsel süreçleri, kavramsal anlamaları ve akademik başarıları üzerinde yoğun bir araştırma ilgisi bulunduğunu bizlere sunmaktadır. Özellikle problem çözme, eleştirel düşünme, kavramsal gelişim ve bilimsel akıl yürütme gibi bilişsel boyutlara yönelik çalışmaların alandaki temel yoğunluğu oluşturduğu söylenebilir.

İkinci sırada yer alan duyuşsal alan (%28) ise, STEM eğitimi çerçevesinde öğrencilerin tutumları, motivasyonları, ilgileri ve öz yeterlik algılarını inceleyen çalışmaları temsil etmektedir. Bu veriler, STEM eğitiminin sadece bilişsel kazanımlara değil, öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik duygusal tepkilerine ve öğrenme istekliliklerine de odaklanan bütüncül bir yaklaşımla ele alındığını göstermektedir.

Beceri temelli çalışmaların oranı %22 olup, STEM eğitimi araştırmalarında uygulama, deneyim ve üretim odaklı çalışmaların da dikkate değer bir paya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu tür araştırmalar genellikle yaratıcılık, problem çözme becerileri, mühendislik tasarım süreci veya işbirlikli öğrenme gibi pratik ve süreç temelli yeterlikleri incelemektedir.

Farklı bir çerçeveden, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FTTÇ) alanlarının bir arada ele alındığı bütüncül çalışmaların oranı %15 olarak gözlemlenmiştir. Bu oran, STEM eğitimi literatüründe disiplinler arası entegrasyonun giderek artmakla birlikte hâlâ gelişmekte olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, STEM eğitimi araştırmalarının bilişsel ve duyuşsal odaklı çalışmalarda yoğunlaştığı, fakat beceri ve disiplinler arası entegrasyonu ele alan çalışmaların da giderek önem kazandığı söylenebilir. Bu bulgu, alandaki eğilimin öğrencilerin düşünme süreçlerinden duygusal ve pratik yeterliklerine uzanan çok boyutlu bir perspektife yöneldiğini göstermektedir.



Şekil 10: Sistematik analiz yapılan çalışmaların konu alanlarına göre dağılımı

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Stem eğitimi üzerinde yapılan çalışmalar kapsamında, 436 akademik çalışmanın incelenmesinde sistematik derleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, Dergipark, YÖKTEZ, Web of Science ve Eric veri tabanlarında yayımlanmış olan akademik çalışmaları çeşitli değişkenler açısından incelemiş ve elde edilen bulgular çerçevesinde STEM eğitimi yaklaşımıyla ilgili yürütülecek bir rehber niteliği taşıması amaçlanmıştır. Çalışmanın giriş kısmında bahsedilen makalelerdeki ortak nokta, STEM eğitim yaklaşımı üzerinde yapılan çalışmaların yıllar geçtikçe artması durumudur. STEM alanında yapılan çalışmalara karşı ilginin artması farklı ülkelerin STEM yaklaşımını kendi ülkelerindeki eğitim sistemlerine entegre etme amaçları, alanda araştırma sayılarının zamanla artmasının kaynağı olarak gösterilebilir. Yapılan sistematik derleme sonucunda ulusal ve uluslararası dört veri tabanında toplam 436 akademik çalışmanın yayınlandığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, STEM eğitimi alanındaki araştırma eğilimleri, çalışılan konu alanlarını ve yöntemsel yönelimlerin yıllara ve örneklem çeşitliliğine göre dağılımını ortaya koymaktadır.

Araştırmada elde edilen bulgulara göre, inceleme yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu YÖKTEZ veri tabanında bulunduğu ve Türkiye’de özellikle STEM eğitimi alanında lisansüstü tez çalışmalarına dayalı olduğu görülmektedir. Bu duruma karşılık, Dergipark, Eric, veri tabanlarının görece olarak daha düşük sayılarda olduğu gözlemlenmektedir. Bu sayıların istenilen düzeyde olmaması ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yeterli akademik çalışmamızın olmadığı sonucuna ulaştırmıştır. Bu durum, alanda yapılan çalışmaların uluslararası literatüre daha fazla katkı sağlayacak ve görünür bir biçimde yayımlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, Stem alanındaki yayın sayısının özellikle 2021-2023 yılları arasında düzenli bir artış gösterdiği, özellikle alan çalışmalarının en yüksek düzeyde olduğu yılın 2022 olduğu görülmektedir. Bu artış, STEM yaklaşımının eğitim politikaları, öğretmen yetiştirme süreçleri ve öğretim programlarının bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Ancak, küresel ölçekte yaşanan COVID-19 pandemisinin akademik üretkenlik üzerinde olumsuz bir etkisi değerlendirildiğinde 2020 yılında yayın sayısının görece düşük olması anlamlı bir açıklama yüzeyi sunmaktadır.

Araştırma desenleri açısından elde edilen bulgular, STEM eğitimi araştırmalarında en sık tercih edilen nicel yöntemler olduğunu göstermektedir. Ancak nitel ve karma yöntemler de önemli ölçüde tercih edilmektedir. Özellikle YÖKTEZ veri tabanında karma yöntemli çalışmaların ağırlıkla olmasının, araştırmacıların STEM eğitiminin çok boyutlu yapısını daha derinlemesine inceleme eğiliminde oldukları sonucuna varmaktadır. Ayrıca Eric ve Web of Science veri tabanlarında nicel ve nitel yöntemlerin öne çıkması, STEM eğitiminde yöntemsel çeşitliliğin olduğunu, fakat nicel verilerin de öncelikli olarak ortaya çıktığını göstermektedir.

Örneklem gruplarına ilişkin bulgular incelendiğinde, araştırmalar çoğunluklu olarak öğrenci ve öğretmenler üzerine odaklandığını göstermektedir. Öğrenci odaklı çalışmaların yüksek bir oranı, STEM eğitiminin öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerini ele aldığı sonucunu ortaya koymaktadır. Öğretmen ve öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalar özellikle öğretim süreçleri, pedagojik yetkinlikleri ve mesleki gelişim bağlamında önem taşımaktadır. Buna karşın, akademisyenler ve diğer paydaşlarla yürütülen çalışmaların sınırlı olması, STEM eğitim politikalarını geliştirme, program tasarımı ve kurumsal yapı boyutlarının yeteri kadar ele alınmadığını düşündürmektedir.

Veri toplama araçları ve kullanılan analiz yöntemleri ele alındığında, nicel araştırma yönteminin alan yazında daha baskın olduğu açıkça ortaya koymaktadır. Ölçek ve istatistiksel analizlerin yaygın olarak tercih edilmesi, STEM eğitim yaklaşımındaki çalışmalarında ölçülebilir değişkenleri ön plana çıkarmaktadır. Bu durum beraberinde görüşme ve içerik analizi gibi nitel araç ve yöntemlerin ağırlığa sahip olması, araştırmacıların katılımcı deneyimleri ve bağlamsal faktör anlama çabasında olduklarını göstermektedir. Fakat bazı çalışmalarda veri toplama araçları ve analiz yöntemlerinin belirtilmemiş olması, yöntemsel açıdan raporlamada standartlaşma gereksinimi ortaya koymaktadır.

Örneklem büyüklüğüne ilişkin bulgular incelendiğinde, Araştırma alanında büyük bir oranda küçük ve orta ölçekli gruplar tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, sınıf içi uygulamalara, deneysel çalışmalara ve eylem araştırmalarına verilen öneminin göstergesi olarak bizlere sunmaktadır. Bununla birlikte, geniş örneklemli çalışmaların sınırlı olması, elde edilen bulguların genellenebilirliği açısından bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir.

Konu alanları incelendiğinde, yapılan çalışmalar çoğunluklu olarak bilişsel ve duyuşsal alanlarda odaklanıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, STEM eğitiminin akademik başarı, tutum ve kavramsal anlama düzeyleri açısından etkilerini incelemeye yönelik bir eğilimin olduğu görülmektedir. Beceri temelli ve disiplinler arası bütüncül bir felsefeye sahi olan uygulamalar STEM yaklaşımının temel felsefesi, uygulamada henüz yaygınlaşmadığı da düşünülmektedir.

STEM eğitim alanında 2020-2024 yılları arasında gerçekleştirilen araştırmaların incelendiği bu sistematik derleme çalışması, araştırmaların genel eğilimlerini bizlere kapsamlı olarak sunmuştur. Bulgular, alandaki çalışmaların büyük bir ölçüde nicel yöntemlere dayandığını, özellikle küçük ve orta ölçekli örneklemle birlikte bilişsel ve duyuşsal kazanımlara odaklandığını göstermektedir. Bununla birlikte, nitel ve karma yöntemlere de zamanla artan bir eğilimin olması, STEM eğitiminin çok boyutlu bir yapısının olduğu ve derinlemesine ele alınmaya başladığını ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, gelecek dönemlerde yapılacak STEM eğitimi alanındaki araştırmalarda disiplinler arası entegrasyonu ele alan, uygulamaya dönük ve beceri temelli çalışmaların daha çok üzerinde durulması önerilmektedir. Ayrıca, daha geniş ve farklı paydaş gruplarını içeren örneklemelerin tercih edilmesi, elde edilen verilerin genellenebilirliğini arttıracak düşünülmektedir. Yöntemsel açıdan ele alınırsa veri toplama araçları ve analiz yöntemlerinin açık ve tutarlı bir şekilde raporlanıyor olması, alan yazının bilimsel niteliğini güçlendirir bir hale getirecektir.

Sonuç olarak, yapılan bu sistematik derlemede, STEM eğitimi alanındaki araştırma eğilimlerini ortaya koyarak araştırmacılara ve uygulayıcılara yol gösterici bir nitelikte bulgular sunmaktadır; alanda güçlü yönlerin yanı sıra geliştirilmesi gereken alanlara da dikkat çekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. T., & Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu: Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi? İstanbul Aydın Üniversitesi. <https://www.aydin.edu.tr/tr-akademik/fakulteler/egitim/Documents/STEM%20E%C4%9Fitimi%20T%C3%BCrkiye%20Raporu.pdf>
- Altunel, M. (2018). STEM eğitimi ve Türkiye: Fırsatlar ve riskler. *SETA Perspektif*, 207, 1–7.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Higgins, J. P., & Green, S. (2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0*. Chichester (UK): John Wiley & Sons, 2011. <https://handbook-5-1.cochrane.org/>
- Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26–33

Kwak, D. J., Yang, S. K., Lee, J. H., Lee, H. S., Jang, K. Y., Cho, D. J., & Hwang, J. B. (2011). *Knowledge society and school education*. Seoul: Hakjisa.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*.
<https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>

Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*.
<http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>

TÜSİAD (Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği). (2017). *2023'e doğru Türkiye'de STEM gereksinimi*.
<https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10093-2023e-dogru-turkiyede-stem-gereksinimi>

EXTENDED ABSTRACT

The aim of this study is to analyze domestic and international studies on the STEM education method in science education between 2020 and 2024 and to create a systematic review that can be presented to relevant stakeholders as a whole. In this context, the study sought answers to the following questions: In the field of science education, how is the distribution of studies on the STEM education method in science education between 2020 and 2024 according to: database?, keywords and publication years?, research approaches and data collection tools?, databases and data analysis?, and the study group's distribution according to databases?. This study is a review study and was prepared using the systematic review method. A systematic review is the systematic synthesis of data from studies within its scope, created by reviewing all studies in the relevant literature broadly and examining them according to defined inclusion and exclusion criteria (Higgins & Green, 2011; Karaçam, 2013). Systematic reviews contain fewer errors and biases. Because the review is conducted based on defined criteria, it has high comprehensiveness. The methods used in the literature review and the criteria for the studies selected within the scope of the review are clearly stated in systematic reviews. Systematic reviews allow researchers to repeat the methods used and verify the results. Because they contain scientific information, systematic reviews are important for providing stronger evidence (Karaçam, 2013). In this study, the stages of preparing a systematic review, as suggested in the research where Karaçam (2013) defined the systematic review methodology, were used. These stages are: 1) Job Description, 2) Information Search, 3) Evaluation and Analysis of Evidence Quality, 4) Presentation and Summarization of Evidence, 5) Discussion of Evidence, 6) Presentation of Systematic Review, and 7) External Peer Review and Publication. The literature review includes articles published in the Eric, Web of Science, DergiPark, and YÖKTEZ databases between 2020 and 2024. The criteria for inclusion in the review were: articles published in peer-reviewed journals, between 2020 and 2024, full-text access to the databases, and studies that correlate STEM education with science education. The exclusion criteria for articles outside the scope of the review were: The reasons for the lack of comprehensive coverage of the identified keywords in the abstract or full text, the mention of key concepts only once in a specific part of the study, the association of the abbreviation STEM with the concept of "Root" in the medical field and with the concept of "Steam" in the engineering field, and the inaccessibility of full text despite being listed in databases are all problematic. The articles examined within the scope of the systematic review were analyzed in line with the stated objectives. The study covers 436 articles related to the STEM education approach published between 2020 and 2024 in the Web of Science, Dergipark, Eric, and YÖKTEZ databases. The research data is presented as descriptive findings. Figure 1 shows the distribution of the articles included in the systematic review according to their databases. It is observed that 156 articles (36%) are most frequently found in the YÖKTEZ database. According to the findings, 60 articles (14%) are least frequently found in the Dergipark database. Of the articles, 106 (24%) are found in the ERIC database and 114 (26%) are found in the Web of Science database. This study utilized a systematic review method to examine 436 academic studies on STEM education. The study analyzed academic works published in Dergipark, YÖKTEZ, Web of Science, and ERIC databases from various perspectives, aiming to provide a guide for future research on the STEM education approach. A common point in the articles mentioned in the introduction is the increasing number of studies on the STEM education approach over the years. The growing interest in STEM studies, coupled with the aim of different countries to integrate the STEM approach into their own education systems, can be cited as the source of the increasing number of research studies in this field. The systematic review

revealed that a total of 436 academic studies were published in four national and international databases. The findings reveal the research trends in STEM education, the subject areas studied, and the distribution of methodological orientations according to years and sample diversity. According to the findings of the research, the vast majority of the studies examined are found in the YÖKTEZ database and are based on postgraduate dissertation studies, particularly in the field of STEM education in Turkey. In contrast, the number of publications in databases such as Dergipark and Eric is relatively lower. The fact that these numbers are not at the desired level leads to the conclusion that there is a lack of sufficient academic work in national and international peer-reviewed journals. This situation highlights the need for studies in this field to contribute more to the international literature and be published in a more visible manner. When the distribution of studies by year is examined, it is seen that the number of publications in the STEM field shows a steady increase, especially between 2021-2023, with 2022 being the year with the highest level of field studies. This increase can be considered a reflection of the STEM approach in education policies, teacher training processes, and curricula. However, considering the negative impact of the global COVID-19 pandemic on academic productivity, the relatively low number of publications in 2020 offers a meaningful explanation. Findings regarding research designs show that quantitative methods are the most frequently preferred in STEM education research. However, qualitative and mixed methods are also significantly preferred. The predominance of mixed methods studies, particularly in the YÖKTEZ database, suggests that researchers tend to examine the multidimensional nature of STEM education in greater depth. Furthermore, the prominence of both quantitative and qualitative methods in the Eric and Web of Science databases indicates methodological diversity in STEM education, but also highlights the prioritization of quantitative data. When examining the findings regarding sample groups, research predominantly focuses on students and teachers. A high proportion of student-focused studies address the impact of STEM education on learning outcomes. Studies with teachers and prospective teachers are particularly important in the context of teaching processes, pedagogical competencies, and professional development. In contrast, the limited number of studies conducted with academics and other stakeholders suggests that aspects such as developing STEM education policies, program design, and institutional structure are not adequately addressed. When considering data collection tools and analysis methods used, it is clear that quantitative research methods are more dominant in the literature. The widespread preference for scales and statistical analyses highlights measurable variables in studies on the STEM education approach. This, coupled with the emphasis on qualitative tools and methods such as interviews and content analysis, shows that researchers are striving to understand participant experiences and contextual factors. However, the lack of specification of data collection tools and analysis methods in some studies highlights the need for standardization in methodological reporting. When examining the findings regarding sample size, it is concluded that small and medium-sized groups are largely preferred in the research area. This indicates the importance given to classroom applications, experimental studies, and action research. However, the limited number of studies with large sample sizes can be considered a limitation in terms of the generalizability of the findings. When examining the subject areas, it is observed that the studies mostly focus on cognitive and affective domains. This suggests a tendency to examine the effects of STEM education on academic achievement, attitudes, and conceptual understanding levels. Practices based on a holistic, skill-based and interdisciplinary philosophy are considered the fundamental philosophy of the STEM approach, although it is thought that it has not yet become widespread in practice. This systematic review, which examines research conducted in the field of STEM education between 2020 and 2024, provides a comprehensive overview of the general trends in research. The findings show that studies in the field are largely based on quantitative methods, focusing particularly on cognitive and affective gains with small and medium-sized samples. However, the increasing trend towards qualitative and mixed methods over time reveals that STEM education has a multi-dimensional structure and is beginning to be addressed in depth. Based on the results obtained, it is recommended that future research in the field of STEM education should focus more on interdisciplinary integration, application-oriented, and skill-based studies. Furthermore, it is suggested that broader and more diverse stakeholder groups should be included. Furthermore, it is believed that preferring samples that include broader and more diverse stakeholder groups will increase the

generalizability of the obtained data. From a methodological perspective, the clear and consistent reporting of data collection tools and analysis methods will strengthen the scientific quality of the literature. In conclusion, this systematic review presents findings that guide researchers and practitioners by revealing research trends in STEM education; it draws attention to both the strengths and areas for improvement in the field.

IJTASE

A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF STUDIES ON METACOGNITION IN SCIENCE, PHYSICS, CHEMISTRY AND BIOLOGY EDUCATION

Hilal PALTA BENEK

Phd Student, Balıkesir University, Department of Mathematics and Science Education, Balıkesir, Turkey

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6522-8546>

hilalpalta9@gmail.com

Ayşe Gül ÇİRKİNOĞLU ŞEKERCİOĞLU

Associate Prof. Dr., Balıkesir University, Department of Mathematics and Science Education, Balıkesir, Turkey

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9474-2977>

acirkin@balikesir.edu.tr

Received: September 23, 2025

Accepted: January 12, 2026

Published: January 31, 2026

Suggested Citation:

Palta Benek, H., & Çirkinoğlu Şekercioğlu, A. G. (2026). A systematic literature review of studies on metacognition in science, physics, chemistry and biology education. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(1), 46-63.



Copyright © 2026 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Metacognition, the ability to be aware of, monitor, and, when necessary, regulate one's own thinking processes, is crucial in education as it enables students to manage their learning processes more consciously. In this study, articles related to metacognition in the Web of Science database between 2009 and 2025 were identified for the purpose of a systematic literature review of metacognition-themed research in science fields. These articles were screened according to inclusion and exclusion criteria, and the remaining 32 articles were examined. Publications in the field of cognitive science in the natural sciences have been found to be most prevalent in chemistry and science education, and least prevalent in physics and biology education. The participating groups have been found to consist predominantly of university-level teacher candidates and secondary school students. Sample sizes range from 30 to 950. In studies featuring quasi-experimental, experimental, and causal comparative designs, the metacognitive awareness inventory (MAI), problem-solving tests, reflective thinking forms, observations, and questionnaires are frequently used data collection tools. According to the findings of the study, incorporating metacognitive strategies into teaching processes has been found to enhance students' academic achievement, motivation, problem-solving, and self-regulation skills. Structured metacognitive activities have been found to be effective in reducing misconceptions and improving students' attitudes towards learning. It has been observed that supporting the sub-dimensions of metacognition, particularly planning, monitoring, evaluation and decision-making, in the educational process contributes to the development of scientific thinking and learning responsibility in students. Furthermore, it is recommended that metacognition-based teaching approaches in science subjects such as physics, chemistry and biology be systematically structured and that practical examples targeting these skills be increased in teacher training.

Keywords: Science education fields, metacognitive awareness, systematic literature review, metacognition.

INTRODUCTION

Cognition is the process by which knowledge is acquired in an individual's brain. It is a mental process that encompasses the skills necessary for encoding, storing and retrieving information (Anderson, 1990; Dökme & Koyunlu Ünlü, 2021; Hutner & Markman, 2016; Schraw et al., 2006). The concept of metacognition has been systematically addressed in cognitive psychology alongside Flavell's (1976; 1979) pioneering studies and has become a fundamental building block in explaining the nature of learning. Flavell (1979) defined metacognition as an individual's awareness, monitoring, and regulation of their own cognitive processes, emphasizing that this process plays a decisive role in learning.

Brown (1978) also defined metacognition as the learner consciously managing their cognitive strategies and controlling these processes according to their goals. Following these two foundational approaches, metacognition has become a broad conceptual framework encompassing numerous interrelated sub-dimensions in the literature, such as metacognitive awareness, metacognitive knowledge, metacognitive experience, cognitive monitoring, self-regulation, and comprehension

monitoring (Lai, 2011; Veenman, Van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006). In the constructivist approach to learning, how the process of structuring knowledge progresses is as important as the student's structuring of knowledge in determining the quality of learning. For this reason, metacognition emerges as an important concept in contemporary cognitive theories as a mechanism that directs and regulates the learning process (Brown, 1987; Flavell, 1979). Metacognition, although it gained a conceptual foundation in the 1970s through the work of Flavell and Brown, has been defined in science education literature over the past twenty years as one of the most critical cognitive processes that enhance the quality of learning (Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995). Recent studies indicate that metacognitive knowledge and metacognitive regulation strategies have a decisive impact on students' problem solving, conceptual understanding, scientific explanation development, and learning motivation (Dökme & Ünlü, 2019; González & Paoloni, 2020; Zion & Cohen, 2021).

The dimensions and components of metacognition have been identified by numerous researchers, but in the most general sense, metacognition is classified into the dimensions of metacognitive knowledge and metacognitive organization (Akin & Abacı, 2011; Brown, 1978; Değirmenci, 2025; Schraw & Moshman, 1995). Metacognitive knowledge refers to an individual's awareness of the cognitive skills they use while performing a task, their ability to monitor their progress in this process, and their knowledge and beliefs about available resources. This type of knowledge encompasses all mental stages that an individual plans and structures in relation to themselves and their environment, in pursuit of a specific cognitive goal. Individuals with metacognitive knowledge know when, where, and how to engage their metacognitive processes (Lucangeli & Cornoldi, 1997; Schraw & Moshman, 1995). The second dimension, which refers to metacognitive regulation, encompasses the decisions an individual makes while performing a given task and all the strategic activities carried out during this process. Metacognitive regulation consists of metacognitive skills such as predicting, planning, monitoring and evaluating (Brown, 1978; Jacobs & Paris, 1987; Lucangeli & Cornoldi, 1997; Schraw & Moshman, 1995; Veenman vd., 2020; Zepeda vd., 2020). Flavell (1979) addressed metacognition and cognitive control under four fundamental dimensions. These dimensions are defined as metacognitive knowledge, metacognitive experiences, goals (tasks) and processes (strategies).

Metacognitive knowledge refers to an individual's awareness of their own cognitive characteristics, the requirements of tasks, and the strategies that can be used to accomplish these tasks. This component encompasses individuals' understanding of what they know, how they learn, and which strategies are most effective in specific contexts (Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995).

Metacognitive experiences encompass the momentary awareness, emotions, and judgements that arise during cognitive activities. These experiences reflect individuals' subjective evaluations of their ongoing learning processes and play a critical role in regulating cognition by providing instantaneous internal feedback (Efklides, 2006; Flavell, 1979).

Goals or tasks express the outcomes that individuals aim to achieve during cognitive engagement and the expectations associated with these outcomes. The nature of these goals directly influences individuals' levels of cognitive effort and strategy selection (Flavell, 1979; Pintrich, 2002).

Processes and strategies encompass the cognitive and metacognitive processes individuals use to achieve their goals. These processes include planning, monitoring, evaluating, and revising the approach when necessary; all of these are central to metacognitive regulation (Flavell, 1979; Brown, 1987; Schraw et al., 2006). Taken together, these four components form an integrated structure that enables learners to manage their learning processes in a deliberate, controlled and goal-oriented manner.

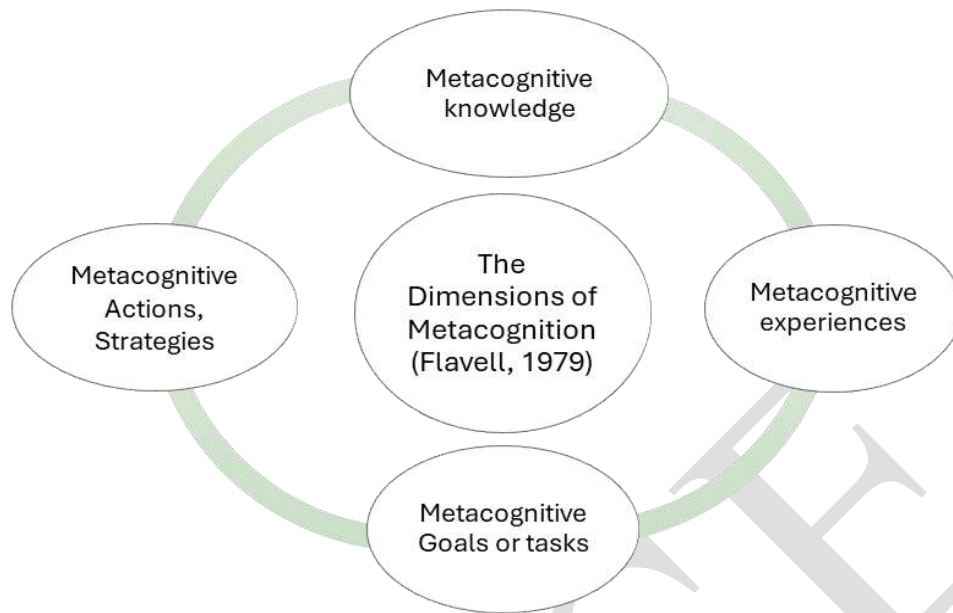


Figure 1. Flavell (1979), Schematic of the dimensions of metacognition.

Following Flavell, one of the researchers who made significant contributions to the field of metacognition was Brown. Brown (1987) addressed metacognition within the framework of two fundamental components: cognitive knowledge and cognitive regulation. Cognitive knowledge encompasses an individual's conscious reflection on their own cognitive abilities and mental activities, while cognitive regulation refers to an individual's self-regulatory behaviors in learning or problem-solving processes. According to Brown, although these two components are considered separately conceptually, they interact closely with each other in the learning process and play a mutually supportive role (Brown et al., 1983; Brown, 1987).

Brown's metacognitive model is presented in the diagram in Figure 2.

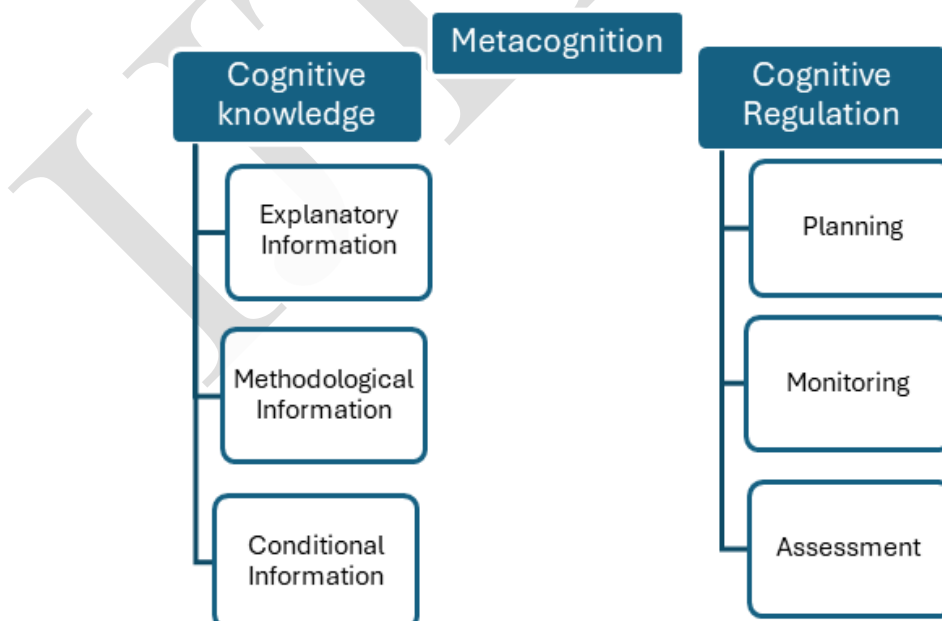


Figure 2. Brown's metacognitive model

Cognitive knowledge refers to an individual's awareness of their own cognitive processes, their recognition of these processes, and their ability to express the knowledge they possess about them. In other words, it is the ability to know what one knows and to consciously evaluate one's own knowledge; in this sense, it is also defined as "awareness of knowing" (Brown, 1987).

Declarative knowledge encompasses information about factors that influence an individual's learning process, their own learning characteristics, and their cognitive abilities. Procedural knowledge refers to an individual's ability to select an appropriate strategy for a specific cognitive task and to know how to implement the selected strategy (Schraw et al., 1995). In other words, it refers to the knowledge of which strategies to use and how to implement them in order to complete a task effectively and successfully (Aktürk et al., 2011). On the other hand, situational knowledge involves the individual being aware of the conditions, timing and purpose for which declarative and procedural knowledge should be used. This type of knowledge enables the individual to organise their cognitive activities in a manner appropriate to the situation (Schraw et al., 1995). Cognitive regulation refers to the process of controlling and directing an individual's cognitive processes. This process occurs through the individual monitoring their own thoughts, adjusting and evaluating them when necessary, and adapting the learning process accordingly. Cognitive regulation encompasses various cognitive activities such as goal setting, resource planning, attention management, problem-solving strategies, and performance evaluation. In this context, cognitive regulation offers a self-regulating structure that helps individuals consciously control and sustain their learning processes (Brown, 1987). Planning, monitoring and evaluation are considered fundamental metacognitive strategies in this process (Nazarieh, 2016).

Planning is the process whereby an individual determines appropriate strategies for solving a problem they encounter and makes the necessary arrangements for the learning process in advance. This process represents the preparatory stage that determines the direction and scope of learning (Nazarieh, 2016).

Monitoring is the process of evaluating the effectiveness of the learning or problem-solving process undertaken by the individual, questioning whether the strategies used are effective, and identifying potential errors in the process (Schraw et al., 1995).

Evaluation, on the other hand, refers to the process of reviewing an individual's performance at the end of the problem-solving process or throughout the process, thereby reorganizing the learning process (Brown, 1987).

The Purpose of Research

The aim of this research is to systematically review Web of Science (WoS) indexed studies addressing the concept of metacognition in science, physics, chemistry and biology education, thereby revealing research trends, methodological characteristics and prominent findings in the field. In this context, studies published between 2009 and 2025 were analyzed in terms of publication year, journal type and index, institutional distribution of authors, keywords used, research methods and designs, sample characteristics, data collection tools, and data analysis techniques. Furthermore, by evaluating the general trends and recommendations in the results obtained from the studies reviewed, the aim is to identify existing research gaps in the field of metacognition in the context of science education and to present conclusions that will guide future studies.

Problem

The concept of metacognition in science education has attracted increasing interest in recent years and has been the subject of numerous studies in the context of different age groups, teaching approaches and learning environments. Metacognition has gained an important place in science education literature because it involves the processes of planning, monitoring and evaluating learning. However, studies providing a comprehensive and systematic overview of which sample groups metacognitive research focuses on, which research designs are preferred, which data collection tools are used, and in which indices and countries the studies are published are limited. The lack of systematic examination

of methodological trends and research focuses on literature makes it difficult to identify the direction of development and existing gaps in metacognitive research. This situation necessitates the identification of current trends in the field of metacognition in science education and guidance for future research. In this context, this study aims to examine the publication characteristics, methodological preferences, participant groups, and data collection tools of metacognition research in science education.

Sub-problems

This study sought to answer two important questions.

- 1) What are the defining characteristics of articles dealing with metacognition?
 - What is the distribution of authors' affiliated institutions (Turkish/international)?
 - What is the distribution of articles by journal?
 - What is the distribution by year?
 - What are the most frequently used keywords in articles?
- 2) What are the methodological characteristics of articles dealing with metacognition?
 - How are the research methods and designs distributed?
 - What data collection tools were used?
 - What data analysis techniques were used?
- 3) How are the results and recommendations presented in the articles distributed?

METHOD

Research Model

This research is a study based on a systematic literature review model. The study systematically examined studies published in the Web of Science (WoS) database between 2009 and 2025 that addressed the topic of metacognition in science, physics, chemistry, and biology education according to specific criteria. The literature review and study selection process were structured in accordance with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) principles.

In this model, studies using the specified keywords were filtered according to inclusion and exclusion criteria, and suitable articles formed the data source for the research. The studies examined were analyzed in terms of their descriptive characteristics, methodological structures, and results/recommendations to reveal general trends in the field. In this context, the research is a descriptive systematic review study that aims to define and synthesize the existing literature.

Data Collection and Analysis

In this study, a total of 32 articles published in the Web of Science database between 2009 and 2025 were systematically reviewed. During data collection, 62 articles were accessed. The process followed in the study was reported according to the PRISMA flow chart.

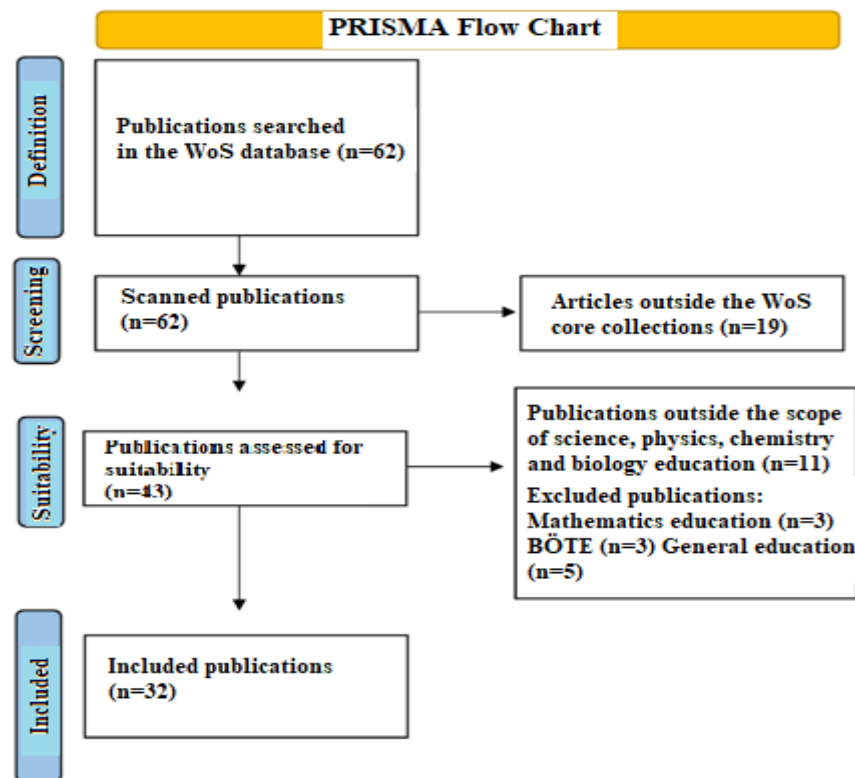


Figure 3. PRISMA flow diagram.

Keywords used in the systematic literature review conducted in the Web of Science (WoS) database: Metacognition, Science education, Physics education, Chemistry education, Biology education, “Metacognition” AND “Science Education”.

Data Analysis

In the analysis of the articles included in the study, the "Postgraduate Thesis Review Form" developed by Acar (2023) was used. According to this form, the studies were examined in three main dimensions: descriptive characteristics, methodological characteristics, and results-recommendations. In the descriptive analysis, the publication year of the articles, the journals in which they were published, the types of WoS indices, the institutional distribution of authors, and the keywords used were evaluated. In the methodological analysis, research methods and designs, sample groups and sizes, data collection tools, and data analysis techniques were considered. Finally, the findings, conclusions, and recommendations presented in the articles were examined in terms of content, and common trends and noteworthy themes were identified. The data obtained were analyzed using a descriptive analysis approach; the findings were presented visually through tables and graphs. During this process, "M" codes were assigned to each article to ensure a systematic review.

RESULTS

This section presents the findings of studies obtained from the Web of Science (WoS) database and included in the scope of the research. The descriptive and methodological characteristics of the studies examined, along with their conclusions and recommendations, are summarized with the aid of tables and graphs.

Descriptive Characteristics of the Studies

The question "What are the defining characteristics of articles dealing with metacognition?" was addressed. Four sub-questions were answered in relation to this. Sub-questions:

- What is the distribution of the authors' affiliations (Turkish/international)?
- What is the distribution of the articles according to the journals in which they were published?
- What is the distribution by year?
- What are the most frequently used keywords in articles?

This sub-heading presents findings regarding the descriptive characteristics of the studies examined within the scope of this research. The publication years of the studies, the journals in which they were published, and the metacognitive focus areas they address are summarized in Table 1.

Table 1. The defining characteristics of the studies

Code	Author(s)	Journal	Year	Key Focus / Topic
M1	Chang, et al.	Journal of Biological Education	2018	Inquiry-based learning, metacognition, central dogma
M2	Eticha, et al.	Journal of Science Education and Technology	2024	Biology, contextual analysis, metacognitive support, problem solving
M3	Zion & Cohen	Sustainability	2021	Metacognitive awareness, healthy eating, biology
M4	Arjaya et al.	International Journal of Instruction	2023	Digital literacy, metacognition, biology teacher candidates
M5	Zulfiani et al.	Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA	2020	Metacognitive attitudes, biology teacher candidates
M6	Dökme & Koyunlu-Ünlü	Research in Science Education	2019	Metacognition, problem solving, quantum physics
M7	Dori et al.	International Journal of Science Education	2018	Context-based learning, metacognitive cues
M8	Parlan et al.	International Journal of Instruction	2018	Metacognitive strategy, scientific explanation
M9	Heidbrink & Weinrich	Chemistry Education Research and Practice	2021	Metacognition, PCK, chemistry education
M10	Mathabathe & Potgieter	International Journal of Science Education	2017	Collaborative learning, metacognitive regulation
M11	Chia yu Wang	Research in Science Education	2014	Metacognitive assessment, performance level
M12	González & Paoloni	Chemistry Education Research and Practice	2020	Self-regulation, expectation-value, metacognition
M13	Sawuwu & Partana	International Journal of Instruction	2018	Chemical text reading, metacognition
M14	Vogelzang et al.	Instructional Science	2021	Scrum methodology, context-based learning
M15	Fuchs et al.	Journal of Chemical Education	2024	Programming education, metacognition
M16	Eticha, et al.	Journal of Science Education and Technology	2024	Metacognitive support, biology teaching
M17	Dökmecioğlu et al.	Educational Studies	2020	Critical thinking, metacognitive self-regulation
M18	Sagun & Prudente	Educational Action Research	2021	PDSA model, metacognition-oriented environment
M19	Zheng et al.	The Internet and Higher Education	2019	Group metacognition, collaborative learning
M20	Yerdelen-Damar & Eryılmaz	Research in Science Education	2019	Conceptual understanding, metacognition, physics
M21	Zohar & Barzilai	Studies in Science Education	2013	Metacognition, teacher knowledge
M22	Chen et al.	Educational Sciences	2024	Metacognition, science education
M23	Wang et al.	International Journal of Science Education	2025	Problem solving, metacognitive awareness
M24	Kuvac & Koç	Research in Science	2018	Metacognitive awareness, problem-based learning,

		Education		teacher candidates, science education, teacher training
M25	Yenice	Educational Sciences: Theory & Practice	2015	Epistemological beliefs, NOS, metacognition
M26	Tuononen et al.	Higher Education	2022	Metacognitive awareness, learning profiles
M27	Abd-El-Khalick & Akerson.	International Journal of Science Education	2009	Metacognitive strategy training, NOS
M28	Eticha et al.	The Journal of Educational Research	2024	Metacognitive framework, biology
M29	Angell et al.	CBE—Life Sciences Education	2024	Metacognitive assessment, exam success
M30	Dinçol-Özgür	European Journal of Psychology of Education	2024	Inquiry-based learning · Metacognitive thinking skills · Perception of problem-solving skills · Scientific writing intuitive method · Teaching experience
M31	Blackford et al.	Chemistry Education Research and Practice	2023	Organic chemistry, metacognitive regulation
M32	Espinosa et al.	Journal of Chemical Education	2024	Conceptual analysis, concept inventory

This table presents studies published in the Web of Science (WoS) database between 2009 and 2025 that address the topic of metacognition in the fields of science, physics, chemistry, and biology education. The studies were coded M1–M32 during the analysis process.

Within the scope of the research, the diagram in Figure 4 answers the question, "What is the distribution of the institutions to which the authors are affiliated (Turkish/international)?"

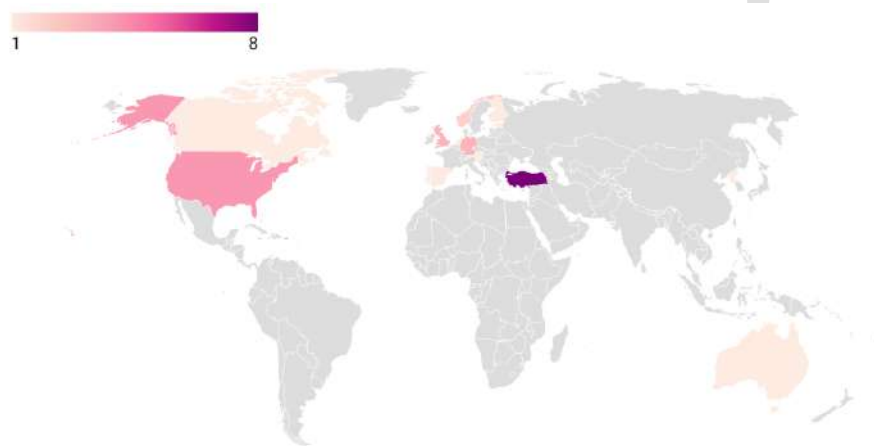


Figure 4. Distribution of authors' affiliated institutions by country.

Figure 4 shows that research on metacognition is concentrated in certain countries. It is particularly noteworthy that Turkey has the highest number of publications. Turkey is followed by the United States and some European countries. When the map is considered as a whole, it can be seen that the studies are largely concentrated in North America and Europe, with other continents being represented to a more limited extent. This distribution shows that metacognitive research is concentrated in certain academic centers but is also addressed to a certain extent in different countries.

Based on the table, the distribution of journals in which the studies were published is shown in the graph in Figure 5.

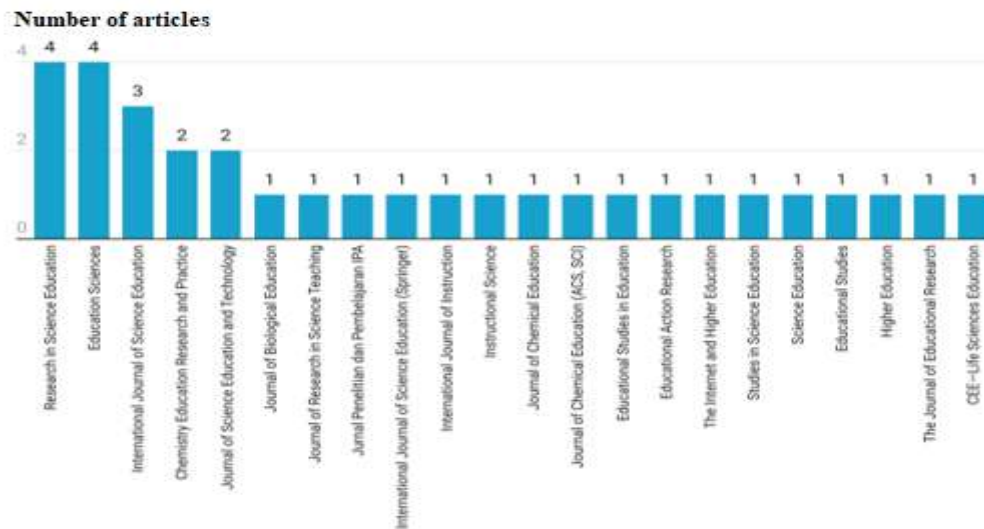


Figure 5. Distribution of Journals in Which Articles Were Published

The findings indicate that research is predominantly concentrated in journals that hold a central position in the field of science education, such as Research in Science Education, Education Sciences, and the International Journal of Science Education. However, a significant number of studies are also published in discipline-based journals such as Chemistry Education Research and Practice, the Journal of Chemical Education, and the Journal of Science Education and Technology. Furthermore, the presence of individual publications in numerous journals demonstrates that metacognitive research is not limited to specific core journals; rather, it is disseminated through a broad network of publications across different educational contexts and disciplines. It shows the distribution of studies related to metacognition examined within the scope of the research according to Web of Science (WoS) index types. The WoS indexes included in the studies are presented under three categories: SSCI, ESCI, and SCI. These categories are shown in Figure 6.

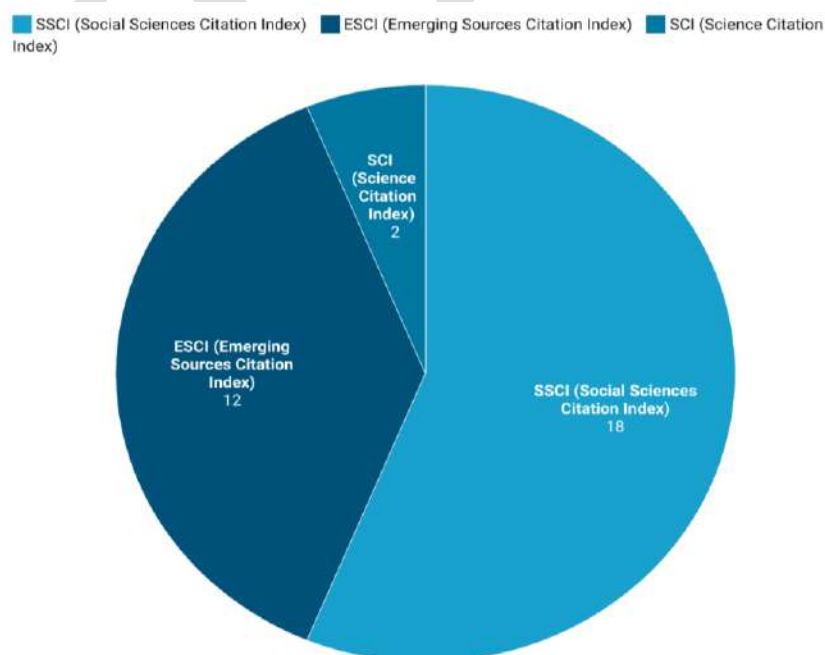


Figure 6. Distribution according to the Web of Science Index

The review revealed that a significant proportion of the studies included in the research were indexed in the SSCI (Social Sciences Citation Index). This finding indicates that metacognition is predominantly addressed in the social sciences and particularly in science education. The fact that a significant portion of the studies were indexed in the ESCI (Emerging Sources Citation Index) reveals that metacognition research is also being addressed with increasing interest in new journals. Conversely, the limited number of studies indexed in the SCI (Science Citation Index) indicates that the topic of metacognition is primarily addressed in the context of education and social science-based research.

The frequency distribution of studies on metacognition examined within the scope of the research is shown according to keyword groups. Keywords used in the studies have been classified under specific groups, taking into account their conceptual similarities. These classifications are shown in Figure 7.

Distribution of Data Collection Tools

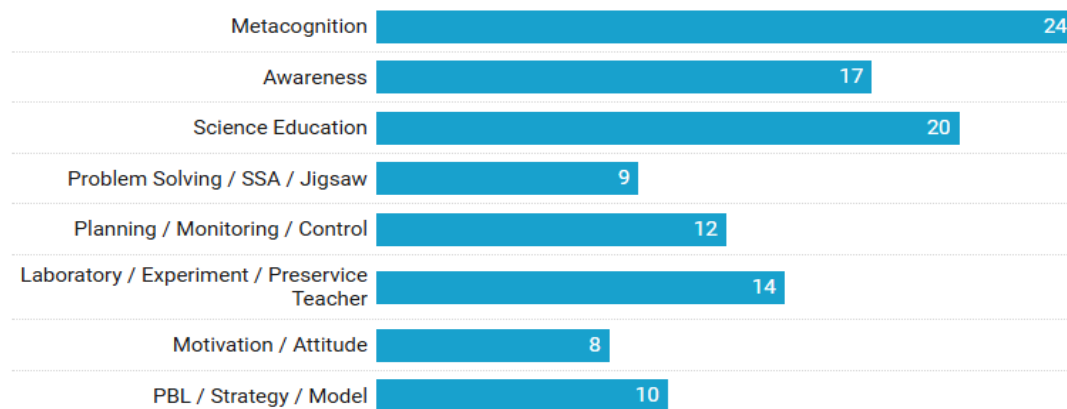


Figure 7. Frequency graph of keyword groups.

Figure 7 Shows the distribution of studies related to metacognition examined within the scope of the research according to participant groups. Among the keyword groups, expressions focused on "metacognition" and "science education" have the highest frequency. This finding indicates that the studies examined are directly structured around the concept of metacognition and are predominantly addressed in the context of science education. The high frequency of the keyword group "Awareness" indicates that the cognitive awareness dimension is an important focus in metacognitive research. In contrast, keywords involving metacognitive regulatory processes such as problem solving and planning/monitoring/control are represented at a moderate level. Furthermore, the low frequency of keyword groups focusing on application and instructional design, such as laboratory/experiment, teacher candidate, and PBL/strategy/model, indicates that research on application and instructional models in metacognitive studies is limited. Similarly, the relatively low frequency of motivation/attitude-focused keywords reveals that the relationship between metacognition and emotional variables is less addressed in literature.

Methodological Characteristics of Studies

A table has been created addressing the research question: "What are the methodological characteristics of articles dealing with metacognition?"

The table seeks answers to the following questions:

- Who comprises the sample groups?
- How are they distributed according to research methods and designs?
- What data collection tools were used?

Table 2. Methodological characteristics of studies

Code	Participant Group	Research Method / Design	Data Collection Tools
M1	Undergraduate students (chemistry/physics)	Quasi-experimental	Problem-solving inventory, Metacognitive awareness inventory
M2	Pre-school children and their teachers	Mixed method	Observation, questionnaire, reflection journal
M3	Science teacher candidates	Experimental (controlled)	Metacognitive Awareness Inventory
M4	Undergraduate students (multidisciplinary)	Quantitative (descriptive)	HowULearn survey (approach + metacognitive items)
M5	Secondary school pupils (5 and 9 grade)	Causal comparative	Metacognitive Awareness Scale, TIMSS-like test
M6	Science teacher candidates	Causal comparative	Rubric, survey, observation
M7	University students	Quasi-experimental	MAI, pre-test post-test
M8	Science teacher candidates	Model design research	Expert opinion (IOC)
M9	Science teacher candidates	Experimental (comparative)	VNOS-C, MAI
M10	Science teacher candidates	Experimental	SPST (skill test), reflection forms
M11	Secondary school pupils (7th grade)	Experimental (jigsaw)	Academic achievement test, MAI, motivation scale
M12	High school students	Experimental	Motivation and achievement scales
M13	Undergraduate biology students	Experimental	Grade prediction, MAI, exam success
M14	High school chemistry students	Case study	Reflection routine, One Minute Paper
M15	Chemistry undergraduates	Mixed method (program development)	Student self-assessments, test predictions
M16	Organic chemistry students	Qualitative (interview + observation)	Think-aloud, strategy report
M17	High school chemistry students (Nigeria)	Correlational	MAI, academic control focus scale
M18	Science teacher candidates	Measurement using a three-stage test	Three tail concept test + confidence judgement
M19	Chemistry undergraduates	Case study	Program interview, observation, survey
M20	Prospective chemistry teachers	Quasi-experimental	Metacognition + problem-solving scales
M21	Science teacher candidates	Mixed method	Metacognition development application post-scale
M22	Science teacher candidates	Experimental	Post-laboratory questionnaire + interview
M23	Undergraduate biology students	Experimental (comparative)	Concept knowledge + metacognitive exam questions
M24	High school students	Qualitative case study	Observation, report, student reflection
M25	Chemistry undergraduates	Mixed method	Feedback, prediction, self-assessment, DK analysis
M26	Organic chemistry students	Qualitative interview	Thinking of strategies and solution analysis
M27	Prospective chemistry teachers	Three tail tests	Conceptual knowledge + confidence judgement
M28	Undergraduate biology students	Experimental	Metacognitive preparatory assignments
M29	High school students	Case study	Reflective routines, post-intervention interview
M30	Prospective chemistry teachers	Mixed method	Survey, interview, teaching activities
M31	Chemistry undergraduates	Program development	Task lists, confidence estimation, test estimation

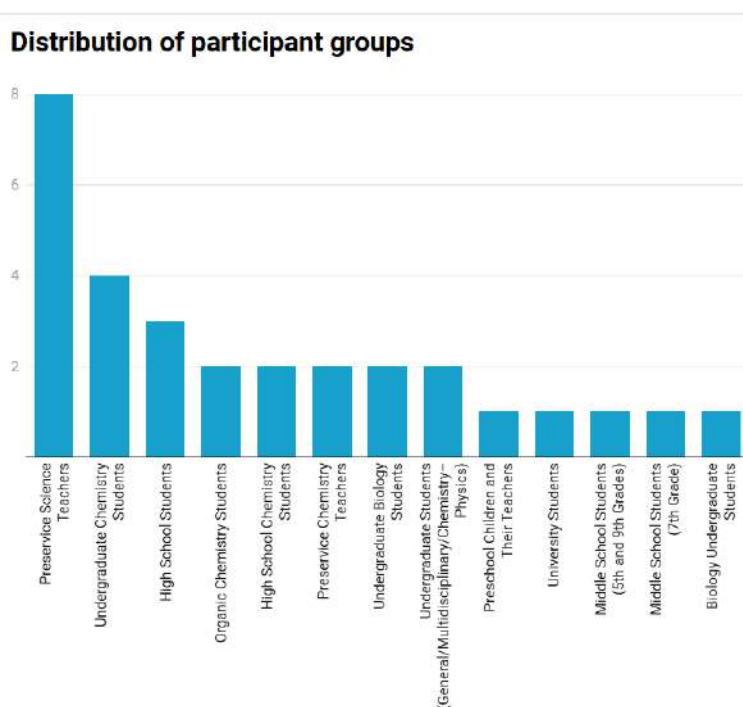


Figure 8. Distribution of relevant studies according to participant groups.

Figure 8 shows that most studies have been conducted on science teacher candidates. This group is followed by undergraduate chemistry students and secondary school students. The findings indicate that metacognitive research has focused predominantly on teacher candidates and students at the higher education level.

Discipline-based groups such as organic chemistry students, secondary school chemistry students and undergraduate biology students are moderately represented. In contrast, groups such as pre-school children, secondary school students and general university students are represented in a more limited number of studies.

In general, it is observed that metacognitive research sample preferences tend towards groups of students with teacher training and subject expertise, while they are addressed to a more limited extent in younger age groups and at different educational levels.

Figure 8 shows the distribution of studies related to metacognition examined in this research according to their research model/design.

Research Model Distribution

■ Mixed Method
 ■ Qualitative
 ■ Experimental
 ■ Survey/Descriptive
 ■ Other

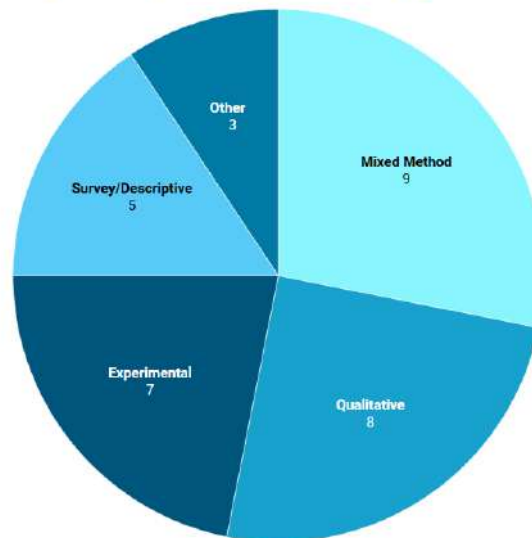

Figure 9. Distribution of research models

Figure 9 shows that most studies employed a mixed-methods approach. This was followed by qualitative research and experimental studies. This finding indicates that both process-oriented in-depth data collection and intervention-based experimental designs play an important role in metacognitive research. Descriptive studies are more limited in number, and studies in the "other" category are relatively underrepresented. Overall, it is evident that no single methodological approach dominates the field of metacognition; rather, there is a balanced methodological distribution involving the combined use of quantitative, qualitative, and mixed designs.

Figure 10 shows the distribution of data collection tools used in metacognitive research in science education.

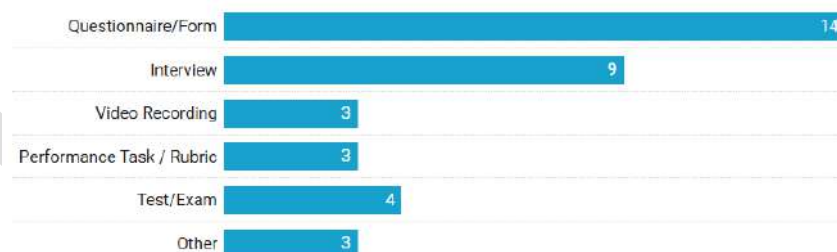
Distribution of Data Collection Tools

Figure 10. Distribution of data collection tools

Figure 10 shows that the most frequently used data collection tool in metacognition research is the questionnaire/form. Questionnaires are followed by interviews and tests/exams, respectively. This finding indicates that self-report-based measurement tools are predominantly preferred in metacognition studies. It is noteworthy that video recordings, performance tasks/assessment scales and tools in the "other" category are used less frequently. This indicates that process-oriented and performance-based measurements are relatively less common in literature. In general, it is understood that quantitative and self-report-based data collection tools are predominant in metacognitive research; conversely, observational and performance-based data collection methods are used to a more limited extent. Within the scope of this research, data is presented in Table 3 to answer the third sub-question: "How are the results and recommendations presented in the articles distributed?"

Table 3. Results and recommendations of the studies.

Results	Articles
Increased Metacognitive Awareness and Skills	M12, M14, M16, M18, M22, M25, M31
Metacognition Positively Affects Success, Problem Solving and Scientific Process Skills	M12, M21, M24, M26, M30
Metacognition Has a Greater Effect on Students with Low Achievement Levels	M24, M28, M31
Differences in the Use of Metacognitive Strategies	M15, M16, M17, M28
Meaningful Relationships Exist Between Metacognition and Epistemological Beliefs and the Nature of Science	M20, M29
Reflection, Discussion and Structured Feedback are Effective for the Development of Metacognition	M23, M25, M27, M31
Metacognition Can Be Taught and Should Be Included in Teaching Programmes	The common conclusion drawn from all the articles

Table 3 reveals the following findings. The majority of the studies aim to increase participants' (students or teacher candidates) metacognitive awareness levels and develop their metacognitive skills. (For example, M12, M14, M16, M18, M20, M22, M24, M25). Numerous studies have investigated the effects of teaching approaches such as problem-based learning (PBL), jigsaw, structured laboratory, model-based teaching, and reflective thinking on metacognition. (For example, M12, M14, M18, M21, M22, M23, M25). Some studies examine how metacognition relates to variables such as academic achievement, scientific process skills, problem solving, motivation and attitude. (For example, M16, M20, M21, M24, M26, M30). Some studies aim to reveal the relationships between metacognition and deeper cognitive structures such as epistemological beliefs, socio-scientific argumentation, and understanding of natural sciences. (For example, M17, M20, M29). A limited number of studies aim to develop models, programmes or measurement tools to enhance metacognitive skills. (For example, M19, M27). A small number of studies have conducted qualitative research aimed at gaining a deeper understanding of how and why students use metacognitive strategies. (For example, M28, M31). The common recommendation of the studies is that metacognition can be taught directly to both students and teacher candidates and should therefore be explicitly and systematically incorporated into education programmes. (For example, a common conclusion from all articles).

DISCUSSION, CONCLUSION, and RECOMMENDATIONS

This study examines trends in metacognition research in science education in terms of publication distribution, country representation, research model, participant groups, and data collection tools. It demonstrates that metacognition studies are concentrated in specific journals and sample groups (Chia yu Wang, 2014; Dökme & Koyunlu Ünlü, 2019; Kuvac & Koç, 2018; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019). Looking at the distribution of publications, it can be seen that the studies are predominantly published in journals that hold a central position in the field of science education. This indicates that metacognition has become an established field of research with a strong theoretical foundation in science education literature. However, the concentration of publications in the SSCI index reveals that the subject is addressed within a social sciences and education-based framework (Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L., 2009; Chen et al., 2024; Chia yu Wang, 2014; Dori et al., 2018; Dökme & Koyunlu Ünlü, 2019; Kuvac & Koç, 2018; Mathabathe & Potgieter, 2017; Wang et al., 2025; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019). Looking at the country distribution, it can be seen that the studies are concentrated in certain academic centres. This shows that, although metacognitive research is widespread globally, it is addressed more systematically in certain research cultures (Dökme & Koyunlu Ünlü, 2019; Dökmecioğlu et al., 2020; Kuvac & Koç, 2018; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019).

Methodologically, mixed methods and qualitative studies are prominent (Eticha et al., 2024; Fuchs et al. 2024; Kuvac & Koç, 2018; Yenice, 2015; Zohar & Barzilai, 2013), while experimental studies have an important but more limited share (Chang, et al., 2018; Chen et al., 2024; Chia yu Wang, 2014; Dori et al., 2018; Eticha et al., 2024; Heidbrink & Weinrich, 2021; Parlan et al., 2018; Wang et al., 2025; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019; Zion & Cohen, 2021). This finding indicates that

metacognition has been addressed using both process-based and intervention-based research approaches. However, the predominance of questionnaire and self-report scales in data collection tools is noteworthy (Dökme & Koyunlu-Ünlü, 2019; Eticha et al., 2024; Fuchs et al., 2024; Yenice, 2015; Zheng et al., 2019). This demonstrates that these self-assessment tools are widely used in measuring metacognition (Fuchs et al., 2024; Yenice, 2015).

In terms of participant groups, the research primarily focuses on teacher candidates and undergraduate students (Abd-El-Khalick, & Akerson, 2009; Arjaya et al., 2023; Blackford et al., 2023; Chang et al., 2018; Chen et al., 2024; Dori et al., 2018; Dökme & Koyunlu-Ünlü, 2019; Dinçol-Özgür, 2024; Eticha et al., 2024; Fuchs et al., 2024; Heidbrink & Weinrich, 2021; Mathabathe & Potgieter, 2017; Parlan et al., 2018; Sagun & Prudente, 2021; Sawuwu & Partana, 2018; Tuononen et al., 2022; Wang et al., 2025; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019; Yenice, 2015; Zheng et al., 2019; Zion & Cohen, 2021; Zohar & Barzilai, 2013). Early childhood (Eticha et al., 2024) and secondary school (Chia yu Wang, 2014; Zulfiani et al., 2020) and high school (Angell et al., 2024; Dökmecioğlu et al., 2020; González & Paoloni, 2020; Kuvac & Koç, 2018; Vogelzang et al., 2021) levels indicates a need for further research in these areas.

The vast majority of studies aim to increase participants' (students or trainee teachers) metacognitive awareness levels and develop their metacognitive skills (Chen et al., 2024; Eticha et al., 2024; González & Paoloni, 2020; Kuvac & Koç, 2018; Sagun & Prudente, 2021; Vogelzang et al., 2021; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019; Yenice, 2015). Numerous studies have investigated the effects of teaching approaches such as problem-based learning (PBL), jigsaw, structured laboratory, model-based teaching, and reflective thinking on metacognition (Chen et al., 2024; González & Paoloni, 2020; Sagun & Prudente, 2021; Vogelzang et al., 2021; Wang et al., 2025; Yenice, 2015; Zohar & Barzilai, 2013). Some studies examine how metacognition relates to variables such as academic achievement, scientific process skills, problem solving, motivation and attitude (Dinçol-Özgür, 2024; Eticha et al., 2024; Kuvac & Koç, 2018; Tuononen et al., 2022; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019; Zohar & Barzilai, 2013). Some studies aim to reveal the relationships between metacognition and deeper cognitive structures such as epistemological beliefs, socio-scientific argumentation, and understanding of natural sciences (Angell et al., 2024; Dökmecioğlu et al., 2020; Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019). A limited number of studies aim to develop models, programmes or measurement tools to enhance metacognitive skills (Abd-El-Khalick, & Akerson, 2009; Zheng et al., 2019). A small number of studies have conducted qualitative research aimed at gaining a deeper understanding of how and why students use metacognitive strategies. (Blackford et al., 2023; Eticha et al., 2024).

The common recommendation of the studies is that metacognition can be taught directly to both students and teacher candidates and should therefore be explicitly and systematically incorporated into education programs. This study reveals that metacognitive research in science education has developed in line with certain methodological and sampling trends. Although the field exhibits methodological diversity, it largely relies on self-report-based approaches in terms of measurement tools. Furthermore, teacher candidates and higher education graduates dominate the selection of samples.

REFERENCES

- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The Influence of Metacognitive Training on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161–2184. <https://doi.org/10.1080/09500690802563324>
- Aktürk, A.O. ve Şahin, İ. (2011). Üstbiliş ve bilgisayar öğretimi, *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(1), 383-407. https://www.researchgate.net/publication/313676763_USTBILIS_VE_BILGISAYAR_OGRETIMI
- Anat Zohar & Sarit Barzilai (2013) A review of research on metacognition inscience education: current and future directions, *Studies in Science Education*, 49:2, 121-169, DOI:10.1080/03057267.2013.847261
- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive psychology and its implications* (3rd ed.). NewYork: Freeman

- Angell, D. K., Lane-Getaz, S., Okonek, T., & Smith, S. (2024). Metacognitive exam preparation assignments in an introductory biology course improve exam scores for lower ACT students compared with assignments that focus on terms. *CBE—Life Sciences Education*, 23(1), 1-14. <https://doi.org/10.1187/cbe.22-10-0212>
- Arjaya, I. B. A., Hermawan, I. M. S., Ekayanti, N. W., & Paraniti, A. A. I. (2023). Metacognitive contribution to biology pre-service teacher's digital literacy and self-regulated learning during online learning. *International Journal of Instruction*, 16(1), 455-468. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16125a>
- Dökmecioğlu, B., Tas, Y. & Yerdelen, S. (2020): Predicting students' critical thinking dispositions in science through their perceptions of constructivist learning environments and metacognitive self-regulation strategies: a mediation analysis, *Educational Studies*, 48(6), 809-826. <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1833838>
- Blackford, K. A., Greenbaum, J. C., Redkar, N. S., Gaillard, N. T., Helix, M. R., & Baranger, A. M. (2023). Metacognitive regulation in organic chemistry students: how and why students use metacognitive strategies when predicting reactivity. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(3), 828-851. DOI: 10.1039/D2RP00208F
- Brown, A. L. (1978). Knowing When, Where, and How to Remember: A Problem of Metacognition. *Advances in Instructional Psychology*, 1, 77-165.
- Brown, A. L., Bransford, J., Ferrara, R., & Campione, J. (1983). *Learning, remembering, and understanding*. In P.H. Mussen (Series Ed.) J. Flavell, E. Markman (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology*, Vol. 3. Cognitive development (pp. 77-166). New York: Wiley.
- Brown, A. L. (1987). *Metacognition, Executive Control, Self-regulation, and Other More Mysterious Mechanisms*. F. E. Weinert, R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation, and Understanding* (65-116). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chang, P. S., Lee, S. H., & Wen, M. L. (2020). Metacognitive inquiry activities for instructing the central dogma concept: button code' and 'beaded bracelet making.' *Journal of Biological Education*, 54(1), 47–62. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1546756>
- Chen, S., Geesa, R. L., Song, H. S., & Izci, B. (2024). The association between early childhood teachers' metacognitive awareness and science teaching efficacy in head start settings. *Early Childhood Education Journal*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10643-024-01808-4>
- Dinçol Özgür, S. (2024). The effects of prospective chemistry teachers' laboratory teaching experiences on their metacognitive thinking skills and perceptions of problem-solving skills. *European Journal of Psychology of Education*, 39(3), 2057-2082. <https://doi.org/10.1007/s10212-023-00760-y>
- Dökme, İ., Koyunlu Ünlü, Z. (2021). The Challenge of Quantum Physics Problems with Self-Metacognitive Questioning. *Research in Science Education*, 51 (2), 783–800. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9821-4>
- Espinosa, A. A., Koperová, D., Kuhnová, M., & Rusek, M. (2024). Preservice Chemistry Teachers' Conceptual Understanding and Confidence Judgment: Insights from a Three-Tier Chemistry Concept Inventory. *Journal of Chemical Education*, 102(1), 53-65. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01146>
- Eticha, M. D., Hunde, A. B., & Ketema, T. (2024). Designing a context-driven problem-solving method with metacognitive scaffolding experience intervention for biology instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 33(6), 811-822. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10107-x>
- Fuchs, W., McDonald, A. R., Gautam, A., & Kazerouni, A. M. (2024). Recommendations for improving end-user programming education: A case study with undergraduate chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3085–3096. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00219>
- González, A., & Paoloni, P.-V. (2015). Perceived autonomy-support, expectancy, value, metacognitive strategies and performance in chemistry: a structural equation model in undergraduates. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 640–653. <https://doi.org/10.1039/C5RP00058K>
- Heidbrink, A., & Weinrich, M. (2021). Undergraduate chemistry instructors' perspectives on their students' metacognitive development. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 182-198. DOI:10.1039/D0RP00136H
- Hutner, T. L., & Markman, A. B. (2016). Department-level representations: a new approach to the study of science teacher cognition. *Science Education*, 100(1), 30–56. <https://doi.org/10.1002/sce.21186>
- Kuvac, M., & Koc, I. (2019). The effect of problem-based learning on the metacognitive awareness of pre-service science teachers. *Educational Studies*, 45(5), 646–666. <https://doi.org/10.1080/03055698.2018.1509783>
- Lai, E. R. (2011). *Metacognition: A literature review*. Pearson Research Report. Pearson.
- Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (1997). Mathematics and Metacognition: What Is the Nature of the Relationship? *Mathematical Cognition*, 3(2), 121–139. <https://doi.org/10.1080/135467997387443>

- Mathabathe, K., & Potgieter, M. (2017). Manifestations of metacognitive activity during the collaborative planning of chemistry practical investigations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 752–761. <https://doi.org/10.1039/C7RP00010C>
- Nazarieh, M. (2016). A brief history of metacognition and principles of metacognitive instruction in learning. *BEST: Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences*, 2(2), 61-64. https://www.researchgate.net/publication/305996176_A_BRIEF_HISTORY_OF_METACOGNITION_AND_PRINCIPLES_OF_METACOGNITIVE_INSTRUCTION_IN_LEARNING
- Parlan, P., Ibnu, S., Rahayu, S. & Suharti, S. (2018). Effects of the Metacognitive Learning Strategy on the Quality of Prospective Chemistry Teacher's Scientific Explanations. *International Journal of Instruction*, 11(4), 673-688. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11442a>
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching and assessing. *Theory into Practice*, 41(4), 219-225. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3
- Sagun, R. D., & Prudente, M. (2023). Applying the plan-do-study-act (PDSA) action research model to re-structure the science classroom conforming to the metacognitive orientation standards. *Educational Action Research*, 31(1), 61–77. <https://doi.org/10.1080/09650792.2021.1894964>
- Sawuwu, B. Y., & Partana, C. F. (2018). Exploring Metacognitive Judgment of Chemistry Teacher Candidates on Chemical Reading Activity. *International Journal of Instruction*, 11(4), 75-92. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1146a>
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351–371. DOI:10.1007/BF02212307
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: metacognitions part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111–139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Tuononen, T., Hyytinen, H., Räisänen, M., Hailikari, T., & Parpala, A. (2023). Metacognitive awareness in relation to university students' learning profiles. *Metacognition and Learning*, 18(1), 37-54. <https://doi.org/10.1007/s11409-022-09314-x>
- Veenman, M.V.J., Van Hout-Wolters, B.H.A.M. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition Learning*, 1, 3–14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Vogelzang, J., Admiraal, W. F. & van Driel, J. H. (2021). Scrum methodology in context-based secondary chemistry classes: effects on students' achievement and on students' perceptions of affective and metacognitive dimensions of their learning. *Instructional Science*, 49 (5), 719-746. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09554-5>
- Wang, J. R., Chen, S. F., Fang, I., & Chou, C. T. (2014). Comparison of Taiwanese and Canadian students' metacognitive awareness of science reading, text, and strategies. *International Journal of Science Education*, 36(4), 693-713. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.826841>
- Wang, K., Zhang, L. J., & Cooper, M. (2025). Metacognitive instruction for improving the effectiveness of collaborative writing for EFL learners' writing development. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 34(2), 661-673. <https://doi.org/10.1007/s40299-024-00886-7>
- Dori, Y. J., Avargil, S., Kohen, Z. & Saar, L. (2018): Context-based learning and metacognitive prompts for enhancing scientific text comprehension, *International Journal of Science Education*, 40(10), 1198–1220. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470351>
- Yenice, N. (2015). An Analysis of Science Student Teachers' Epistemological Beliefs and Metacognitive Perceptions about the Nature of Science. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(6), 1623-1636. DOI:10.12738/estp.2015.6.2613
- Yerdelen-Damar, S., Eryilmaz, A. (2021). Promoting Conceptual Understanding with Explicit Epistemic Intervention in Metacognitive Instruction: Interaction Between the Treatment and Epistemic Cognition. *Research in Science Education*, 51(2), 547–575. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9807-7>
- Zepeda, C. D., Richey, J. E., Ronevich, P., & Nokes-Malach, T. J. (2015). Direct instruction of metacognition benefits adolescent science learning, transfer, and motivation: An in vivo study. *Journal of Educational Psychology*, 107(4), 954–970. <https://doi.org/10.1037/edu0000022>
- Zheng, L., Li, X., Zhang, X., & Sun, W. (2019). The effects of group metacognitive scaffolding on group metacognitive behaviors, group performance, and cognitive load in computer-supported collaborative learning. *The Internet and Higher Education*, 42, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2019.03.002>
- Zion, M., & Cohen, H. (2021). Drinking-related metacognitive guidance contributes to students' expression of healthy drinking principles as part of biology teaching. *Sustainability*, 13(4), 1939. <https://doi.org/10.3390/su13041939>

Zulfiani, Z., Herlanti, Y. & Yunistika, R. (2020). Investigating metacognitive attitude of high school biology teachers.
Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.30870/jppi.v6i1.6240>

,

IJTASE