

Investigation of the Effectiveness in the Methods Used for Teaching Subject of Matter and its Nature: A Meta-Analysis Study

Ozge Gokturk¹, Sedat Kanadli²**About the Article**

Received: 22.04.2022
Accepted: 06.01.2023
Published: 01.05.2023

Keywords

Academic achievement
Matter and its nature
Meta-analysis
Meta-regression
Moderator analysis

Abstract

The aim of this study is to determine the method and approach with the highest effect size by examining the most common methods and approaches used in teaching the subject area of matter and nature. For this purpose, 38 experimental studies that were conducted in Turkey between 2000-2020 and met the inclusion criteria were analyzed using the meta-analysis method. Hedges g index was used for the effect sizes of individual studies. The effect sizes of individual studies were combined with the random effects model to calculate the overall effect size. As a result of the meta-analysis, the overall effect size was determined as moderate ($g=0.754$) and significant ($p<.05$). The heterogeneity test performed to determine the significance of the variance between the effect sizes was found to be significant ($p<.05$). In order to determine the source of the variance, categorical moderator analysis was performed according to the method and approach, teaching level and publication type. As a result of this test, it was determined that the type of method was a significant moderator and the education level and the type of publication were not significant. As a result of meta-regression to determine whether the application duration of the experimental procedure is a significant predictor of the effect sizes, it was determined that the application time was not a significant predictor ($p<.05$).

For Citation

Gokturk, O. & Kanadli, S. (2023). Investigation of the effectiveness in the methods used for teaching subject of matter and its nature: A meta-analysis study. *Journal of Mugla Sıtkı Kocman University Faculty of Education [MSKU]*, 10(1), 85-102. DOI: 10.21666/muefd.1107405

Chemistry, a branch of the natural sciences, particularly studies the structures of substances and their interactions with each other. The study of the nature of matter is important to the science of chemistry in terms of understanding nature. This effort to understand nature occupies a wide place among the subjects of the Science and Technology lesson. When the Science Education Curriculum published by the Ministry of National Education is examined, approximately 19% of the total lesson time of this lesson is made up of the subject area of matter and its nature. This subject area is encountered by students at almost every stage of the education system, from primary school to university. However, it is known that it is difficult to understand this subject at every level of education because various studies have shown that students at all levels, even chemistry and science teachers, have significant misconceptions and incorrect concepts about this subject (Adadan, 2014; Adadan, 2013; Ultay and Calik, 2012; Adadan et al., 2010; Calik et al., 2006; Ayas and Ozmen, 2002; Demircioglu, 2003; Ozmen, Ayas and Costu, 2002; Ayas, 1995). The reason for encountering so many difficulties in understanding the particulate nature of matter is due to its abstract structure (Adadan et al., 2010; Calik and Ayas, 2002; Demircioglu et al., 2012; Doymus, 2007; Karacop, 2016; Ultay and Calik, 2012).

One of the sources of widespread misconceptions about matter and its nature among students is the possibility that they may think that matter is continuous rather than particulate based on the events they see in their environment before they receive school education. Students mention that they cannot compress solids and liquids as the reason for these thoughts (Ayas and Ozmen, 2002; Griffiths and Preston, 1992). Therefore, when the field literature is examined, many misconceptions about the particulate nature of matter possessed by students are reported (Azizoglu and Geban 2004; Margel et

¹ MEB, Aydıncık ÇPAL – ozgegokturk@hotmail.com- ORCID No: 0000-0002-2600-6510

² Mersin University– sedatkanadli@gmail.com- ORCID No: 0000-0002-0905-8677

al., 2004; Boz, 2006; Altinyuzuk, 2008; Miller, 2008; Aydin and Akgun, 2009; Kariper, 2013; Cayan and Karsli, 2015). The most common of these misconceptions are: (i) atoms and molecules have macroscopic properties. (ii) Molecules are of visible size. (iii) All atoms are spherical in shape. (iv) When matter is heated, its mass decreases, so the solid state of water is the heaviest and the gaseous state is the lightest. (v) During a change of state, intra-molecular bonds are broken. (vi) The particles of water are water droplets. (vii) The water molecule is of visible size. (viii) Particles in the solid state are stationary. (ix) Atoms can be seen under a microscope. (x) There are bonds between particles in the liquid state, but no bonds in the solid state. (xi) Gases have no mass, etc.

These misconceptions about matter and its nature also negatively affect the academic achievement of students. There are various studies in the literature aimed at reducing the failure caused by incorrect and incomplete learning to a minimum by using various teaching methods (Karacali, 2022; Can and Gersil, 2021). These studies indicate that in order to overcome these learning difficulties and correctly understand chemistry and increase academic achievement, it is necessary to correctly understand and relate the three dimensions of chemistry, namely the micro, macro, and symbolic dimensions (Jaber and Boujaoude, 2012; Treagust et al., 2003). The macro dimension is concerned with observable phenomena, situations, and experiences; the micro dimension is concerned with invisible particles, structural formulas, and images created in the mind; and the symbolic dimension is concerned with mathematical expressions and graphs such as chemical equations and graphs (Cavdar et al., 2016; de Berg, 2012; Calik et al., 2006; Ozmen and Ayas, 2003). Examples of events occurring in the macro dimension include the shape, color, and changes of state of matter; events occurring in the micro dimension include the movements of atoms and molecules, electron transfer, etc.; and examples from the symbolic dimension include the symbols of elements, formulas of compounds, and chemical equations (Talanquer, 2011).

In order for chemistry to be fully and correctly understood, the three dimensions must be properly related to each other (Okumus and others, 2017; Talanquer, 2011; Pekdag and Le Maréchal, 2010). Studies have shown that students are successful in understanding the macro and symbolic dimensions, but have difficulty understanding the micro dimension, are unable to relate events and, as a result, have many misconceptions about the substance, which is the foundation of chemistry and the source of other topics, and therefore their achievements are low (Cavdar and others, 2016; Okumus et al., 2014; Adadan, 2013; Demircioglu and Ucar, 2012; Adadan and others, 2010; Calik and Ayas, 2002). In addition, it has been found that students tend to explain micro-level events in the macro level and are unable to grasp the particulate nature of matter (Cavdar et al., 2016; Okumus and others, 2014; Demircioglu and others, 2012; Adadan and others, 2010; Kalin and Arikil, 2010). There are student-centered methods that have lasting and effective learning effects and increase academic success in the teaching of matter and its nature (Can and Gersil, 2021; Cavdar and others, 2016; Adadan, 2013; İleri, Selvi and Kose, 2020; Batdi and Anil, 2020; Ayaz, 2015). Upon examination of the literature, many approaches and methods that have been experimentally determined to be effective in the teaching of matter and its nature are prominent. The most common of these approaches and methods are computer-assisted teaching, collaborative teaching, problem-based teaching, and argumentation-based teaching.

Computer-Assisted Teaching

Chemistry, one of the important branches of the natural sciences, causes difficulties in understanding and explaining many abstract concepts that cannot be observed in daily life. The inability to perceive the interaction between macroscopic and microscopic events hinders the learning of most concepts. In particular, students have difficulty visualizing concepts such as the Particulate Nature of Matter and Chemical Bonds in their minds (Ozmen, 2008; Adadan, Irving, and Trundle, 2009). With the changes in science and technology, computer-assisted teaching has helped both students and teachers in educational activities (Kaptan and Korkmaz, 1999). Computer-assisted teaching, which has become one of the popular approaches in recent years, serves many needs such as the rapid increase in knowledge, the complexity of content, the leading role of today's communication tools, and the ability to appeal to multiple senses through visual and auditory features (Okur and Unal, 2010). With the help of computer-assisted teaching applications, molecular interactions at the particle level can be observed, which helps to learn concepts more effectively and meaningfully (Akcaay et al., 2005;

Kaptan and Korkmaz, 1999). It has also been determined through literature studies that this teaching method helps to concretize abstract concepts, increases retention, and prevents memorization (Ozmen and Donmez Usta, 2017; Kaptan and Korkmaz, 1999).

Collaborative Learning

Collaborative learning can be defined as a learning approach where students work together to achieve a specific shared goal or complete a task in an educational setting, such as solving a problem or accomplishing a task, and help each other to learn about an academic subject (Demirel, 2002; Senemoglu, 2004). In collaborative learning, all students have an equal opportunity throughout the process (Buyukkaragoz, 1997). The main goal is for students to work together in a group and fulfill their responsibilities towards each other. The teacher is the person who monitors and observes the effective work of the groups and the fulfillment of the responsibilities of the group members (Gomleksiz, 1993)

Problem-Based Learning

Problem-based learning is a teaching process that began with the idea that students should be educated by encouraging their interest in research and creation, based on John Dewey's view that they should be stimulated by the interest they show in research and creation, and started with its application to students in medical faculties in the 1960s (Senocak, 2005). In particular, in the teaching of fundamental subjects/concepts in medical and engineering faculties, the aim is to find suitable options for developing, advancing, and solving possible problems in the development of skills and perspectives. It encourages critical and creative thinking skills, decision-making, and creativity by presenting real or potential problems (Aydogdu, 2012). In science education, in particular, studies on developing ideas about environmental problems and offering creative solution skills to students are commonly encountered (Tosun, 2010; Senocak and Taskesenligil, 2005; Aydogdu, 2012).

Argumentation-Based Teaching

Argumentation-based science learning (ABSL) approach is one of the approaches towards research-based laboratory use as an alternative to traditional method-processed laboratory studies. This approach is a practice that aims to produce scientific knowledge through argumentation in research-inquiry based learning environments and to trigger cognitive and higher cognitive learning (Driver, Newton, and Osborne, 2000). Draft templates have been created for students and teachers in this approach. Students determine initial questions, develop hypotheses suitable for these questions, research using multiple sources by forming claims and evidence for these claims, and reveal information that will support or refute the claims and evidence (Koseoglu and Tumay, 2015). During the argumentation process, students also develop their language skills and support their claims and evidence with multiple representations such as images, graphs, or equations (Ogreten and Sagir, 2014; Aydin and Kaptan; 2014; Cinici et al., 2014). Argumentation-based teaching is used in studies on the effects of student success, attitudes and writing skills development in laboratory applications, which have an important place in science education (Yesiloglu, 2007; Tumay and Koseoglu, 2011).

Meta-analysis studies are available in the literature for each of the approaches and methods described above. For example, Ayaz (2014) conducted a meta-analysis study to determine the effect of project-based learning (PBL) approach on students' attitudes towards science lessons and their academic achievements in these lessons. The results of the study showed that project-based learning had a moderate effect on students' academic achievement and attitudes in science classes. In another study, Balemen (2016) aimed to investigate the effect of Project-Based Learning Approach (PBLA) on academic achievement in science education using the meta-analysis method. The results of the study indicated that project-based education had a significant effect on academic achievement and that the greatest effect was in the teaching of biology topics and at the high school level. Orhan and Durak Men (2018) examined the effect of web-based education on students' science education. The results of the meta-analysis showed that web-based education had a significant effect on students' academic achievement. Ozer (2019) conducted a meta-analysis study to examine the effect of Argumentation-Based Teaching (ABT) on academic achievement, understanding of the nature of science, attitudes, and conceptual understanding variables in science lessons. The results of the meta-analysis showed that argumentation had a significant effect on students' academic achievement, understanding of the nature of science, attitudes towards science lessons, and conceptual understanding. İleri (2019) aimed

to determine the effect of Cooperative Learning Approach (CLA) on students' academic achievement through meta-analysis. The results of the research showed that Cooperative Learning Approach had a strong and positive effect on students' academic achievement. In another study, Yildirim (2020) examined the effect of Problem-Based Learning Approach (PBLA) on students' academic achievement in science education using meta-analysis. The results showed that Problem-Based Learning Approach had a significant effect on students' academic achievement in science education.

In this meta-analysis study, the effectiveness of the methods and approaches used in teaching the subject of matter and nature, which is known to cause common misconceptions in students, is compared in order to determine the most effective method. Therefore, in this meta-analysis study, the following questions are sought to be answered:

1. What is the overall effect size of the methods used in teaching the subject of matter and nature?
2. Is there a significant difference in the effect sizes of the methods used in teaching the subject of matter and nature?
3. Is the duration of the experimental procedure a significant predictor of the effect size of the methods used in teaching the subject of matter and nature?
4. Does the overall effect size of the methods used in teaching the subject of matter and nature show a significant difference according to the level of education where the implementation is carried out?

Method

In this study, meta-analysis method was used to calculate the overall effect size of experimental studies based on the teaching of the "Matter and Nature" subject using a teaching method. Meta-analysis is the analysis of quantitative data obtained by grouping experimental studies according to various measures within a certain subject or theme (Dincer, 2014). The aims of the meta-analysis method include evaluating studies that do not show consistency with each other in the results of different scientific studies, combining small sample studies to increase the sample range and statistical power, assisting future studies, and pointing to new research topics (Akcil, 1995).

Literature Search Procedure

The Google Scholar and YÖK Thesis Center databases were searched to access studies that used teaching methods based on the "Matter and Nature" subject. The database search was conducted between March and April 2018, and a complementary search was conducted in December 2020. In the search of these databases, studies conducted between 2000 and 2020 were limited and "Matter and Nature", "Particulate Structure of Matter", "Science Education", "Natural Sciences", and "Matter" keywords were used. The bibliographies of the studies obtained on the subject were also examined to check whether there were any missing studies. As a result of the search, 331 studies on Matter and Nature were reached.

Inclusion and Exclusion Criteria

The criteria for a study on the subject of Matter and Nature to be included in this meta-analysis research are: (i) It must have been conducted in Turkey between 2000-2020. (ii) It must have used an instructional method related to the teaching of the subject of Matter and Nature. (iii) The effect of the instructional method used on academic achievement must have been investigated. (iv) The necessary numerical data for calculating effect sizes must have been reported. (v) Parametric statistical methods must have been used. (vi) There must have been experimental and control groups. (vii) A method or approach used in a primary study on the subject of Matter and Nature must have been used in at least four separate primary studies in order to be compared with other methods in a meaningful way. Studies that used non-parametric tests while working on the subject of Matter and Nature with an instructional method were not included in the research.

The criteria set out above were used to review 331 studies. As a result of this review, 86 studies were obtained, excluding studies that did not use parametric tests, did not directly measure academic achievement, or used weak experimental designs. Six of these studies used weak experimental designs, four used non-parametric tests, and 38 were not included in the meta-analysis because there were not enough studies on the teaching method used for the teaching of matter and nature. In total, 38 studies were included in this meta-analysis. The flowchart for inclusion of studies in the meta-analysis is shown in Figure 1.

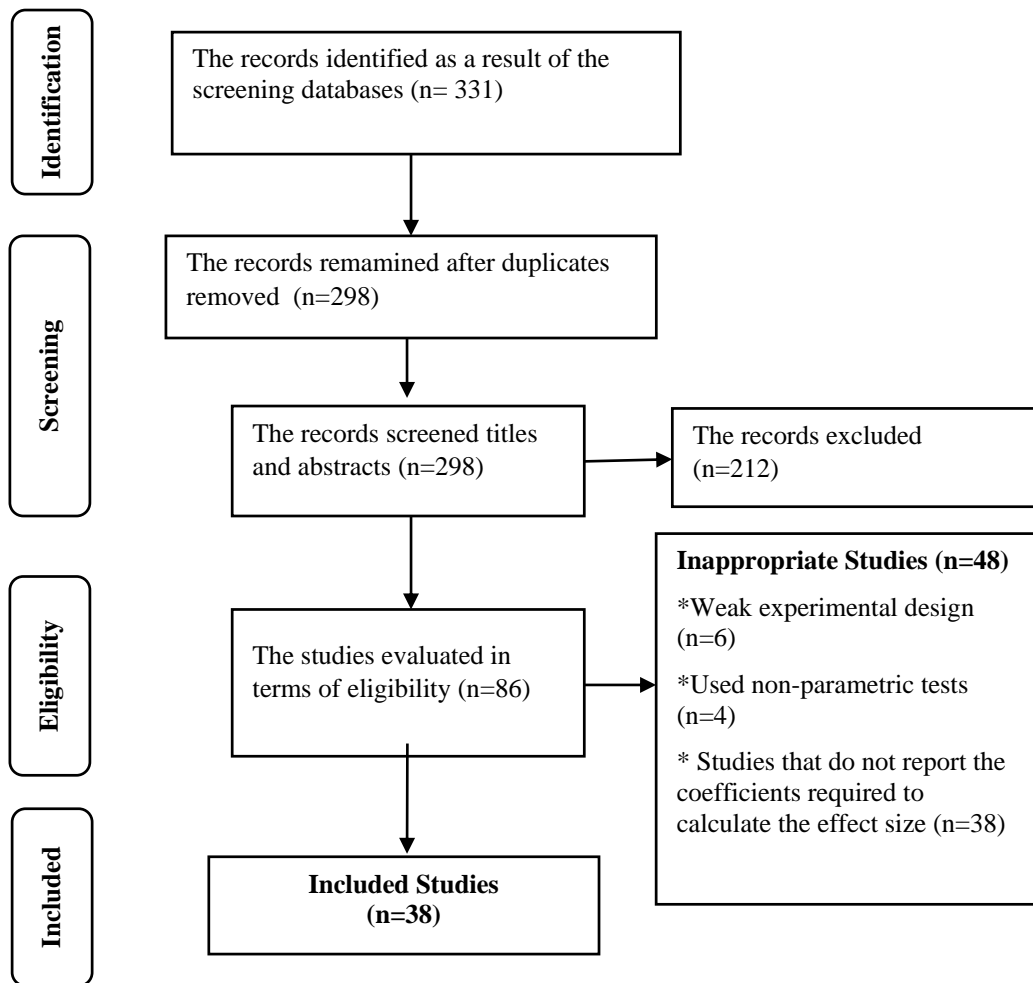


Figure 1. The Flowchart relating to inclusion process

Evaluating the Quality of the studies included

To evaluate the quality of the primary studies included in this meta-analysis, the assessment system developed by Pulye et al. (2009) was used. In this system, three criteria were determined to evaluate experimental studies. These criteria are: (i) the clear explanation of the implementation process of the experimental procedure and the random selection of the sample, (ii) the concealment of group information, i.e., participants do not know whether they are in the experimental or control group, and (iii) the validity and reliability of the measurement tools used and the absence of data loss. According to the system developed by Pulye et al. (2009), a score is given if the above criteria are met and a zero score if they are not met. Kanadlı (2019) suggests giving half a point for studies that partially meet these criteria in the social sciences. When the 38 studies included in the meta-analysis were evaluated according to these criteria, it was determined that they partially met these criteria, on average, with a score of 1 point.

Coding the Characteristics of Studies

The studies included in this meta-analysis; (i) characteristics of the research report, (ii) the experimental design used in the study, (iii) sample characteristics, (iv) application period, (v) the method and approach used in the study and (vi) required quantitative data for effect sizes have been coded by taking into account. (i) Characteristics of research reports: In this category, the surname of the authors included in the research reports, the type of research and the publication date have been coded. The types of research have been classified as articles and thesis studies.

(ii) Research designs: Under this category, pre-test post-test controlled group studies, examining the effect of application methods on academic achievement in the processing of the Matter and Nature subject, have been coded.

(iii) Sample characteristics: In this category, the class level of the selected sample has been coded. According to this; 5-8 grade middle school, 9-12 grade high school and university students are coded as bachelor's degree.

(iv) Application period: The application period of the experimental process is coded as weeks.

(v) Methods and approaches: In this category, computer-assisted instruction, collaborative learning, problem-based learning and argumentation-based teaching methods and approaches have been coded. The computer-assisted instruction code includes studies that use web-based teaching and smart board-supported teaching. The collaborative learning code includes studies that use separation-combination, student teams-success sections and similar techniques. The problem-based learning code includes studies that use project-based teaching and research-based teaching.

(vi) Required quantitative data for effect sizes: In this category, the number, mean and standard deviation of the sample, which are the post-test scores of the experimental and control groups, where there is no significant difference between the pre-test scores of the experimental and control groups, have been coded. If there is a significant difference between the pre-test scores of the experimental and control groups, the number, mean and standard deviation of the sample, which is the difference between the post-test scores of the experimental and control groups.

Coding Reliability

To determine coding reliability, a random sample of 20 studies was selected and the coding form was given to another researcher for coding. Inter-coder reliability agreement rate was calculated using the formula: agreement rate = [(agreed number of studies)/(total number of studies)]x100 (Orwin and Vevea, 2009). It was determined that the coding was performed with 100% reliability.

Data Analysis Strategies

In this meta-analysis, because studies with a sample size less than 20 were also included, the effect size index used was Hedges' *g*. The calculated effect size can be interpreted as "weak" if it is between 0 and 0.20, "small" if it is between 0.21 and 0.50, "medium" if it is between 0.51 and 1.0, and "strong" if it is greater than 1.0 (Cohen et al., 2007, p.521). The general effect size is calculated by combining the determined effect sizes according to two different models, the fixed and random effects models. If the primary studies are collected from a single field of research, it is recommended to use the random effects model without performing a heterogeneity test (Borenstein et al., 2009, p.86). Therefore, in this study, the general effect size was calculated according to the random effects model, but the heterogeneity test was also used to determine the presence and magnitude of variance among the studies. The magnitude of heterogeneity is interpreted according to the *I*² index. An *I*² value of up to 25% is considered low heterogeneity, up to 50% is considered medium heterogeneity, and up to 75% is considered high heterogeneity (Higgins et al., 2003). In order to determine the source of heterogeneity among the studies, categorical moderator analysis was conducted according to the method and approach used, the type of study, and the teaching level. In addition, meta-regression analysis was conducted to determine whether the application period was a significant predictor. Meta-regression is used to determine whether a model established to explain the variance among the effect sizes of any independent but continuous variable is significant (Kanadli, 2019, p.25). Finally, the funnel plot and Egger's Trim and Fill Test were used to determine whether there was publication bias in the included studies and its impact, and Rosenthal's Protected *N* was performed. In conducting the meta-analysis in this study, MS Office programs, CMA 2.0 software, and R package were used.

Findings

The results of the study showed that the effects of teaching the subject of Matter and Nature with different teaching methods on academic achievement were conveyed in Figure 2 for the 38 studies included in the meta-analysis. Figure 2. Forest Plot of the Studies Included in the Study.

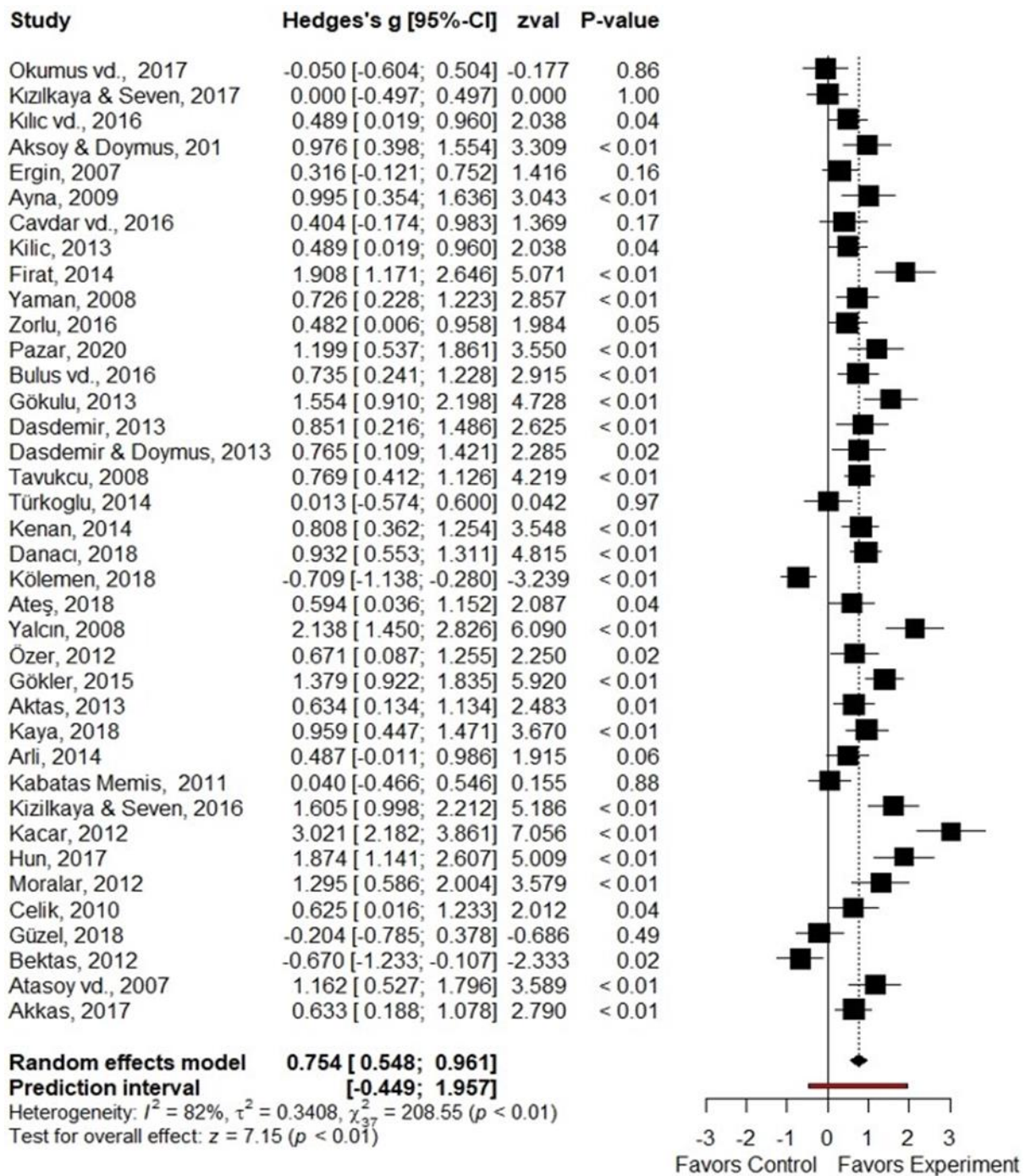


Figure 2. The Forestplot of the studies Included

In the forest plot, it can be seen that the effect sizes of the 38 studies included in the meta-analysis range from -0.709 to 3.021. Kacar's (2012) study with an effect size of 3.021 (95% CI: 2.182; 3.861) is a potential outlier, but when the weight of the study is considered, its contribution to the overall effect size is similar to that of the other studies. Therefore, it has not been excluded from the analysis. As shown in the figure, 84.2% (n=32) of the studies included in the meta-analysis showed a significant ($p < .05$) effect size, while 15.8% (n=6) did not show a significant ($p > .05$) effect size. 10.5% (n=4) of the effect sizes were in favor of the control group, while 89.5% (n=34) were in favor of the experimental group. When the effect sizes of the 38 studies were combined according to the random effects model, the lower and upper limits of the overall effect size were calculated as 0.548 and 0.961, respectively, with an overall effect size of 0.754. This value is significantly different from zero ($z=7.15$, $p < .01$) and is at the moderate level according to the classification of Cohen et al. (2007).

Therefore, it can be said that the teaching methods and approaches used in teaching the matter and nature unit have a moderate effect on students' achievements. However, when the range of estimates showing how the real effect sizes are distributed around the overall effect size is examined, it can be seen that approximately 95% of the population is estimated to have a real effect size ranging from -0.449 to 1.957. This means that although the overall effect size is positive (in favor of the experimental group), some studies may have a real effect that is negative (in favor of the control group). In other words, it cannot be said that the teaching methods and approaches used in teaching matter and nature are effective in every study.

When the results of the heterogeneity test were examined, it was found that the heterogeneity of the studies was significant ($Q_{(37)}=208.55, p<.01$) and at a high level ($I^2=82\%$). These results show that the studies are different from each other and that this difference is due to factors other than sampling error. In this case, it is recommended to perform moderator analysis to determine the source of the variance (Card, 2012). In the context of this study, possible sources of variance were examined in terms of the method and approach used in the experimental process (Computer-supported teaching-CST, Collaborative teaching-CT, Problem-based teaching-PBT, and Argumentation-based teaching-ABT), and class level (grades 5, 6, 7, 8). The results of the categorical moderator analysis are presented in Table 3.

Table 3. The Result of Categorical Moderator Analysis

Categories	k	Effect Size	95% C.I.		p	Heterogeneity		
			L.L.	U.L.		Q_b	df	p
1. Method Strategies	38	0.659	0.475	0.844	0.00	3.776	3	0.29
ABT	4	0.531	0.170	0.892				
CST	14	0.779	0.441	1.116				
CL	17	0.572	0.277	0.866				
PBL	6	1.344	0.491	2.197				
2. Teaching Level	38	0.709	0.547	0.870	0.00	9.115	3	0.06
5.Grade	2	0.773	0.437	1.109				
6.Grade	26	0.710	0.441	0.980				
7.Grade	6	1.159	0.672	1.646				
8.Grade	2	0.746	0.351	1.140				
Undergraduate 1	2	0.169	-0.276	0.614				

As seen in Table 3, the studies were grouped according to the method and approach and the teaching level and the effect sizes were calculated according to the random effects model. As a result of the categorical moderator analysis, it was observed that the methods/approaches used in the teaching of the nature of the matter had a "moderate" level of meaningful effect ($ES = 0.659, p <.05$) on the academic success of the students. According to the classification of Cohen et al. (2007), argumentation-based teaching ($ES = 0.531$), collaborative teaching ($ES = 0.572$), and computer-supported teaching ($ES = 0.779$) had a "moderate" level of effect on academic success, while problem-based teaching ($ES = 1.344$) had a "strong" level of effect. However, the overall effect size did not show significant differences according to the method/approach used.

As seen in Table 3, when the categorical moderator analysis, which contributes to the heterogeneity of the class level where the experimental procedure is performed, is examined, it was determined that the class level is not a significant moderator ($p >.05$). It was determined that the highest effect of the methods used in the teaching of the nature of the matter on academic success was in the 7th grade ($EB = 1.159$), while the lowest was at the Undergraduate 1 ($ES = 0.169$) level. According to this result, it can be said that the methods and approaches used in the teaching of the nature of the matter are effective at the middle school level ($p <.05$), but not effective at the university level ($p >.05$).

To explain the heterogeneity among the studies, the duration of the experimental procedure (Weeks) was selected as an independent variable. Of the 38 studies included in the meta-analysis, 11 did not report how many weeks the experimental procedure was applied. Therefore, meta-regression analysis

was performed to explain the variance among the studies, as the duration of the application was not categorical but continuous. The results of the meta-regression are presented in Table 4.

Table 4. The Result of Meta-Regression

Regression	Q	df	p-value
Model	0.05059	1	0.82204
Residual	27.40631	25	0.33590
Sum	27.45690	28	0.38569

According to Table 4, the model we tried to explain the variance among the studies with the duration of the application is not significant ($p > .05$). Based on this result, it can be concluded that the duration of the experimental procedure is not a significant predictor.

Publication Bias

To determine the publication bias, the studies were classified as published (article) and unpublished (thesis) and it was examined whether there was a significant difference in terms of publication status. If there is no significant difference in the publication status of the studies, it can be concluded that there is no publication bias (Card, 2012, p. 262). As a result of the moderator analysis, it was determined that the overall effect size did not show a significant difference according to the type of publication ($Q(1) = 0.001, p > .05$). Therefore, it can be concluded that there is no publication bias. In order to definitively determine whether there is publication bias, the funnel plot, Begg-Mazumdar Sequence Correlation, Egger's Trimming Test, and Rosenthal's protected N were examined. The funnel plot for the overall effect size calculated for success is given below.

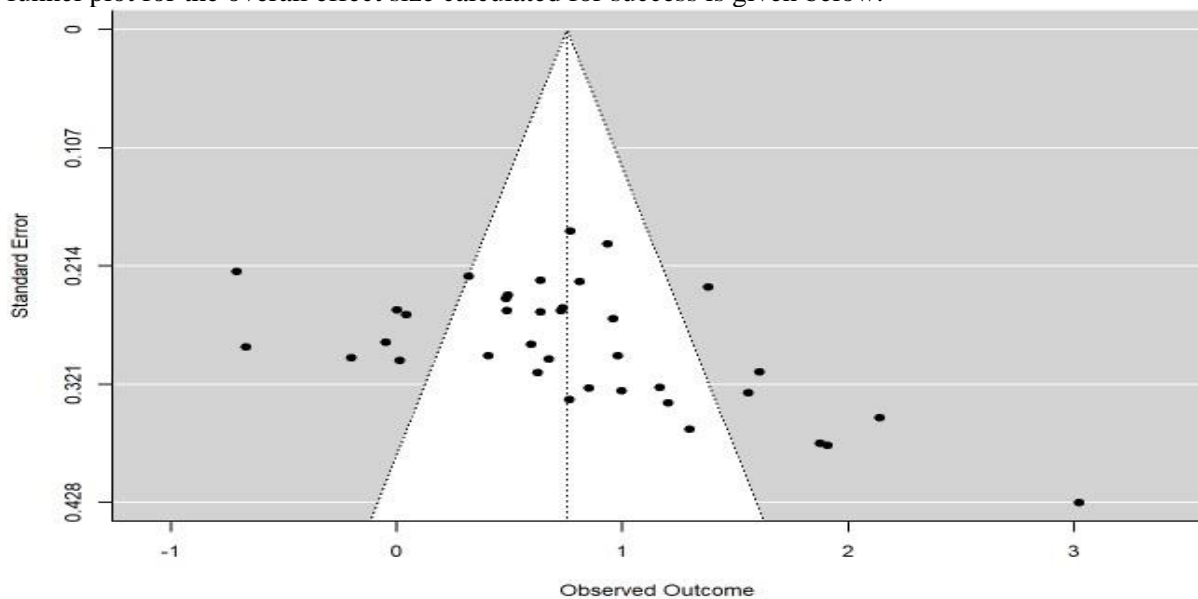


Figure 3. Funnel Plot

As seen in Figure 3, the effect sizes are not symmetrically distributed around the overall effect size. When the sequence correlation and regression test were examined to determine whether this asymmetry was significant, both tests were found to be significant ($p = 0.0018$ and $p < 0.0001$, respectively). Therefore, it can be said that there may be publication bias in the study. In addition to these tests, Rosenthal's Protected N was examined to determine whether the calculated effect size was strong. The Rosenthal's Protected N test result determined that it would take 2525 studies to make the effect size meaningless. When it is considered that the threshold value for this meta-analysis study was 220 ($5 \times 42 + 10$), it can be said that the calculated effect size is not due to publication bias and is strong. In general, when the publication bias analysis is evaluated, although the funnel plot has a significant asymmetry, it can be concluded that there is no publication bias in the study due to the lack of significant difference in the publication status of the studies and the strong effect size.

Discussion

This meta-analysis study was conducted to calculate the overall effect size of methods used in the teaching of matter and nature and to determine whether these methods create a significant difference in effect size according to the duration of application and teaching level. In this study, 38 primary studies were included. When the effect sizes were combined according to the random effects model, the lower bound of the overall effect size was calculated as 0.548 and the upper bound was 0.961 with an overall effect size of 0.754. This value is significantly different from zero ($z=7.15$, $p<.01$). According to the classification of Cohen et al. (2007), the overall effect size is of "medium" level. Therefore, it can be said that the computer-supported, collaborative, problem-based, and argumentation-based teaching methods are effective in increasing academic success in the teaching of matter and nature. However, when the confidence interval (%95 CI: -0.449; 1.957) that shows how the real effect sizes are distributed around the overall effect size is examined, it cannot be said that the methods and approaches used in the teaching of matter and nature will be effective in every study. Indeed, while the methods/approaches used in many primary studies have been effective in the teaching of matter and nature (e.g. Kacar, 2012; Yalcin, 2008; Dasedemir, 2013; Firat, 2014), they have not been effective in some studies (e.g. Kolemen, 2018; Bektas, 2012; Guzel, 2018; Okumus et al., 2017).

The subject of matter and nature, which is included at every level of education, contains more abstract concepts as of the 6th grade curriculum (Yilmaz, 2020; Polat, 2005). This situation causes problems in teaching by making it difficult to concretize abstract concepts in subjects such as atoms, chemical properties, the periodic table, and acids and bases (Kakiz, 2019; Demircioglu et al., 2019). The inability to relate these concepts that are difficult to concretize to daily life and the difficulty of learning them also causes difficulties in teaching (Kakiz, 2019; Demircioglu et al., 2019). The labeling of the subject of matter and nature, which requires abstract thinking skills, as something that needs to be memorized and the failure to understand why it needs to be taught also cause difficulties in teaching (Yilmaz, 2020; Kakiz, 2019; Kenan and Ozmen, 2011).

A heterogeneity test was conducted in the study to determine the presence and size of heterogeneity among the methods used in the field of matter and nature. The heterogeneity test was significant ($Q_{(37)}=208.55$, $p<.01$) and heterogeneity was found to be at a high level ($I^2=82\%$). These results indicate that the studies are different from each other and that this difference is due to factors other than sampling error. Therefore, a categorical moderator analysis was conducted to determine which characteristics of these studies contribute to this variance. The categorical moderator analysis was used to examine whether the method and approach used in the studies (PBL, CL, ABL) and the level of education of the samples in the studies (5th grade, 6th grade, 7th grade, 8th grade, 1st year of science) were significant moderators.

The results of the moderator analysis show that the teaching methods/approaches used in the teaching of the matter and nature unit have a "medium" level of significant impact ($ES = 0.659$, $p <.05$) on students' academic achievement. According to the classification of Cohen et al. (2007), argumentation-based teaching ($ES = 0.531$), collaborative learning ($ES = 0.572$), and computer-supported teaching ($ES = 0.779$) have a "medium" level of impact on academic achievement, while problem-based learning ($ES = 1.344$) has a "strong" level of impact. Although problem-based learning has the largest effect size, the overall effect size does not show a significant difference ($Q_{(3)} = 3.776$, $p>.05$) based on the method/approach used. This result indicates that argumentation-based teaching, collaborative learning, computer-supported teaching, and problem-based learning may be approximately equally effective in increasing academic achievement in the teaching of matter and nature. Meta-analysis studies on argumentation-based teaching (İnam and Guven, 2019; Sari and Sasmaz Oren, 2019; Alemlı, 2019; Karakus and Yalcin, 2016) and collaborative learning (İleri, Selvi and Kose, 2020; Bakioglu and Goktas, 2020; Camnalbur and Mutlu Bayraktar, 2018) also show that these methods have positive effects on academic achievement. In addition, computer-supported teaching (Batdi and Anil, 2020; Ozdemir, Aslaner and Acikgun, 2020; Dikmen and Tuncer, 2018; Camnalbur, 2008; Dincer, 2015; Demir and Basol, 2014) and problem-based learning (Can and Gersil, 2021; Chen and Yang, 2019; Kaya, 2016; Ayaz, 2015; Celik, 2013) have also been found to be effective in increasing academic achievement in various meta-analysis studies.

The results of the categorical moderator analysis carried out to determine whether the level of the class where the experimental process is carried out is a significant moderator contributing to heterogeneity

show that the level of the class is not a significant moderator ($p > .05$). It has been determined that the effect of the methods used in teaching the nature of matter on academic achievement is highest in 7th grade ($ES=1.159$) and lowest in Undergraduate 1 ($ES=0.169$). When the confidence intervals for each class level are examined, it was found that the methods and approaches used in teaching the nature of matter were effective at the middle school level ($p < .05$), but not significant at the university level ($p > .05$). At the middle school level, despite the fact that the subject of matter and nature contains abstract concepts, it is easier to transfer it by concretizing it due to the narrower scope and basic level (Karacali, 2022; Pak, 2022). On the other hand, the subject of matter and nature is expressed in more abstract concepts at the undergraduate level, which makes it difficult for undergraduate students, teacher candidates and even teachers to understand and transfer (Karacali, 2022; Calik and Ayas, 2005; Kalin and Arikil, 2010; Piquette and Heikkinen, 2005). In addition, while the subject of matter and nature is micro in scale at the middle school level, it is transferred as macro. On the contrary, at the undergraduate level, the subject of matter and nature is dealt with in more depth at the micro level and transferred. This distinction in the transfer of the subject may be the reason why the teaching method used at the middle school and undergraduate levels is not significant (Jaber and BouJaoude, 2012).

According to the results of this meta-analysis study, it has been determined that the methods used in teaching the subject of matter and nature are effective in teaching the subject, but there is no significant difference between them. It can be said that the teaching of the subject of matter and nature can be effectively taught at the middle school level (grades 5, 6, 7 and 8) when problem-based teaching, collaborative teaching, computer-assisted teaching or argumentation-based teaching is used, compared to the college level.

Suggestions and Limitations

In this study, the studies compiled were limited to national field literature. Future meta-analysis studies on this topic could produce stronger results by including national and international field literature. In order to conduct a meta-analysis study with healthy inclusion criteria, it was required that at least four studies be available for each research method. However, some research methods did not have enough studies available, resulting in their exclusion from the analysis. Therefore, more studies using different research methods are needed in the field literature.

In recent years, the effect of teaching methods on academic performance has been a frequently studied topic. Meta-analyses, which combine and compare different methods to determine the sizes of their effects, have also been included in the literature. However, it has been found that there are not enough meta-analyses that combine the results of different methods used to teach a subject and generalize them. This study was carried out to determine the effect of different methods and techniques used in the teaching of the "Nature and Substance" subject on academic performance. In future studies, meta-analyses can be conducted to determine the relationships between methods and attitudes used in the teaching of the "Nature and Substance" subject and higher cognitive levels.

The results of this research show that the methods used in the teaching of matter and nature are effective in teaching the subject. Therefore, different teaching programs can include collaborative learning, problem-based learning, argumentation-based teaching, and computer-supported teaching methods to increase the academic success of students. In addition, it has been determined that these methods are not effective at the university level. As the concepts of matter and nature become more abstract compared to middle school subjects, it is also worth trying to update the methods used by incorporating technology into them to increase the effectiveness of the methods that can be used. This would be a step towards increasing the effectiveness of the methods.

References

- Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105.
- Adadan, E. (2014). Investigating the effect of model-based learning environment on preservice chemistry teachers' understandings of the particle theory of matter and the nature of scientific models. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education*, 33(2), 378-403.

- Adadan, E., Irving, K. E. & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education*, 31(13), 1743-1775.
- Adadan, E., Trundle, K. C. & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004-1035.
- Akçay, N. O. & Doymus, K. (2012). The effects of group investigation and cooperative learning techniques applied in teaching force and motion subjects on students' academic achievements. *Journal of Educational Sciences Research*, 2(1), 110-116.
- Akçay, S., Aydogdu, M., Yildirim, H. İ. & Sensoy, O. (2005). effect of computer assisted instruction in flowery plant subject in 6th grade students in science education on the success of students. *Kastamonu Education Journal*, 13(1), 103.
- Akcil, M. (1995). Ortalamalar arası etki genisliklerinin meta-analizi. (Biostatistics Master of Science Thesis). Hacettepe University Institute of Health Sciences. Ankara.
- Akkas, B. (2017). The effect of argumentation-based inquiry (ABI) approach on based learning environment academic achievement and critical thinking skills of 5th grade students. (Master of Science Thesis). Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Science. Kastamonu.
- Aksoy, G. & Doymus, K. (2011). Effects of cooperative reading-writing-application technique in application in science and technology course. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 31(2), 381-397.
- Aktas, L. (2013). Effect of computer-aided material on students success, which are prepared based on REACT strategy in particulate structure of material and heat topic. (Master of Science Thesis). Karadeniz Technical University Institute of Educational Sciences. Trabzon.
- Alemlı, A. (2019). Investigation of the effectiveness of research inquiry based learning approach in science education by meta analysis method. (PhD Thesis). Kastamonu University Graduate School of Social Sciences. Kastamonu.
- Altinyüzük, C. (2008). 8th graders misconceptions in science lesson chemistry concepts. (Master of Science Thesis), İnönü University Institute of Social Sciences. Malatya.
- Arlı, E. E. (2014). The impacts of argumentation based science inquiry approach on seasonal agricultural worker students' academic achievement and thinking skills. (Master of Science Thesis). Atatürk University Institute of Educational Sciences. Erzurum.
- Atasoy, B., Genc, E., Kadayıfci, H. & Akkus, H. (2007). The effect of cooperative learning to grade 7 students' understanding of physical and chemical changes topic. *Hacettepe University Journal of Education*, 32(32), 12-21.
- Ates, A. (2018). 7 th grade science and technology course "Structure of the substance and pure substances" on augmented reality created using technology learning material effect on academic achievement. (Master of Science Thesis). Nigde Omer Halisdemir University Institute of Educational Sciences. Nigde.
- Ayas, A. (1995). Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: İki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe University Journal of Education*, 11(11), 149-155.
- Ayas, A. & Özmen, H. (2002). A study of students' level of understanding of the particulate nature of matter at secondary school level. *Bogazici University Journal of Education*, 19(2), 45-60.
- Ayaz, M. F. (2014). The effect of the project-based learning approach on the academic achievements of the students in science lesson and their attitudes towards science lesson: A meta-analysis study. (PhD Thesis). Dicle University Institute of Educational Sciences. Diyarbakir.
- Ayaz, M. F. (2015). The effect of the problem-based learning approach on the academic achievements of the students in science lesson: a study of metaanalysis. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(3), 139-160, ISSN: 1308- DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7664>.
- Aydin, A. & Akgün, M. (2009). An application of constructivist learning theory: using collaborative study groups strategy in eliminating the students' misconceptions on and decreasing the knowledge deficiencies in the concepts of melting and dissolving. *Adiyaman Üniversitesi Faculty of Education, Electronic Journal of Social Sciences*, 8(27), 190-201.

- Aydin, O. & Kaptan, F. (2014). Effect of argumentation on metacognition and logical thinking abilities in science – technology teacher candidate education and opinions about argumentation. *Journal of Educational Sciences Research*, 4(2), 163-188.
- Aydogdu, C. (2012). The effect of problem based learning strategy in electrolysis and battery subject teaching. *Hacettepe University Journal of Education*, 42(42), 48-59.
- Ayna, C. (2009). The effects of jigsaw II technique and social economic level of the student on the students' achievement, attitude and motivational level during science and technology lesson. (Master of Science Thesis). Zonguldak Karaelmas University Institute of Social Sciences. Zonguldak.
- Aziz, Z. & Hossain, M. A. (2010). A comparison of cooperative learning and conventional teaching on students' achievement in secondary mathematics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9(2010), 53-62.
- Azizoglu, N. & Geban, O. (2004). Students' preconceptions and misconceptions about gases. *Journal of Balikesir University Institute of Science and Technology Dergisi*, 6(1), 73-78.
- Bakioglu, A. & Goktas, E. (2020). Effect of cooperative learning on achievement in middle grade science and mathematics classes: a meta – analysis. *Harran Education Journal*, 5(1), 1-30. doi: <http://dx.doi.org/10.22596/2020.0501.1.30>
- Balemen, N. (2016). The effectiveness of project based learning on science education: a meta analysis search. (PhD Thesis). Gazi University Graduate School of Educational Sciences. Ankara.
- Batdi, V., & Anil, O., (2021). Learning by computer-based education: a meta-thematic analysis. *Journal of Balikesir University Institute Science Technology*, 23(1), 111-127.
- Bektas, Z. (2012). The effect of the Jigsaw and learning together methods applied in teaching of “the particulare nature of matter” unit on the students' academic achievements and attitudes. (Master of Science Thesis). Ataturk University Institute of Educational Sciences. Erzurum.
- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203-213.
- Büyükkaragoz, S. (1997). Eğitimde program geliştirme. Konya: Oz Eğitim.
- Camnalbur, M. (2008). A meta analysis for the effectiveness of computer based education. (Master of Science Thesis). Marmara University Institute of Educational Sciences. İstanbul.
- Camnalbur, M. & Mutlu Bayraktar, D. (2018). The effect of collaborative learning on academic achievement: a meta-analysis study. *Journal of the Human and Social Sciences Researches*, 7(2), 1149-1172.
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: a meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71-81.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. (6th Edition). New York: Routledge.
- Calik, M. & Ayas, A. (2002). Öğrencilerin bazı kimya kavramlarını anlama seviyelerinin karşılaştırılması, 2000'li Yıllarda I. Öğrenme ve Öğretme Sempozyumu, 29(2002), 31. Türkiye.
- Calik, M. & Ayas, A. (2005). A Cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. *International Education Journal*, 6(1), 30-41.
- Calik, M., Ayas, A. & Ünal, S. (2006). A cross-age study on students' conceptions of dissolution. *The Journal of Turkish Educational Science*, 4(3), 309-322.
- Can, S., & Gersil, M. (2021). Investigation of the effect of the project-based learning approach on academic achievement score by meta-analysis technique. *The Journal of Kesit Academy*, 7(29), 279-292.
- Card, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford Publications.
- Cavdar, O., Okumus, S., Alyar, M. & Doymus, K. (2017). The effect of different teaching methods on understanding of acids and bases. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 383-408.
- Cavdar, O., Okumus, S., & Doymus, K. (2016). Determining understandings related to the particulate nature of matter of students at science education. *Hatay Mustafa Kemal University Journal of Social Sciences Institute*, 13(33), 69-93.

- Cavdar, O., Okumus, S., Alyar, M., ve Doymus, K. (2016). Effecting of using different methods and models on understanding the particulate nature of matter. *Erzincan University Journal of Education Faculty*, 18(1), 555-592
- Cayan, Y., Karsh, F., (2015). The effects of the problem based teaching learning approach to overcome students' misconceptions on physical and chemical change. *Kastamonu Education Journal*, 23(4), 1437-1452
- Celik, S. (2013). The effect of alternative teaching methods used in elementary mathematics classes on academic success: A meta analysis study. (Master of Science Thesis). Eskisehir Osmangazi University Institute of Educational Sciences. Eskisehir.
- Celik, E. (2010). The effect of problem based learning approach in science education on students' academic achievement, attitude, academic risk taking level and retention of knowledge. (Master of Science Thesis). Gazi University Institute of Educational Sciences. Ankara.
- Cinici, A., Ozden, M., Akgün, A., Herdem, K., Deniz, S. M., & Karabiber, H. L. (2014). Investigating the effectiveness of argumentation based activities supported with concept cartoon. *Adiyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2014), 571-596.
- de Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(1), 8-16.
- Demir, S., & Basol, G.(2014). Effectiveness of computer-assisted mathematics education (came) over academic achievement: a meta-analysis study. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 14(5), 2013 – 2036.
- Danaci, F. (2018). The item's impact on students ' academic achievement granular structure bowing technics for segment. (Master of Science Thesis). Yüzüncü Yil University Institute of Educational Sciences. Van.
- Dasdemir, İ. (2013). The effect of use of animations on the academic achievements of the students, retention of the knowledge learned, and the scientific process skills. *Kastamonu Education Journal*, 21(4), 1287-1304.
- Dasdemir, İ., & Doymus, K. (2016). The effect of using of animation in unit of structure and properties of on primary science and technology course students' achademic achievement, retention of knowledge and scientific process skills. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 84-101.
- Demircioglu, G. (2003). Developing and implementing teacher guide materials related to the unit "Acids and bases" at lycee-II (Unpublished PhD Thesis). Karadeniz Technical University Institute of Science and Technology. Trabzon.
- Demircioglu, H., Demircioglu, G., Ayas, A., & Kongur, S. (2012). A comparison of 10th grade students' theoretical and applied knowledge about the concepts of physical and chemical change. *Journal of Turkish Science Education*, 9(1), 162-181.
- Demircioglu, T., & Ucar, S. (2012). The effect of argument-driven inquiry on pre-service science teachers' attitudes and argumentation skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46(2012), 5035-5039.
- Demircioglu, H., Aslan, A., Acikgoz, D., Karababa, Y. & Güven, O. (2019). The effect of REACT strategy on the students' academic achievements and motivations. *Journal of International Social Research*, 12(64), 547-561. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2019.3377>
- Demirel, O (2002). Eğitimde program geliştirme. Ankara: Pegem A.
- Dikmen, M., & Tuncer, M. (2018). A meta-analysis of effects of computer assisted education on students' academic achievement: a-10-year review of achievement effect. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 9(1), 97-121.
- Dincer, S. (2014). Eğitim bilimlerinde uygulamalı meta-analiz. (1. Edition). Ankara: Pegem A.
- Dincer, S. (2015). Effects of Computer-Assisted Learning on Students' Achievements in Turkey: A Meta-Analysis. *Journal of Turkish Science Education*, 12(1), 99-118.
- Doymus, K. (2007). Effects of a cooperative learning strategy on teaching and learning phases of matter and one-component phase diagrams. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1857.
- Doymus, K., Karacop, A., Simsek, Ü., & Dogan, A. (2010). The effects of jigsaw and computer animations techniques on undergraduates' understanding of electrochemistry concepts. *Kastamonu Educational Journal*, 18(2), 431-448.

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Ergin, M. (2007). Affect of cooperative learning method on student achievement and attitudes in teaching topics of primary school sciences and technology. (Master of Science Thesis). Selcuk University Institute of Science and Technology. Konya.
- Firat, M. (2014). The impact of two different cooperative learning methods on academic achievements ana epistemology behaviours of the students in the teaching of the unit of the structure and features of the matter. (Master of Science Thesis). Atatürk University Institute of Educational Sciences. Erzurum.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Gokler, E. (2015). Research on the efficacy of technology - supported meterial devoloped for the substance and heat unit on students in the complementary approach of complete learning model. (Master of Science Thesis). Ondokuz Mayıs University Institute of Educational Sciences. Samsun.
- Gokulu, A. (2013). To investigate effects of computer based learning and to determine students' misconceptions on nature of the matter concept. *International Journal of Social Science*, 6(5), 571-585.
- Güzel, Z. (2018). The effects of problem based approach practiced through self and peer assessment on students' achievements and attitudes in science teaching. (Master of Science Thesis). Necmettin Erbakan University Institute of Educational Sciences. Konya.
- Gomleksiz, M. (1993). Kubaşık öğrenme yöntemi ile geleneksel yöntemin demokratik tutumlar ve erişiyeye etkisi. (Unpublished PhD Thesis). Cukurova University Institute of Social Sciences. Adana.
- Hun, F. (2017). The effect of academic achievement and attitudes on the 7th grade students of problem based learning method and improved 5E learning model. (Master of Science Thesis). Giresun University Institute of Science and Technology . Giresun.
- İleri, Y. E. (2019). The effect of a cooperative learning approach on academic success in science education: A meta-analysis study. (Master of Science Thesis). Gazi Üniversitesi University Institute of Educational Sciences. Ankara.
- İleri, Y. E., Mahmut, S., & Kose, M. (2020). The effect of a cooperative learning approach on academic success in science education: a meta-analysis study. *Ihlara Journal of Educational Research*, 5(1), 51-84.
- İnam, A., & Güven, S. (2019). Analysis of experimental studies using argumentation method: a meta-synthesis study. *The Journal of International Lingual Social and Educational Sciences*, 5(1), 155-173.
- Jaber, L. Z. & BouJaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Kabatas Memis, E. (2011). Effects of the argumentation based science learning approach and self evaluation on primary school students? science and technology course achievement and retention of the achievement. (PhD Thesis). Atatürk University Institute of Educational Sciences. Erzurum.
- Kacar, S. (2012). The effects of problem based learning method integrated visual arts on students' academic achievements, scientific creavities and attitudes towards science teaching with art activities. (Master of Science Thesis). Dokuz Eylül University Institute of Educational Sciences. İzmir.
- Kakiz, B. (2019). Learning difficulties in secondary school science course according to teachers and students' opinions. (Master of Science Thesis). Mugla Sitki Kocman University Institute of Educational Sciences. Mugla.
- Kalin, B. & Arikil, G. (2010). Misconceptions possessed by undergraduate students about the topic “Solutions”. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2), 177-206.

- Kanadli, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction*, 12(1), 959-976.
- Kaptan, F. & Korkmaz, H. (1999). Fen bilgisi öğretimi. ilköğretimde etkili öğretme ve öğrenme öğretmen el kitabı. http://fikretkorur.guncelfizik.com/wp-content/uploads/ilkogretimde_fenbilgisi_%C3%B6%C4%9Fretimi.pdf
- Karacali, K. (2022). The effect of argumentation based instruction on students' academic success, inquiry learning skills and creativity used in science laboratory. (PhD Thesis). Bursa Uludağ University Institute of Educational Sciences. Bursa.
- Kaya, M. (2018). Student learning science-based approach argumentation of success and the effect of attitude. (Master of Science Thesis). Firat University Institute of Educational Sciences. Elazığ.
- Karacop, A. (2016). effects of student teams-achievement divisions cooperative learning with models on students' understanding of electrochemical cells. *International Education Studies*, 9(11), 104-120.
- Karakus, M. & Yalcin, O. (2016). The effect of the argümantation-based learning in science education to the academic achievement and scientific process skills: a meta analysis study. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 16(4), 1-20.
- Kariper, A. (2013). Fen bilgisi öğretmen adaylarının gazlar konusundaki kavram yanlışları. *Journal of European Education*, 3(1), 33-35.
- Kaya, D. R. (2016). Problem solving based learning in math education: Meta - analysis study. (Master of Science Thesis). Recep Tayyip Erdogan University Institute of Social Sciences. Rize.
- Kenan, O. (2014). Developing and investigating the effectiveness of enriched computer based instruction material on 'The particulate nature of matter' subject. (PhD Thesis). Karadeniz Teknik University Institute of Educational Sciences. Trabzon.
- Kenan, O. & Ozmen, H. (2011). Introduction of an enriched computer based teaching material on the particulate nature of matter. *Education Sciences*, 7(1), 269-280.
- Kilic, M. (2013). The effect of Jigsaw technique on student achievement in 6 grade science and technology course the pariculate nature of matter units teaching. (Master of Science Thesis). Gazi University Institute of Educational Sciences. Ankara.
- Kilic, M. A., Dogan, A., Simsek, Ü. (2016). Effect of jigsaw technique on student achivement in teaching the particulate nature of matter. *Erzincan University Journal of Education Faculty*, 18(2), 1357-1379.
- Kirikkaya, E. B., Dag, F., Durdu, L., & Gerdan, S. (2016). CAI software for 8th grade natural processes unit and its effect on academic success. *Elementary Education Online*, 15(1), 234-250.
- Kizilkaya, A., & Seven, S. (2016). The effect of problem based learning approach to the students' high level and sub-level academic success in cognitive domain of bloom's taxonomy. *e-Kafkas Journal of Educational*, 3(3), 34-46.
- Kizilkaya, A., & Seven, S. (2017). The effect of Jigsaw I technique to the students' high level and sublevel academic success in cognitive domain of bloom's taxonomy in science teaching. *Erzincan University Journal of Education Faculty*, 19(2), 250-270.
- Kolemen, S. (2018). The effect of research based education and computer-assisted instruction in structured learning approach on achievement, learning approaches, motivations and self-efficacy of students in 6th grade science course. (Master of Science Thesis). Necmettin Erbakan University Institute of Educational Sciences. Konya.
- Koseoglu, F. ve Tümay, H. (2015). Fen eğitiminde yapılandırmacılık ve yeni öğretim yöntemleri. Ankara: Palme.
- Margel, H., Eylon, B. & Scherz, Z. (2004). "We actually saw atoms with our own eyes." conceptions and convictions in using the scanning tunneling microscope in junior high school. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 558-566.
- Miller, L. S. (2008). Prospective elementary school teachers' understanding of the particulate nature of matter. (Phd thesis). Purdue University. USA.
- Moralan, A. (2012). The effect of problem-based learning approach on academic success, attitude and motivation in science education. (Master of Science Thesis). Trakya University Institute of Natural Sciences. Edirne.

- Okumus, S., Cavdar, O., Alyar, M. & Doymus, K. (2017). The effect of cooperative learning and models on understanding of chemical reactions. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Faculty Education*, 44(2017), 358-381.
- Okumus, S., Oztürk, B., Doymus, K. & Alyar, M. (2014). Aiding comprehension of the particulate of matter at the micro and macro levels journal of educational sciences research. *Journal of Educational Sciences Research*, 4(1), 349-368.
- Okur, N. & Ünal, İ. (2010). Fen öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin önemi. *Eğitim Teknolojileri Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 1-10.
- Orhan, A. T. & Men, D. D. (2018). The effects of web-based teaching on achievements and attitudes towards science course: a metaanalytic investigation. *Manisa Celal Bayar University Social Studies Journal*, 16(3), 245-284.
- Orwin, R. G. & Vevea, J. L. (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. H. Cooper, L. V. Hedges & J. C. Valentine (Ed.), *Evaluating coding decisions*, (2. Edition), (s, 177-203). New York: Russel Sage Foundation.
- Ogreten, B. & Sagır, S. U. (2014). Examining the effectiveness of science teaching based on argumentation. *Journal Of Turkish Science Education*, 11(1), 75-100.
- Ozdemir, F., Aslaner, R., & Acikgöl, K. (2020). The effect of the computer-aided mathematics teaching on the students' attitudes towards mathematics: A meta - analysis study. *İnönü University Journal of the Graduate School of Education*, 7(13), 18-40.
- Ozer, M. (2019). The effect of argumentation based teaching in science education: Meta-analysis study. (Master of Science Thesis). Sivas Cumhuriyet University Institute of Educational Sciences. Sivas.
- Ozer, M. (2008). The effect of traditional and computer-aided instruction methods to student's success at science and technology lesson. (Master of Science Thesis). Firat University Institute of Educational Sciences. Elazığ.
- Ozmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51(1), 423-438.
- Ozmen, H. & Ayas, A. (2003). Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), 279-290.
- Ozmen, H. & Usta, N. D. (2017). Bilgisayar destekli kimya öğretimi. *Pegem Akademi*, 569-590.
- Ozmen, H., Ayas, A. & Costu, B. (2002). Determination of the Science Student Teachers' Understanding Level and Misunderstandings about the Particulate Nature of the Matter. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 2(2), 507-529.
- Pazar, S. (2020). The effect of Jigsaw technique on the teaching of the secondary school unit 'Pure substance and mixtures' and the learning process. (Master of Science Thesis Amasya University, Institute of Science, Mathematics and Science Education Sub-Field. Amasya.
- Pekdag, B. & Le Marechal, J. F. (2010). An explanatory framework for chemistry education: The two-world model. *Education and Science*. 35(157), 84-99.
- Piquette, J. S. & Heikkinen, H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Polat, M. (2005). Determining the difficult science topics of primary school at level two, the reasons for difficulties and suggestions to remedy them. (Master of Science Thesis). Abant İzzet Baysal University Institute of Social Sciences. Bolu.
- Pluye, P., Gagnon, M. P., Griffiths, F. & Johnson-Lafleur, J. (2009). A scoring system for appraising mixed methods research, and concomitantly appraising qualitative, quantitative and mixed methods primary studies in mixed studies reviews. *International Journal of Nursing Studies*, 46(4), 529-546. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2009.01.009
- Sari, K., & Sasmaz, F. (2020). The effect of inquiry-based learning strategy on the students' academic achievements: A metaanalysis study. *Hacettepe University Journal of Education*, 35(3), 540-555.

- Senemoglu, N. (2015). *Development, learning and instruction: From theory to practice* (24. Press). Ankara: Yargi.
- Senocak, E. (2005). *Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının maddenin gaz hali konusunun öğretimine etkisi üzerine bir araştırma*. (Unpublished PhD Thesis.). Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Senocak, E., & Taskesenligil, Y. (2005). Problem-based learning and its applicability in science education. *Kastamonu Educational Journal*, 13(2), 359-366.
- Simsek, Ü., Doymus, K., Dogan, A. & Karacop, A. (2009). Effects of two different cooperative learning techniques on students' academic achievement of chemical equilibrium topics. *GÜ Journal of Education*, 29(3), 763-791.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tavukcu, F. (2008). *The effect of computer assisted learning environment in science education on the success, science process skills and attitudes towards computer use of students*. (Master of Science Thesis). Zonguldak Karaelmas University Institute of Social Sciences . Zonguldak.
- Tosun, C. (2010). *The effect of problem based learning method on understanding of the solutions and its? physical properties*. (PhD Thesis). Atatürk Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences. Erzurum.
- Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Tümay, H., & Koseoglu, F. (2011). Developing pre-service chemistry teachers' understandings of teaching through argumentation. *Journal Of Turkish Science Education*, 8(3), 105-119.
- Türkoglu, T. (2014). *The effects of the use of the smart board on 6th grade students' academic achievement, attitudes and opinions in the teaching of science and technology*. (Master of Science Thesis). Celal Bayar University Graduate School of Natural and Applied Sciences. Manisa.
- Ültay, N., & Calik, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686-701.
- Yalcin, M. (2008). *The effect of computer-assisted application to teach of substance and heat unit*. (Master of Science Thesis). Ondokuz Mayıs University Graduate School of Natural and Applied Sciences. Samsun.
- Yaman, F. (2008). *The impact of cooperative learning in daining the objectives which are in 'matter and heat' subject in science and technology lesson for the six grade primary school students*. (Master of Science Thesis). Gazi University Institute of Educational Sciences. Ankara.
- Yesiloglu, S. N. (2007). *Teaching gases topic to high school student's trough argumentation*. (Unpublished Master of Science Thesis). Gazi University Institute of Educational Sciences. Ankara.
- Yilmaz, D. (2020). *The role of science diary in determining the learning difficulties of students about matter and its nature*. (Master of Science Thesis). Kirikkale University Science Institute. Kirikkale.
- Zhou, J., Zhou, S., Huang, C., Xu, R., Zhang, Z., Zeng, S., Ü. ve Qian, G. (2016). Effectiveness of problem-based learning in Chinese pharmacy education: A meta-analysis. *BMC Medical Education*, 16(1), 23. doi: 10.1186/s12909-016-0546-z.
- Zorlu, Y. (2016). *Effects of activities based on modeling learning method and cooperative learning model of students in elementary science and technology course*. (Master of Science Thesis). Atatürk University Institute of Educational Sciences. Ankara.

* The contribution rates of the authors to the article are 60% for the first author and 40% for the second author.

Madde ve Doğası Konusu Öğretiminde Kullanılan Yöntemlerin Etkililiğinin İncelenmesi: Meta Analiz Çalışması

Özge Göktürk³, Sedat Kanadlı⁴

Makale Hakkında

Gönd. Tarihi: 22.04.2022
Kabul Tarihi: 06.01.2023
Yayın Tarihi: 01.05.2023

Anahtar Kelimeler

Akademik başarı
Madde ve doğası
Meta-analiz
Meta-regresyon
Moderatör analizi

Özet

Bu çalışmanın amacı madde ve doğası konu alanının öğretiminde kullanılan en yaygın yöntem ve yaklaşımların akademik başarı üzerindeki etkilerini inceleyerek etki büyüklüğü en fazla olan yöntem ve yaklaşımı belirlemektir. Bu amaçla 2000-2020 yılları arasında Türkiye’de yürütülmüş ve içerme ölçütlerini karşılayan 38 deneysel çalışma meta-analiz yöntemiyle incelenmiştir. Bireysel çalışmaların etki büyüklükleri için Hedges g indeksi kullanılmıştır. Genel etki büyüklüğünü hesaplamak için bireysel çalışmaların etki büyüklükleri rastgele etkiler modeli ile birleştirilmiştir. Yapılan meta-analiz sonucunda genel etki büyüklüğünün orta düzeyde ($g=0.754$) ve anlamlı ($p<.05$) olarak belirlenmiştir. Etki büyüklükleri arasındaki varyansın anlamlılığını belirlemek amacıyla yapılan heterojenlik testi anlamlı ($p<.05$) çıkmıştır. Varyansın kaynağını belirlemek için yöntem ve yaklaşım, öğretim kademesi ve yayın türüne göre kategorik moderatör analizi yapılmıştır. Bu test sonucunda yöntem çeşidinin anlamlı bir moderatör olduğu öğretim kademesi ve yayın türünün anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Deneysel işlemin uygulama süresinin etki büyüklüklerinin anlamlı bir yordayıcısı olup olmadığını belirlemek için yapılan meta-regresyon sonucunda uygulama süresinin anlamlı bir yordayıcı olmadığı ($p<.05$) belirlenmiştir.

Atf için:

Göktürk, Ö. & Kanadlı, S. (2023). Investigation of the effectiveness in the methods used for teaching subject of matter and its nature: A meta-analysis study. *Journal of Mugla Sıtkı Koçman University Faculty of Education [MSKU]*, 10(1), 85-102. DOI: 10.21666/muefd.1107405

Fen bilimlerinin bir dalı olan kimya özellikle maddelerin yapılarını ve birbirleriyle olan etkileşimlerini inceler. Maddenin doğasının incelenmesi kimya bilimine temel bilimler arasında doğayı anlama açısından önemli bir yere sahiptir. Bu doğayı anlama çabası, Fen ve Teknoloji dersinin konu alanları arasında geniş bir yer tutar. Millî Eğitim Bakanlığının yayınladığı 3.-8. Sınıf Fen Bilimleri Öğretim Programı incelendiğinde bu dersin toplama ders saatinin yaklaşık %19’unu madde ve doğası konu alanı oluşturmaktadır. Bu konu alanı ilkokuldan üniversiteye kadar eğitim sisteminin hemen her basamağında öğrencilerin karşısına çıkmaktadır. Ancak bu konunun anlaşılmasının her öğrenim basamağı için zor olduğu bilinmektedir çünkü her seviyedeki öğrencinin hatta fen bilimleri ve kimya öğretmenlerinin de bu konu hakkında önemli kavram yanlışlarına, yanlış kavramalara sahip oldukları çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Adadan, 2014; Adadan, 2013; Ültay ve Çalık, 2012; Adadan vd., 2010; Çalık vd., 2006; Ayas ve Özmen, 2002; Demircioğlu, 2003; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002; Ayas, 1995. Maddenin tanecikli yapısı konusunun anlaşılmasında bu kadar zorluklarla karşılaşılmasının sebebi konunun soyut yapısından kaynaklanmaktadır (Adadan vd., 2010; Çalık ve Ayas, 2002; Demircioğlu vd., 2012; Doymuş, 2007; Karaçöp, 2016; Ültay ve Çalık, 2012).

Öğrenciler arasında madde ve doğasına ilişkin yaygın kavram yanlışlarının kaynaklarından biri öğrenci okul eğitiminden önce çevresinde gördüğü olaylardan yola çıkarak maddenin tanecikli değil; sürekli bir yapıda olduğunu düşünebilmektedir. Öğrenciler bu düşüncelerinin sebebi olarak katıların ve sıvıların sıkıştırılmadığını belirtmektedirler (Ayas ve Özmen, 2002; Griffiths ve Preston, 1992). Bu nedenle alan yazın incelendiğinde maddenin tanecikli yapısıyla ilgili öğrencilerin sahip olduğu birçok kavram yanlışları rapor edilmiştir (Azizoğlu ve Geban 2004; Margel vd., 2004; Boz, 2006; Altinyüzük, 2008; Miller, 2008; Aydın ve Akgün, 2009; Kariper, 2013; Çayan ve Karanlı, 2015). Bu kavram yanlışlarının en yaygın olanları şöyledir: (i) atomlar ve moleküller makroskobik özelliklere sahiptir.

³ MEB, Aydıncık ÇPAL – ozgegokturk@hotmail.com- ORCID No: 0000-0002-2600-6510

⁴ Mersin Üniversitesi– sedatkanadli@gmail.com- ORCID No: 0000-0002-0905-8677

(ii) Moleküller görülebilir büyüklüktedir. (iii) Atomların hepsi küre şeklindedir. (iv) Madde ısıtıldığında kütlesi azalır, bu nedenle suyun katı hali en ağır, gaz hali en hafiftir. (v) Hal değişimi esnasında molekül içi bağlar kırılmaktadır. (vi) Suyun tanecikleri su damlalarıdır. (vii) Su molekülü gözle görülebilir büyüklüktedir. (viii) Katı halde tanecikler hareketsizdir. (ix) Atomlar mikroskop altında görülebilecek büyüklüktedir. (x) Sıvı halde tanecikler arasında bağlar varken, katı halde bağlar yoktur, (xi) Gazların kütlesi yoktur gibi.

Madde ve doğasına yönelik oluşan bu kavram yanılgıları öğrencilerin akademik başarılarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Yanlış ve eksik öğrenmelerin sebep olduğu başarısızlığın çeşitli öğretim yöntemleri kullanılarak minimum düzeye düşürülmesine yönelik alanyazında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Karacalı, 2022; Can ve Gerşil, 2021). Bu öğrenme güçlüklerinin üstesinden gelmek ve kimyanın doğru olarak anlaşılabilmesi ve akademik başarının artırılabilmesi için mikro, makro ve sembolik boyut olmak üzere kimyanın üç boyutun doğru olarak anlaşılması ve ilişkilendirilmesi gerektiğini belirtmektedir (Jaber ve Boujaoude, 2012; Treagust vd., 2003). Makro boyut gözlemlenebilen olgular, durumlar ve deneyimlerle; mikro boyut gözle görülmeyen tanecikler, yapısal formüller ve zihinde oluşturululan görüntüler ile ve sembolik boyut ise kimyasal denklemler ve grafikler gibi matematiksel ifadeler ve grafikler ile ilgilidir (Çavdar ve diğerleri, 2016; de Berg, 2012; Çalık ve diğerleri, 2006; Özmen ve Ayas, 2003). Makro boyutta gözlemlenen olaylara maddenin şekli, rengi, hal değişimleri; mikro boyutta gerçekleşen olaylara atom ve moleküllerin hareketleri, elektron alıp verme gibi olaylar; sembolik boyuta ise elementlerin sembolleri, bileşiklerin formülleri, kimyasal denklemler örnek verilebilir (Talanquer, 2011).

Kimyanın tam ve doğru olarak anlaşılabilmesi için üç boyutun birbiriyle doğru şekilde ilişkilendirilmesi sağlanmalıdır (Okumuş ve diğerleri, 2017; Talanquer, 2011; Pekdağ ve Le Maréchal, 2010). Yapılan çalışmalarda öğrencilerin makro ve sembolik boyutu anlamada başarılı oldukları ancak mikro boyutu anlamakta güçlük çektikleri, olayları ilişkilendiremedikleri ve bu sebepten dolayı kimyanın temeli olan ve diğer konulara kaynak oluşturan madde konusu ile ilgili olarak çok fazla kavram yanılgısına sahip oldukları ve dolayısıyla başarılarının düşük olduğu belirlenmiştir (Çavdar ve diğerleri, 2016; Okumuş vd., 2014; Adadan, 2013; Demircioğlu ve Uçar, 2012; Adadan ve diğerleri, 2010; Çalık ve Ayas, 2002). Ayrıca öğrencilerin mikro boyuttaki olayları makro boyutta açıklamaya eğilimli oldukları, maddenin tanecikli yapısını kavrayamadıkları tespit edilmiştir (Çavdar vd., 2016; Okumuş ve diğerleri, 2014; Demircioğlu ve diğerleri, 2012; Adadan ve diğerleri, 2010; Kalın ve Arıkal, 2010). Madde ve doğası konusunun öğretiminde kalıcı ve etkin öğrenmeler sağlayarak akademik başarıyı artırıcı yönde etkileri olan öğrenci merkezli farklı yöntemler bulunmaktadır (Can ve Gerşil, 2021; Çavdar ve diğerleri, 2016; Adadan, 2013; İleri, Selvi ve Köse, 2020; Batdı ve Anıl, 2020; Ayaz, 2015). Alanyazın incelendiğinde madde ve doğasının öğretiminde etkili olduğu deneysel çalışmalarla belirlenen birçok yaklaşım ve yöntem öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım ve yöntemlerin en yaygın olanlarının; bilgisayar destekli öğretim, işbirlikli öğretim, probleme dayalı öğretim ve argümantasyon temelli öğretim olduğu görülmektedir.

Bilgisayar Destekli Öğretim

Fen bilimlerinin önemli alt dallarından biri olan kimya, günlük yaşamda gözlenemeyen birçok soyut kavram içerdiği için anlatılmasının ve anlaşılmasının zor olmasına neden olmaktadır. Makroskobik ve mikroskobik olaylar arası etkileşimin algılanamaması çoğu kavramın öğrenilmesine engel olmaktadır. Özellikle Maddenin Tanecikli Yapısı, Kimyasal Bağlar gibi konuların zihinde canlandırılmasında öğrenciler güçlük çekmektedirler (Özmen, 2008; Adadan, Irving ve Trundle, 2009). Bilim ve teknolojiye değişimlerle birlikte eğitim sistemimize kaçınılmaz bir şekilde giren bilgisayar destekli öğretim, öğrenci ve öğretmenlere eğitim etkinliklerinde yardımcı olmuştur (Kaptan ve Korkmaz, 1999). Bilginin hızla artması, içeriklerin karmaşık hale gelmesi, günümüz iletişim araçlarının başında gelmesi, görsellik ve işitsellik özellikleri ile birden fazla duyu organına hitap etmesi gibi çok sayıda ihtiyacı gidermeye yarayan bilgisayar destekli öğretim son yıllarda popüler yaklaşımlardan biri olmuştur (Okur ve Ünal, 2010). Bilgisayar destekli öğretim uygulamaları yardımıyla tanecikler düzeyindeki moleküler etkileşimlerin görülmesi kavramların daha etkin ve anlamlı şekilde öğrenilmesini sağlamaktadır (Akçay vd., 2005; Kaptan ve Korkmaz, 1999). Ayrıca bu öğretim yönteminin soyut kavramları somutlaştırmaya yardımcı olduğu, hatırdı kalma süresini artırdığı ve

ezbere öğrenmenin önüne geçtiği alan yazın çalışmaları ile de belirlenmiştir (Özmen ve Dönmez Usta, 2017; Kaptan ve Korkmaz, 1999).

İşbirlikli Öğretim

İşbirlikli öğrenme, öğrencilerin eğitim ortamında bir problem çözme veya bir görevi gerçekleştirme gibi belirli bir ortak amacı gerçekleştirmek üzere, akademik bir konuda birlikte çalışma ve birbirlerinin öğrenmelerine yardımcı oldukları bir öğrenme yaklaşımı olarak tanımlanabilmektedir (Demirel, 2002; Senemoğlu, 2004). İşbirlikli öğrenmede süreç boyunca bütün öğrenciler eşit şansa sahiptir (Büyükkaragöz, 1997). Esas amaç öğrencilerin bir grup içerisinde beraber çalışması ve birbirlerine karşı olan sorumluluklarını yerine getirmeleridir. Süreci yöneten, grupların etkin çalışmalarını ve grup üyelerinin sorumluluklarını yerine getirip getirmediğini gözlemleyen kişi öğretmendir (Gömleksiz, 1993).

Probleme Dayalı Öğretim

Probleme dayalı öğretim temellerinin John Dewey'in öğrencilerin araştırmaya ve yaratmaya karşı duydukları ilgiden yola çıkarak eğitilmeleri gerektiği görüşüne dayandığı ve 1960'lı yıllarda tıp fakültesindeki öğrencilere uygulanması ile başlamış bir öğretim sürecidir (Şenocak, 2005). Özellikle tıp ve mühendislik fakültelerinde temel konuların/kavramların öğretilmesinde, yetenek ve bakış açılarının geliştirilmesinde, ilerletilmesinde ve olası problemlerin çözümünde uygun seçeneklerin bulunması hedeflenmektedir. Gerçek veya olası problemlerin ortaya atıldığı, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirme, karar alma ve yaratıcılık gibi becerileri geliştirmektedir (Aydoğdu, 2012). Fen eğitiminde özellikle çevresel sorunlar hakkında fikir geliştirme, öğrencilere yaratıcı çözüm becerileri sunma gibi alanlarda yapılan çalışmalar rastlanmaktadır (Tosun, 2010; Şenocak ve Taşkesenligil, 2005; Aydoğdu, 2012).

Argümantasyon Temelli Öğretim

Geleneksel yöntemle işlenen laboratuvar çalışmalarına alternatif olarak araştırmaya dayalı laboratuvar kullanımına yönelik yaklaşımlardan biri de argümantasyon tabanlı bilim öğrenme (ATBÖ) yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, araştırma-sorgulama temelli öğrenme ortamlarında argümantasyon yolu ile bilimsel bilginin üretilmesini bilişsel ve üst bilişsel öğrenmeyi harekete geçirmeyi amaçlayan bir uygulamadır (Driver, Newton ve Osborne, 2000). Bu yaklaşımda öğrenci ve öğretmenler için taslak şablonlar oluşturulmuştur. Öğrenciler başlangıç sorularını belirlemekte, bu sorularına uygun hipotezler geliştirmekte, iddialarını ve bu iddialara yönelik olarak kanıtlarını oluşturarak birden fazla kaynak kullanarak araştırmakta, iddia ve kanıtlarını destekleyecek ya da çürütecek bilgiler ortaya çıkarmaktadır (Köseoğlu ve Tümay, 2015). Argümantasyon sürecinde öğrenciler bu aşamaları yaparken aynı zamanda dil becerilerini de geliştirmekte, resim, grafik veya denklem gibi çoklu gösterimlerle de desteklemektedir (Öğreten ve Sağır, 2014; Aydın ve Kaptan; 2014; Çinici vd., 2014). Argümantasyon temelli öğretim fen eğitiminde önemli bir yeri olan laboratuvar uygulamalarında öğrenci başarıları etkilerinde, tutumlarında ve yazma becerileri gelişimleri üzerine yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (Yeşiloğlu, 2007; Tümay ve Köseoğlu, 2011).

Alan yazın incelendiğinde yukarıda açıklanan her bir yöntem ve yaklaşımla ilgili meta-analiz çalışmaları bulunmaktadır. Örneğin Ayaz (2014) araştırmasında proje tabanlı öğrenme (PTÖ) yaklaşımının, öğrencilerin fen derslerine yönelik tutumlarını ve bu dersteki akademik başarılarına etkisini belirlemek amacıyla bir meta-analiz çalışması yapmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin fen derslerindeki akademik başarılarına ve tutumlarına proje tabanlı öğrenme yaklaşımının etkisinin orta düzeyde olduğunu belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada Balemen (2016) çalışmasında meta-analiz yöntemi kullanarak fen eğitiminde Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı'nın (PTÖY) akademik başarı üzerindeki etkisinin ne olduğunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda projeye dayalı öğretim yaklaşımının akademik başarı üzerinde geniş düzeyde bir etkisinin olduğunu ve en büyük etkinin biyoloji konularının öğretiminde ve lise düzeyinde olduğunu belirlemiştir. Orhan ve Durak Men (2018)'de yaptıkları çalışmada, web tabanlı öğretimin öğrencilerin fen eğitimine etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda web tabanlı öğretimin öğrencilerin akademik başarıları üzerinde geniş düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu belirlemiştir. Özer (2019) tarafından yapılan çalışmada fen derslerinde Argümantasyon Temelli Öğretim (ATÖ) kullanan çalışmaların akademik başarı, bilimin doğası, tutum ve kavramsal anlama değişkenlerine etkisini incelemek amacıyla bir meta analiz çalışması araştırması gerçekleştirilmiştir. Yapılan meta-analiz sonucunda argümantasyonun

öğrencilerin akademik başarı üzerinde geniş, bilimin doğası anlayışı üzerine geniş, fen derslerine yönelik tutum üzerine orta ve kavramsal anlama üzerine geniş düzeyde etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. İleri (2019) İşbirlikli Öğrenme Yaklaşımı'nın öğrencilerin akademik başarılarına etkisinin meta analiz yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda, İşbirlikli Öğrenme Yaklaşımı'nın öğrencilerin akademik başarıları üzerinde güçlü ve olumlu yönde bir etkiye sahip olduğunu belirlemiştir.

Bu meta-analiz çalışmalarında konu alanı farkı gözetilmeden genel olarak kullanılan yöntem veya yaklaşımların etkililiği incelenmiştir. Yukarıda özetlenen meta-analiz çalışmalarından farklı olarak bu meta-analiz çalışmada öğrencilerde yaygın kavram yanlışlarına neden olduğu bilinen madde ve doğası konu alanının öğretiminde kullanılan yöntem ve yaklaşımların etkililiği karşılaştırılarak etkili yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece bu çalışmanın madde ve doğası konu alanının öğretilmesi sırasında öğretmenlere ve uygulayıcılara kullanacakları yöntemleri belirlemelerinde katkı sağlaması açısından önemli görülmektedir. Bu nedenle bu meta-analiz çalışmasında aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Madde ve doğası konu alanının öğretiminde kullanılan yöntemlerin genel etki büyüklüğü nedir?
2. Madde ve doğası konusunun öğretiminde kullanılan yöntemlerin etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Deneysel işlemin uygulama süresi, madde ve doğası konusunun öğretiminde kullanılan yöntemlerin etki büyüklüğünün anlamlı bir yordayıcısı mıdır?
4. Madde ve doğası konusunun öğretilmesinde kullanılan yöntemlerin genel etki büyüklüğü, uygulamanın yapıldığı öğretim kademesine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

Yöntem

Araştırmada “Madde ve Doğası” konusunun bir öğretim yöntemi kullanılarak öğretimini temele alan deneysel desenli çalışmaların genel etki büyüklüğünü hesaplamak için meta analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta Analiz; belirlenen bir konu veya tema çerçevesinde deneysel çalışmaların çeşitli ölçütlere göre gruplandırılarak elde edilen nicel verilerin birleştirilerek yorumlanmasıdır (Dinçer, 2014). Meta Analiz yönteminin amaçları arasında; farklı bilimsel çalışmaların sonucunda ortaya çıkan ve birbirleri ile tutarlılık göstermeyen çalışmaları değerlendirmek, küçük örneklerle yapılmış çalışmaları bir araya getirip örneklem yelpazesini büyütürken istatistiksel gücünü artırmak, ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olmak ve yeni araştırma konularına işaret etmek bulunmaktadır (Akçıl, 1995).

Alan Yazın Tarama Prosedürleri

Madde ve Doğası konu alanı temele alınmış öğretim yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalara ulaşmak için Google Akademik, YÖK Tez Merkezi veri tabanları taranmıştır. Veri tabanı tarama işlemi Mart-Nisan 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak Aralık 2020 tarihinde de tamamlayıcı tarama yapılmıştır. Bu veri tabanlarında yapılan tarama işleminde 2000-2020 yılları arasında gerçekleştirilmiş çalışmalar sınırlandırılmış ve “Madde ve Doğası”, “Maddenin Tanecikli Yapısı”, “Fen Eğitimi”, “Fen Bilimleri” ve “Madde” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Konuyla ilgili olarak elde edilen çalışmaların da kaynakça kısımları incelenerek eksik çalışma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Tarama sonucunda Madde ve Doğası ile ilgili araştırma yapılan 331 çalışmaya ulaşılmıştır.

Literature Search Prosedure

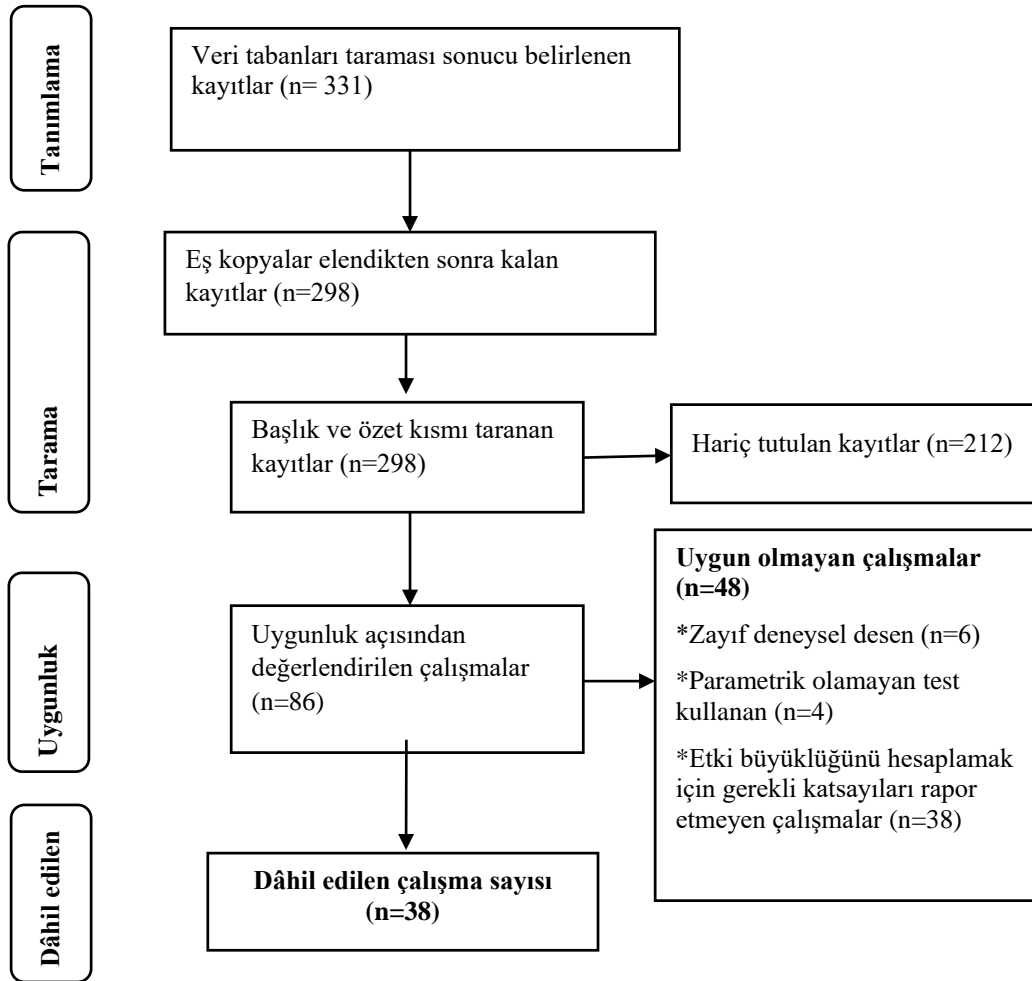
Çalışmaları İçerme ve Dışlama Ölçütleri

Madde ve Doğası ile ilgili olarak yapılmış olan bir çalışmanın bu meta-analiz araştırmasına dâhil olabilmesi için belirli kriterler belirlenmiştir. Bunlar: (i) Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında çalışılmış olmalıdır. (ii) Madde ve Doğası konusunun öğretimi ile ilgili bir öğretim yöntemi kullanılmış olmalıdır. (iii) Kullanılan öğretim yönteminin akademik başarıya etkisinin araştırılmış olmalıdır. (iv) Etki büyüklüklerini hesaplayabilmek amacıyla gereken nicel verilerin rapor edilmiş olmalıdır. (v) Parametrik istatistiksel yöntemlerin kullanılmış olmalıdır. (vi) Deney ve kontrol grubunun bulunduğu çalışmalar olmalıdır. (vii) Madde ve Doğası ile yürütülen birincil çalışmalarda kullanılan bir yöntemin veya yaklaşımın diğer yöntemlerle anlamlı bir şekilde karşılaştırabilmek için en az dört ayrı birincil çalışmada kullanılmış olmalıdır. Madde ve Doğası konusunu bir öğretim yöntemi ile çalışmış; ancak parametrik olmayan testler kullanılan çalışmalar araştırmaya dâhil edilmemiştir.

Belirlenen bu ölçütler doğrultusunda yapılan tarama sonucunda 331 çalışma incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda parametrik testler kullanmayan, akademik başarıyı doğrudan ölçmeyen çalışmalar analizin dışında bırakılarak 86 çalışmaya ulaşılmıştır. Elde edilen bu çalışmalardan altısında zayıf deneysel desenler kullanıldığı, dördünde parametrik olmayan testler kullanıldığı ve 38 tanesinde ise madde ve doğası öğretiminde kullanılan öğretim yöntemine yönelik yeterli sayıda çalışmanın bulunmamasından dolayı meta-analize dâhil edilmemiştir. Sonuç olarak bu meta-analiz araştırmasına 38 adet çalışma dâhil edilmiştir. Çalışmaları meta analize dâhil etme ile ilgili olarak oluşturulan akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.

Dâhil Edilen Çalışmaların Kalitesinin Değerlendirilmesi

Bu meta-analiz çalışmasına dâhil edilen birincil araştırmaların kalitesini değerlendirmek için Pulye vd. (2009) tarafından geliştirilen değerlendirme sistemi kullanılmıştır. Bu değer sisteminde deneysel çalışmaların değerlendirilmesinde üç ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütler; (i) deneysel işlemin uygulama sürecinin açıklanması ve örneklemin seçkisiz olarak belirlenmesi, (ii) grup bilgisinin gizlenmesi, bir başka deyişle katılımcıların deney ya da kontrol grubunda olup olmadıklarını bilmemeleri, (iii) kullanılan ölçme araçlarının geçerliğinin ve güvenilirliğini sağlamış olması ve veri kaybının olmaması. Pulye vd. (2009) oluşturduğu sisteme göre çalışmada yukarıdaki ölçüt karşılanmış ise bir puan, karşılanmamış ise sıfır puan verilmesini önermiştir. Kanadlı (2019) sosyal bilimlerde bu kriterleri kısmen karşılayacak çalışmaların olmasından dolayı yarım puan verilmesini önermiştir. Meta-analiz dâhil edilen 38 çalışma bu ölçütlere göre değerlendirildiğinde ortalama 1 Puan olarak bu ölçütleri kısmen karşıladığı belirlenmiştir.



Şekil 1. Dâhil Etme Sürecine İlişkin Akış Şeması

Çalışmaların Özelliklerinin Kodlanması

Bu meta-analiz çalışmasının kapsamının içerisine alınan araştırmalar; (i) araştırma raporunun özellikleri, (ii) çalışmada kullanılan deneysel desen, (iii) örneklem özellikleri, (iv) uygulama süresi, (v) çalışmada kullanılan yöntem ve yaklaşım ve (vi) etki büyüklükleri için gerekli veriler göz önünde bulundurularak kodlanmıştır.

(i) Araştırma raporlarının özellikleri: Bu kategoride araştırma raporlarında bulunan yazarların soyadları, araştırmanın türü ve yayınlanma tarihi kodlanmıştır. Araştırmaların türü; makale ve tez çalışması olarak sınıflandırılmıştır.

(ii) Araştırma tasarımları: Bu kategoride altında Madde ve Doğası konusunun işleminde uygulama yöntemlerinin akademik başarıya etkisinin incelendiği ön test-son test kontrol gruplu çalışmalar kodlanmıştır.

(iii) Örneklem özellikleri: Bu kategoride seçilen örneklemin sınıf düzeyi kodlanmıştır. Buna göre; 5-8.sınıf ortaokul, 9-12. Sınıf lise ve üniversite öğrencileri ise lisans olarak kodlanmıştır.

(iv) Uygulama süresi: Deneysel işlemin uygulama süresi hafta olarak kodlanmıştır.

(v) Yöntem ve yaklaşımlar: Bu kategori altında bilgisayar destekli öğretim, işbirlikli öğretim, probleme dayalı öğretim ve argümantasyon temelli öğretim yöntem ve yaklaşımları kodlanmıştır. Bilgisayar destekli öğretim koduna; web tabanlı öğretim, akıllı tahta destekli öğretim kullanan çalışmalar dâhil edilmiştir. İşbirlikli öğretim koduna; ayrılıp-bileşme, öğrenci takımları-başarı bölümleri vb. teknikleri kullanan çalışmalar dâhil edilmiştir. Probleme dayalı öğretim koduna; proje tabanlı öğretimi ve araştırmaya dayalı öğretimi kullanan çalışmalar dâhil edilmiştir.

(vi) Etki büyüklükleri için gerekli nicel veriler: Bu kategoride deney ve kontrol gruplarının ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoksa deney ve kontrol gruplarının son-test puanları olan örneklem sayısı, ortalama, standart sapma kodlanmıştır. Eğer ön-test puanları arasında anlamlı farklılık varsa deney ve kontrol gruplarının örneklem sayıları, ortalamaları ve standart sapmaları ile birlikte öntest-sontest korelasyon katsayıları kodlanmıştır. Çalışmalarda bu bilgiler eksik ise etki büyüklüklerini hesaplamak için t testi, F testi ve anlamlılık (p) değeri kodlanmıştır.

Kodlayıcı güvenilirliği

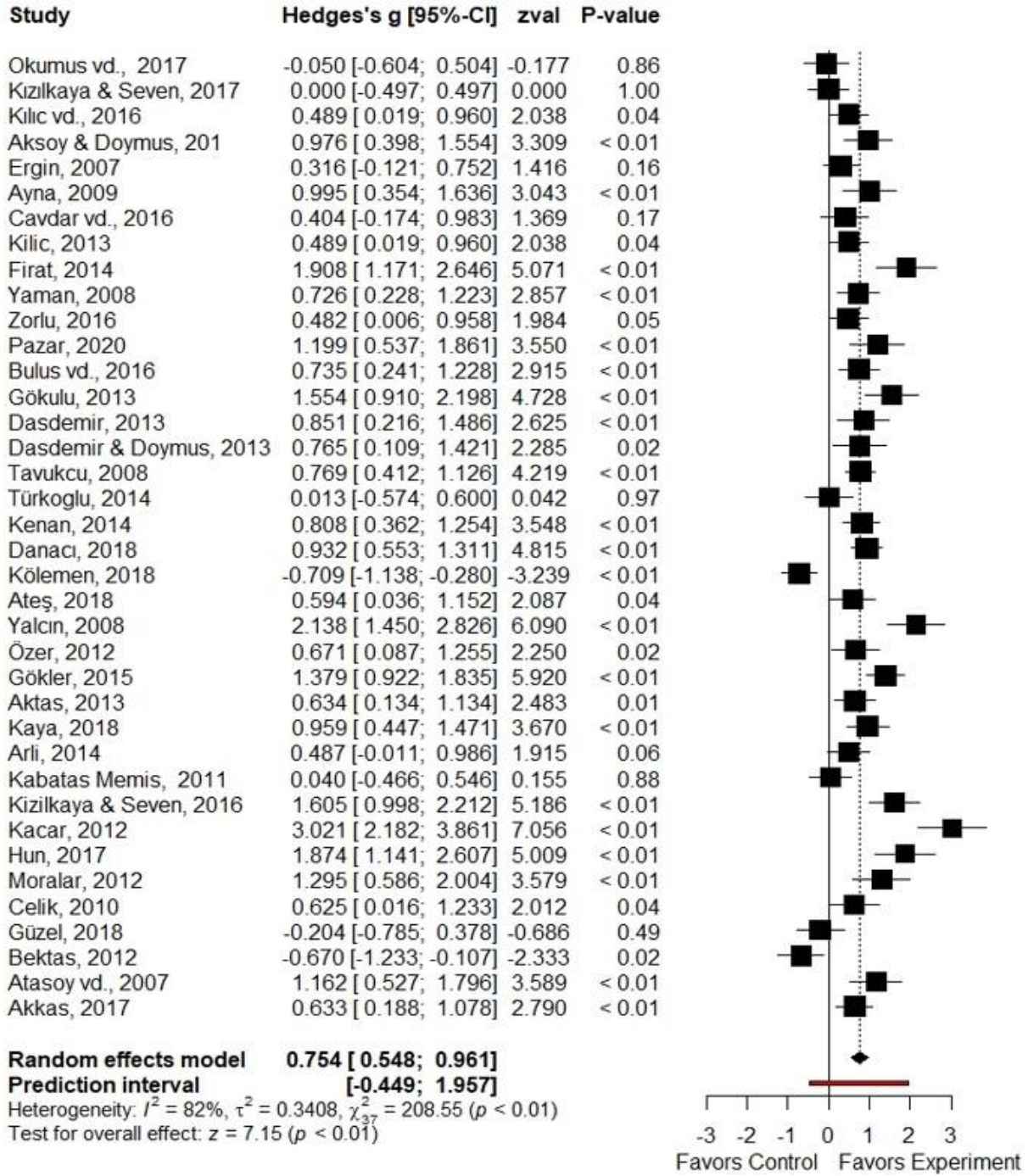
Kodlayıcı güvenilirliğini belirlemek için rastgele 20 çalışma seçilmiş ve kodlama formu ile bir başka araştırmacıya verilerek kodlaması istenmiştir. Kodlayıcılar arası güvenilirlik uzlaşma oranı= [(Uzlaşılacak çalışma sayısı)/(toplama çalışma sayısı)]x100 (Orwin ve Vevea, 2009) formülü ile hesaplanmıştır. Buna göre kodlamanın %100 güvenilirlikte yapıldığı belirlenmiştir.

Veri Analiz Stratejileri

Bu meta-analiz çalışmasında örneklem sayısı 20'den küçük olan çalışmalar da dâhil edildiğinden dolayı etki büyüklüğü indeksi olarak Hedges'in g'si kullanılmıştır. Hesaplanan etki büyüklüğü eğer 0-0.20 arasında ise "zayıf", 0.21-0.50 arasında ise "küçük", 0.51-1.0 arasında ise "orta", 1.0'dan büyük ise "güçlü" bir etki büyüklüğü olduğu şeklinde yorumlanabilir (Cohen vd., 2007, p.521). Belirlenen etki büyüklükleri sabit ve rastgele etkiler modeli olarak iki farklı modele göre birleştirilerek genel etki büyüklüğü hesaplanmaktadır. Birincil çalışmalar alan yazından toplanmışa heterojenlik testi yapmadan rastgele etkiler modelinin kullanılmasını önermektedir (Borenstein vd., 2009, s.86). Bundan dolayı bu çalışmada rastgele etkiler modeline göre genel etki büyüklüğü hesaplanmış; ancak heterojenlik testi de çalışmalar arasındaki varyansın varlığını ve büyüklüğünü belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Heterojenliğin büyüklüğü I² indeksine göre yorumlanmıştır. I² değeri %25'e kadar düşük, %50'ye kadar orta ve %75'e kadar yüksek heterojenlik olarak değerlendirilmektedir (Higgins vd., 2003). Çalışmalar arasındaki heterojenliğin kaynağını belirlemek için kullanılan yöntem ve yaklaşım, çalışma türü ve öğretim kademesine göre kategorik moderatör analizi yapılmıştır. Bunun yanı sıra meta-regresyon analizi uygulama süresinin anlamlı bir yordayıcı olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Meta-regresyon herhangi bağımsız ancak sürekli bir değişkenin etki büyüklükleri arasındaki varyansı açıklamak için kurulan modelin anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır (Kanadlı, 2019, s.25). Son olarak dâhil edilen çalışmalarda yayın yanlılığı olup olmadığını ve etkisini belirlemek için huni diyagramı ve Egger'in Kesen Testi kullanılmıştır ve Rosenthal'ın Korumalı N'i yapılmıştır. Bu çalışmada meta analizin yapılmasında MS Office programlardan, CMA 2.0 yazılımı ve R paket programı kullanılmıştır.

Bulgular

Araştırma sonucunda meta-analize dâhil edilen 38 çalışmada Madde ve Doğası konusunun farklı öğretim yöntemleriyle işlenmesinin akademik başarı üzerindeki etkilerini Şekil 2’de aktarılmıştır.



Şekil 2. Çalışmaya Dâhil Edilen Çalışmaların Orman Grafiği

Orman grafiğinde incelendiği üzere meta-analize dâhil edilen 38 çalışmanın etki büyüklükleri -0.709 ile 3.021 arasında değişmektedir. Kaçar'ın (2012) çalışması 3.021 (%95 CI: 2.182; 3.861) etki büyüklüğü ile potansiyel bir uç değerdir; ancak çalışma ağırlığı incelendiğinde bu çalışmanın genel etki büyüklüğüne katkısı diğer çalışmalara yakındır. Bu nedenle analiz dışı bırakılmamıştır. Şekilde görüldüğü gibi meta-analizde dâhil edilen çalışmaların %84.2'si ($n=32$) anlamlı ($p < .05$) bir etki büyüklüğü vermişken %15.8'inin ($n=6$) etki büyüklüğü anlamlı ($p > .05$) değildir. Etki büyüklüklerinin

%10.5'i (n=4) kontrol grubu lehine iken %89.5'i (n=34) deney grubu lehinedir. 38 çalışmanın etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre birleştirilince genel etki büyüklüğü alt sınırı 0.548 ve üst sınır 0.961 ile 0.754 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sıfırdan anlamlı bir şekilde farklıdır ($z=7.15$, $p<.01$) ve Cohen vd. (2007) sınıflaması referans alındığında genel etki büyüklüğü orta düzeydedir. Buna göre madde ve doğası ünitesinin öğretiminde kullanılan öğretim yöntem ve yaklaşımları öğrencilerin başarıları üzerinde orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu söylenebilir. Ancak gerçek etki büyüklüklerinin genel etki büyüklüğü etrafında nasıl dağıldığını gösteren tahmin aralığı incelendiğinde tüm popülasyonların yaklaşık %95'inin -0.449 ile 1.957 arasında değişen gerçek bir etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle genel etki büyüklüğü pozitif olmasına (deney grubu lehine) rağmen bazı çalışmalarda gerçek etki negatif (kontrol grubu lehine) olabilir. Bir başka deyişle maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntem ve yaklaşımların her çalışmada etkili olacağı söylenemez.

Heterojenlik testi sonucu incelendiğinde çalışmaların heterojenliğinin anlamlı ($Q_{(37)}=208.55$, $p<.01$) ve yüksek düzeyde ($I^2=82\%$) olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar çalışmaların birbirinden farklı olduğunu ve bu farklılık örnekleme hatası dışındaki faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu durumda varyansın kaynağını belirlemek için moderatör analizi yapılması önerilmektedir (Card, 2012). Bu çalışma bağlamında olası varyans kaynakları olarak deneysel işlemlerde kullanılan yöntem ve yaklaşım (Bilgisayar destekli öğretim-BDÖ, İşbirlikli Öğretim-İÖ, Probleme Dayalı Öğretim-PDÖ ve Argümantasyon Temelli Öğretim-ATÖ), sınıf seviyesi (5, 6, 7, 8. sınıf) açısından incelenmiştir. Kategorik moderatör analizine ilişkin sonuçlar Tablo 3'te aktarılmıştır.

Tablo 3. Kategorik moderatör analiz sonuçları

Kategoriler	k	Etki B. (EB)	95% Güven Aralığı			Heterogeneity		
			Alt Sınır	Üst Sınır	p	Q _b	df	p
3. Yöntem ve Yaklaşım	38	0.659	0.475	0.844	0.00	3.776	3	0.28
ATÖ	4	0.531	0.170	0.892				
BDÖ	14	0.779	0.441	1.116				
İBÖ	17	0.572	0.277	0.866				
PDÖ	6	1.344	0.491	2.197				
4. Öğretim Kademesi	38	0.709	0.547	0.870	0.00	9.115	3	0.05
5.Sınıf	2	0.773	0.437	1.109				
6.Sınıf	26	0.710	0.441	0.980				
7.Sınıf	6	1.159	0.672	1.646				
8.Sınıf	2	0.746	0.351	1.140				
Lisans 1	2	0.169	-0.276	0.614				

Tablo 3'te görüldüğü gibi çalışmalar yöntem ve yaklaşım ve öğretim kademesi olarak ayrılarak gruplandırılmış ve rastgele etkiler modeline göre etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Yapılan kategorik moderatör sonucunda maddenin doğası ünitesinin öğretiminde kullanılan yöntem/yaklaşımların öğrencilerin akademik başarıları üzerinde "orta" düzeyde anlamlı bir etkiye (EB=0.659, $p<.05$) sahip olduğu görülmektedir. Cohen vd. (2007) sınıflamasına göre argümantasyon temelli öğretim (EB=0.531), işbirlikli öğretim (EB=0.572) ve bilgisayar destekli öğretim (EB=0.779) akademik başarı üzerinde "orta" düzeyde etkili iken probleme dayalı öğretimin (EB=1.344) "güçlü" düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak genel etki büyüklüğü, kullanılan yöntem/yaklaşımına göre anlamlı farklılık göstermemiştir.

Tablo 3'te görüldüğü gibi deneysel işlemin yapıldığı sınıf seviyesinin heterojenliğe katkı sağlayan kategorik moderatör analizi sonucu incelendiğinde sınıf seviyesinin anlamlı bir moderatör olmadığı ($p>.05$) belirlenmiştir. Maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntemlerin akademik başarı üzerindeki etkisinin en yüksek 7. Sınıfta (EB=1.159) iken en düşük Lisans 1 (EB=0.169) seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntem ve

yaklaşımlar ortaokul düzeyinde etkili olurken ($p < .05$), üniversite düzeyinde etkili olmadığı söylenebilir ($p > .05$).

Çalışmalar arasında var olan heterojenliği açıklamak için deneysel işlemin uygulama süresi (Hafta) bağımsız bir değişken olarak seçilmiştir. Meta-analize edilen 38 çalışmadan 11 tanesi, deneysel işlemin kaç hata uygulandığını rapor etmemiştir. Uygulama süresinin kategorik değil, sürekli olmasından dolayı çalışmalar arasındaki varyansı açıklamak için meta-regresyon analizi yapılmıştır. Meta-regresyon sonucu Tablo 4’te aktarılmıştır.

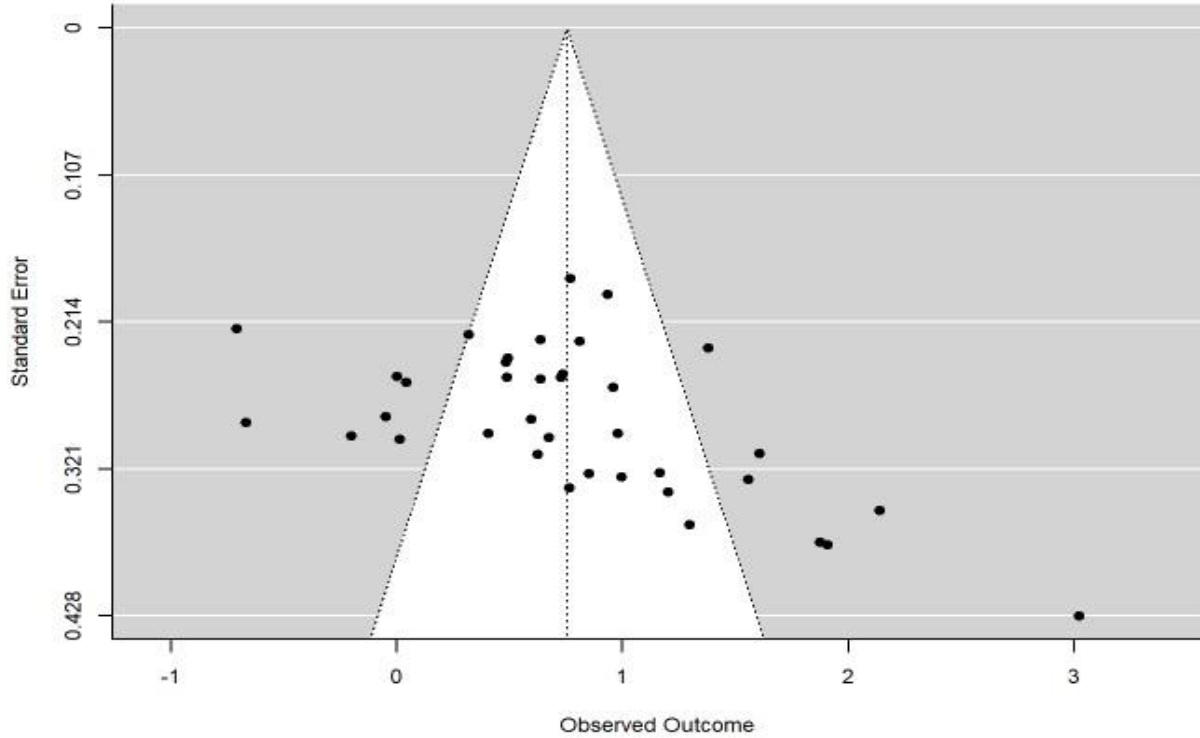
Tablo 4. Meta-regresyon sonucu

Regresyon	Q	df	p-değeri
Model	0.05059	1	0.82204
Artık	27.40631	25	0.33590
Toplam	27.45690	28	0.38569

Tablo 4’e göre çalışmalar arasındaki varyansı uygulama süresi ile açıklamaya çalıştığımız modelin anlamlı olmadığı ($p > .05$) görülmektedir. Bu sonuca göre deneysel işlemi uygulama süresinin anlamlı bir yordayıcı olmadığı sonucuna varılabilir.

Yayın Yanlılığı

Yayın yanlılığını belirlemek için çalışmalar yayınlanmış (makale) ve yayınlanmamış (tez) olarak sınıflandırılıp yayınlanma durumuna göre anlamlı farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Çalışmaların yayınlanma durumuna göre anlamlı bir farklılık yoksa yayın yanlılığı olmadığı sonucuna varılabilir (Card, 2012, s.262). Yapılan moderatör analizi sonucu incelendiğinde genel etki büyüklüğünün yayın türüne göre anlamlı bir farklılık göstermediği ($Q(1) = 0.001, p > .05$) belirlenmiştir. Dolayısıyla yayın yanlılığı olmadığı sonucu çıkarılabilir. Yayın yanlılığı olup olmadığını kesin olarak belirleyebilmek amacıyla huni grafiği, Begg-Mazumdar Sıra Korelasyonu, Egger’in Kesen Testi ve Rosendhal’in korumalı N’i incelenmiştir. Başarı için hesaplanan genel etki büyüklüğüne dair huni grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. Huni grafiği

Şekil 3’te görüldüğü gibi etki büyüklükleri genel etki büyüklüğünün etrafında simetrik olarak dağılmamıştır. Bu asimetrinin anlamlı olup olmadığını belirlemek için sıra korelasyonu ve regresyon

testi incelendiğinde her iki testin anlamlı olduğu (sırasıyla $p=0.0018$ ve $p<0.0001$) belirlenmiştir. Buna göre çalışmada yayın yanlılığı olabileceği söylenebilir. Bu testlere ek olarak hesaplanan etki büyüklüğünün güçlü olup olmadığını belirlemek için Rosenthal'ın Korumalı N incelenmiştir. Yapılan Rosenthal'ın Korumalı N test sonucuna göre etki büyüklüğünü anlamsız hale getirmek için 2525 çalışma gerektiği belirlenmiştir. Bu meta-analiz çalışmasının için eşik değeri 220 ($5 \times 42 + 10$) olduğu düşünüldüğünde hesaplanan etki büyüklüğünün yayın yanlılığından kaynaklanmadığını ve güçlü olduğu söylenebilir. Yayın yanlılığı analizleri genel olarak değerlendirildiğinde her ne kadar huni grafiği anlamlı bir asimetriğe sahip olsa da çalışmaların yayınlanma durumuna göre anlamlı farklılık göstermemesi ve etki büyüklüğünün güçlü olmasından dolayı çalışmada yayın yanlılığı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tartışma

Madde ve doğası konu alanının öğretiminde kullanılan yöntemlerin genel etki büyüklüğünü hesaplamak ve bu yöntemlerin etki büyüklüklerinin uygulama süresine ve öğretim kademesine göre anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını belirlemek için yapılan bu meta analiz çalışmasında 38 birincil çalışma dâhil edilmiştir. Etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre birleştirilince genel etki büyüklüğü alt sınırı 0.548 ve üst sınır 0.961 ile 0.754 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sıfırdan anlamlı bir şekilde farklıdır ($z=7.15$, $p<.01$). Cohen vd. (2007) sınıflaması referans alındığında genel etki büyüklüğü “orta” düzeyde bir etki büyüklüğüdür. Buna göre madde ve doğası konu alanının öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli öğretim, işbirlikli öğretim, probleme dayalı öğretim ve argümantasyon temelli öğretim yöntemlerinin akademik başarıyı artırma konusunda etkili olduğu söylenebilir. Ancak gerçek etki büyüklüklerinin genel etki büyüklüğü etrafında nasıl dağıldığını gösteren tahmin aralığı (%95 CI: -0.449; 1.957) incelendiğinde maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntem ve yaklaşımların her çalışmada etkili olacağı söylenemez. Nitekim birçok birincil çalışmada kullanılan yöntem /yaklaşımların madde ve doğası konusunun öğretiminde etkili olurken (e.g. Kacar, 2012; Yalçın, 2008; Daşdemir, 2013; Fırat, 2014), bazı çalışmalarda (e.g. Kölemen, 2018; Bektaş, 2012; Güzel, 2018; Okumuş vd., 2017) etkili olmamıştır.

Her öğretim seviyesinde yer alan madde ve doğası konusu 6. Sınıf müfredatı itibarıyla soyut niteliğe sahip olan kavramları daha çok içermektedir (Yılmaz, 2020; Polat, 2005). Bu durum atom, kimyasal özellik, periyodik tablo, asit baz gibi konularda soyut kavramların somutlaştırılmaması öğretim kısmında sorun yaşatmaktadır. Somutlaştırılmakta zorluk yaşanan bu kavramlar dolayısıyla günlük yaşam ile ilişkilendirilememekte ve öğrenilmesini de zorlaştırmaktadır (Kakız, 2019; Demircioğlu vd., 2019). Soyut düşünme becerileri gerektiren madde ve doğası konusunun bu nedenle ezberlenecek konu olarak nitelendirilmesi ve neden öğretilmesi gerektiğinin anlaşılması da öğretimi konusunda zorluğa sebep olmaktadır (Yılmaz, 2020; Kakız, 2019; Kenan ve Özmen, 2011)

Madde ve doğası konu alanında kullanılan yöntemler arasındaki heterojenliğin varlığını ve büyüklüğünü belirlemek amacıyla çalışmada heterojenlik testi yapılmıştır. Heterojenlik testinin anlamlı olduğu ($Q_{(37)}=208.55$, $p<.01$) ve heterojenliğin yüksek düzeyde ($I^2=\%82$) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar çalışmaların birbirinden farklı olduğunu ve bu farklılık örnekleme hatası dışındaki faktörlerden kaynaklandığını belirtmektedir. Bu nedenle bu çalışmaların hangi özelliklerinin bu varyansa katkı sağladığının bulunması amacıyla kategorik moderatör analizi yapılmıştır. Kategorik moderatör analizi ile çalışmalarda kullanılan yöntem ve yaklaşım (BDÖ, İÖ, PDÖ, ATÖ) ile çalışmalardaki örneklemin öğretim kademesinin (5. Sınıf, 6. Sınıf, 7. Sınıf, 8. Sınıf, Fen 1. sınıf) anlamlı moderatörler olup olmadığı incelenmiştir.

Moderatör sonucunda maddenin doğası ünitesinin öğretiminde kullanılan yöntem/yaklaşımların öğrencilerin akademik başarıları üzerinde “orta” düzeyde anlamlı bir etkiye ($EB=0.659$, $p<.05$) sahip olduğu görülmektedir. Cohen vd. (2007) sınıflamasına göre argümantasyon temelli öğretim ($EB=0.531$), işbirlikli öğretim ($EB=0.572$) ve bilgisayar destekli öğretim ($EB=0.779$) akademik başarı üzerinde “orta” düzeyde etkili iken probleme dayalı öğretimin ($EB=1.344$) “güçlü” düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Probleme dayalı öğretim en büyük etki büyüklüğüne sahip olmasına rağmen genel etki büyüklüğü, kullanılan yöntem/yaklaşımına göre anlamlı bir farklılık ($Q_{(3)}=3.776$, $p>.05$) göstermemiştir. Bu sonuç madde ve doğasının öğretiminde kullanılan argümantasyon temelli öğretim, işbirlikli öğretim, bilgisayar destekli öğretim ve probleme dayalı öğretimin akademik başarı üzerinde yaklaşık aynı düzeyde etkili olabileceğini göstermektedir. Bu sonucu destekleyecek şekilde alanyazında yapılan argümantasyon temelli öğretim (İnam ve Güven, 2019; Sarı ve Şaşmaz Ören,

2019; Alemlı, 2019; Karakuş ve Yalçın, 2016) ve işbirlikli öğretim (İleri, Selvi ve Köse, 2020; Bakioğlu ve Göktaş, 2020; Camnalbur ve Mutlu Bayraktar, 2018) yöntemlerinin incelendiği meta analiz çalışmalarında da akademik başarıyı artırıcı yönde etkileri olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten bilgisayar destekli öğretim (Batdı ve Anıl, 2020; Özdemir, Aslaner ve Açıkğün, 2020; Dikmen ve Tuncer, 2018; Camnalbur, 2008; Dinçer, 2015; Demir ve Başol, 2014) ve probleme dayalı öğretimin (Can ve Gerşil, 2021; Chen ve Yang, 2019; Kaya, 2016; Ayaz, 2015; Çelik, 2013) akademik başarıyı arttırmada etkili olduğu farklı meta analiz çalışmalarında da bulgulanmıştır.

Deneyisel işlemin yapıldığı sınıf seviyesinin heterojenliğe katkı sağlayan anlamlı bir moderatör olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan kategorik moderatör analizinin sonuçları incelendiğinde sınıf seviyesinin anlamlı bir moderatör olmadığı ($p>.05$) sonucuna ulaşılmıştır. Maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntemlerin akademik başarı üzerindeki etkisinin en yüksek 7. Sınıfta (EB=1.159) iken en düşük Lisans 1 (EB=0.169) seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Her bir sınıf düzeyinin güven aralığı incelendiğinde maddenin doğasının öğretiminde kullanılan yöntem ve yaklaşımlar ortaokul düzeyinde anlamlı bir etkiye sahip ($p<.05$) iken, üniversite düzeyinde anlamlı bulunmamıştır ($p>.05$). Ortaokul seviyesinde madde ve doğası konusu soyut kavramlar içermesine rağmen kapsamın daha dar ve temel düzeyde olması sebebi ile somutlaştırılarak aktarılması daha kolay olmaktadır (Karacalı, 2022; Pak, 2022). Madde ve doğası konusu lisans seviyesinde ortaokula göre daha soyut kavramlarla ifade edilmesi sebebiyle lisans öğrencileri, öğretmen adayları hatta öğretmenler tarafından anlaşılmakta ve aktarılmakta güçlük çekilmesine neden olmaktadır (Karacalı, 2022; Çalık ve Ayas, 2005; Kalın ve Arıkal, 2010; Piquette ve Heikkinen, 2005). Bunun yanı sıra madde ve doğası konusu ortaokul seviyesinde mikro boyutta olmasına rağmen makro boyuta dönüştürülerek aktarılmaktadır. Ortaokulun tam tersine lisans seviyesinde ise mikro boyuttaki madde ve doğası konusu daha derinlemesine işlenmekte ve aktarılmaktadır. Konunun aktarılmasındaki bu ayırım ortaokul ve lisans seviyesinde kullanılan öğretim yönteminin anlamlı olmamasına sebebiyet verebilmektedir (Jaber ve BouJaoude, 2012).

Sonuç olarak bu meta-analiz çalışması ile madde ve doğası konusunda kullanılan yöntemlerin konu öğretiminde etkili olduğunu; ancak aralarında anlamlı bir farklılığın oluşmadığı belirlenmiştir. Ortaokul düzeyinde (5, 6, 7 ve 8) probleme dayalı öğretim, işbirlikli öğretim, bilgisayar destekli öğretim ya da argümantasyon temelli öğretim kullanıldığında madde ve doğasının öğretimi konusunun lisans düzeyine göre etkili bir şekilde öğretilebileceği söylenebilir.

Öneriler ve Sınırlılıklar

Bu araştırmada bir araya getirilen çalışmalar ulusal alan yazın ile sınırlı kalmıştır. Bundan sonra bu konu ile ilgili yapılacak meta-analiz çalışmasının ulusal ve uluslararası alan yazının dâhil edilmesi ile yapılması sonucunda daha güçlü sonuca ulaşılabilecektir. İçerleme kriterleri ile sağlıklı bir meta-analiz çalışması yapılabilmesi için her araştırma yönteminden en az 4 çalışma olması şartı aranmıştır. Ancak alan yazında bazı araştırma yöntemleri ile yeterli sayıda çalışmaya ulaşılamaması onların analiz dışında bırakılmasına sebep olmuştur. Bu nedenle alan yazında farklı araştırma yöntemlerinin kullanıldığı daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Öğretim yöntemlerinin akademik başarıya etkisi, son yıllarda sıklıkla araştırma yapılan konular arasında yer almaktadır. Farklı yöntemlerin tek tek başarıya etkinin belirlenmesi amacıyla birleştirip karşılaştırılarak etki büyüklüklerinin belirlenmesini sağlayacak meta-analiz çalışmaları da alan yazında yer almaktadır. Ancak bir konunun aktarılmasında kullanılan yöntemlerin karşılaştırılarak sonuçlarının birleştirilerek genellemenin yapıldığı meta-analiz çalışmalarının yeterince yapılmadığı belirlenmiştir. Bu çalışma, “Madde ve Doğası” konusunun öğretiminde kullanılan farklı yöntem ve tekniklerin akademik başarı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda “Madde ve Doğası” konusunda uygulanan yöntemler ve tutum, üst bilişsel düzey gibi ilişkilerin belirlenmesi amacıyla meta-analiz çalışmaları yapılabilir.

Araştırma sonuçları madde ve doğası konusunda kullanılan yöntemlerin konu öğretiminde etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle farklı öğretim programlarında işbirlikli öğrenme, probleme dayalı öğrenme, argümantasyon temelli öğretim ve bilgisayar destekli öğretim yöntemlerine yer verilerek öğrencilerin akademik başarılarının artırılması sağlanabilir. Ayrıca bu yöntemlerin lisans düzeyinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Madde ve doğası konseptinde yer alan konuların ortaokul konularına göre daha soyut bir hal alması sebebiyle uygulanan yöntemlerin de çağa ayak uydurularak

içerisine teknolojinin bütünleştirildiği hale getirilerek kullanılması denenebilir. Bu sayede kullanılabilir yöntemlerin etkililiğinin artırılması yönünde bir adım atılabilir.

Kaynakça

- Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105.
- Adadan, E. (2014). Model-tabanlı öğrenme ortamının kimya öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamaları üzerine etkisinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education*, 33(2), 378-403.
- Adadan, E., Irving, K. E. & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education*, 31(13), 1743-1775.
- Adadan, E., Trundle, K. C. & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004-1035.
- Akçay, N. O. & Doymuş, K. (2012). The effects of group investigation and cooperative learning techniques applied in teaching force and motion subjects on students' academic achievements. *Journal of Educational Sciences Research*, 2(1), 110-116.
- Akçay, S., Aydoğdu, M., Yıldırım, H. İ. & Şensoy, Ö. (2005). Fen eğitiminde ilköğretim 6. sınıflarda çiçekli bitkiler konusunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 103.
- Akçıl, M. (1995). *Ortalamalar arası etki genişliklerinin meta-analizi*. (Biyoistatistik Bilim Uzmanlığı Tezi). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Akkaş, B. (2017). *Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme (ATBÖ) yaklaşımının temel alındığı öğrenme ortamının 5. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve eleştirel düşünme becerilerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu.
- Aksoy, G. & Doymuş, K. (2011). Fen ve teknoloji dersi uygulamalarında işbirlikli okuma-yazma-uygulama tekniğinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 381-397.
- Aktaş, L. (2013). *Maddenin tanecikli yapısı ve ısı konusunda REACT öğretim stratejisine yönelik geliştirilen bilgisayar destekli öğretim materyalinin öğrenci başarısına etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Alemli, A. (2019). Fen eğitiminde araştırma sorgulama temelli öğrenme yaklaşımının etkililiğinin meta analiz yöntemiyle incelenmesi. (Doktora tezi). Kastamonu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kastamonu
- Altınyüzük, C. (2008). *İlköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin fen bilgisi dersi kimya konularındaki kavram yanlışları*. (Yüksek Lisans Tezi), İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Malatya.
- Arlı, E. E. (2014). *Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının (ATBÖ) mevsimlik tarım işçisi konumundaki dezavantajlı öğrencilerin akademik başarıları ve düşünme becerilerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Atasoy, B., Genç, E., Kadayıfçı, H. & Akkuş, H. (2007). 7. sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişimler konusunu anlamalarında işbirlikli öğrenmenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32(32), 12-21.
- Ateş, A. (2018). *7. sınıf fen ve teknoloji dersi "Maddenin tanecikli yapısı ve saf maddeler" konusunda artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak oluşturulan öğrenme materyalinin akademik başarıya etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Niğde.
- Ayas, A. (1995). Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: İki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11).
- Ayas, A. & Özmen, H. (2002). Lise kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 19(2), 45-60.
- Ayaz, M. F. (2014). *Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin fen derslerindeki akademik başarılarına ve fen derslerine yönelik tutumlarına etkisi: Bir meta-analiz çalışması*. (Doktora tezi). Dicle Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Diyarbakır.

- Ayaz, M. F. (2015). Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin fen derslerindeki akademik başarılarına etkisi: bir meta-analiz çalışması, *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(3), 139-160, ISSN: 1308- DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7664>.
- Aydın, A. & Akgün, M. (2009). Erime ve çözünme konusundaki kavram yanlışlarının ve bilgi eksikliklerinin giderilmesinde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına dayalı grup çalışmalarının kullanılması. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(27), 190-201.
- Aydın, Ö. & Kaptan, F. (2014). Fen-teknoloji öğretmen adaylarının eğitiminde argümantasyonun biliş üstü ve mantıksal düşünme becerilerine etkisi ve argümantasyona ilişkin görüşler. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 163-188.
- Aydoğdu, C. (2012). Elektroliz ve pil konularının öğretiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(42).
- Ayna, C. (2009). *Fen ve teknoloji dersinde birleştirme II (jigsaw II) yönteminin kullanılmasının ve sosyo-ekonomik düzeyin öğrencilerin akademik başarı, Fen ve Teknoloji dersine yönelik tutum ve motivasyon düzeylerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Zonguldak.
- Aziz, Z. & Hossain, M. A. (2010). A comparison of cooperative learning and conventional teaching on students' achievement in secondary mathematics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9(2010), 53-62.
- Azizoğlu, N. & Geban, Ö. (2004). Students' preconceptions and misconceptions about gases. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 73-78.
- Bakioğlu, A. & Göktaş, E. (2020). Ortaokul matematik ve fen bilimleri dersinde işbirlikli öğrenmenin başarıya etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Harran Maarif Dergisi*, 5(1), 1-30. doi: <http://dx.doi.org/10.22596/2020.0501.1.30>
- Balemen, N. (2016). *Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının fen eğitimindeki etkililiği: meta analiz çalışması*. (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Batdı, V., & Anıl, Ö., (2021). Bilgisayar destekli eğitimle öğrenme: bir meta-tematik analiz. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 111-127.
- Bektaş, Z. (2012). *Maddenin tanecikli yapısı ünitesinin öğretiminde uygulanan birlikte öğrenme ve Jigsaw yöntemlerinin öğrencilerin akademik başarıları ve tutumları üzerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203-213.
- Büyükkaragöz, S. (1997). *Eğitimde program geliştirme*. Konya: Öz Eğitim.
- Camnalbur, M. (2008). *Bilgisayar destekli öğretimin etkililiği üzerine bir meta analiz çalışması*. (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Camnalbur, M. & Mutlu Bayraktar, D. (2018). İşbirlikli öğrenmenin akademik başarı üzerine etkisi: bir meta-analiz çalışması. *İnsan Ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 1149-1172.
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: a meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71-81.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. (6th Edition). New York: Routledge.
- Çalık, M. & Ayas, A. (2002). Öğrencilerin bazı kimya kavramlarını anlama seviyelerinin karşılaştırılması, 2000'li Yıllarda I. Öğrenme ve Öğretme Sempozyumu, 29(2002), 31. Türkiye.
- Calik, M. & Ayas, A. (2005). A Cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. *International Education Journal*, 6(1), 30-41.
- Çalık, M., Ayas, A. & Ünal, S. (2006). Çözünme kavramıyla ilgili öğrenci kavramlarının tespiti: Bir yaşlar arası karşılaştırma çalışması. *Gazi Üniversitesi Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(3), 309-322.
- Can, Ş., & Gerşil, M. (2021). Akademik başarı puanı üzerinde proje tabanlı öğrenme yaklaşımının etkisinin meta analiz tekniğiyle araştırılması. *Kesit Akademi Dergisi*, 7(29), 279-292.

- Card, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford Publications.
- Çavdar, O., Okumuş, S., Alyar, M. & Doymuş, K. (2017). Asitler ve bazlar konusunun anlaşılmasına farklı yöntemlerin etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 11(2), 383-408.
- Çavdar, O., Okumuş, S., & Doymuş, K. (2016). Fen eğitimi öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısıyla ilgili anlamlarının belirlenmesi/determining understandings related to the particulate nature of matter of students at science education. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(33), 69-93.
- Çavdar, O., Okumuş, S., Alyar, M., ve Doymuş, K. (2016). Maddenin tanecikli yapısının anlaşılmasına farklı yöntemlerin ve modellerin etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 555-592
- Çayan, Y., Karşlı, F., (2015). Fiziksel ve kimyasal değişim konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesinde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(4), 1437-1452
- Çelik, S. (2013). *İlköğretim matematik derslerinde kullanılan alternatif öğretim yöntemlerinin akademik başarıya etkisi: Bir meta analiz çalışması*. (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir.
- Çelik, E. (2010). *Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısına, tutumuna, akademik risk alma düzeyine ve kalıcılığa etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Çinici, A., Özden, M., Akgün, A., Herdem, K., Deniz, Ş. M., & Karabiber, H. L. (2014). Kavram karikatürleriyle desteklenmiş argümantasyon temelli uygulamaların etkinliğinin incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2014), 571-596.
- de Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(1), 8-16.
- Demir, S., & Başol, G. (2014). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin (BDMÖ) akademik başarıya etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(5), 2013 – 2036.
- Danacı, F. (2018). *Maddenin tanecikli yapısının animasyonla öğretiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Daşdemir, İ. (2013). Animasyon kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(4), 1287-1304.
- Daşdemir, İ., & Doymuş, K. (2016). Maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinde animasyon kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, hatırd tutma düzeyine ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 84-101.
- Demircioğlu, G. (2003). *Lise II asitler ve bazlar ünitesi ile ilgili rehber materyal geliştirilmesi ve uygulanması*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., Ayas, A., & Kongur, S. (2012). Onuncu sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişme kavramları ile ilgili teorik ve uygulama bilgilerinin karşılaştırılması. *Journal of Turkish Science Education*, 9(1), 162-181.
- Demircioğlu, T., & Ucar, S. (2012). The effect of argument-driven inquiry on pre-service science teachers' attitudes and argumentation skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46(2012), 5035-5039.
- Demircioğlu, H., Aslan, A., Açıkgöz, D., Karababa, Y. & Güven, O. (2019). REACT stratejisinin öğrencilerin akademik başarıları ve motivasyonları üzerindeki etkisi. *Journal of International Social Research*, 12(64), 547-561. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2019.3377>
- Demirel, Ö (2002). *Eğitimde program geliştirme*. Ankara: Pegem A.
- Dikmen, M., & Tuncer, M. (2018). Bilgisayar destekli eğitimin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisinin meta-analizi: son 10 yılda yapılan çalışmaların incelenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 9(1), 97-121.
- Dinçer, S. (2014). *Eğitim bilimlerinde uygulamalı meta-analiz*. (1. Baskı). Ankara: Pegem A.
- Dinçer, S. (2015). Türkiye'de yapılan bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi ve diğer ülkelerle karşılaştırılması: bir meta-analiz çalışması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 12(1), 99-118.

- Doymuş, K. (2007). Effects of a cooperative learning strategy on teaching and learning phases of matter and one-component phase diagrams. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1857.
- Doymuş, K., Karaçöp, A., Şimşek, Ü., & Doğan, A. (2010). Üniversite öğrencilerinin elektrokimya konusundaki kavramları anlamalarına jigsaw ve bilgisayar animasyonları tekniklerinin etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(2), 431-448.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Ergin, M. (2007). *İlköğretim fen ve teknoloji konularının öğretiminde işbirlikli öğrenme yönteminin öğrenci başarı ve tutumlarına etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Fırat, M. (2014). *Maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinin öğretiminde iki farklı işbirlikli öğrenme yönteminin öğrencilerin akademik başarıları ve epistemolojik tutumları üzerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Gökler, E. (2015). *Madde ve ısı ünitesinde tam öğrenme modelinin tamamlayıcı yaklaşımına göre geliştirilen teknoloji destekli materyalin öğrenci üzerindeki etkinliğinin araştırılması*. (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Gökulu, A. (2013). Bilgisayar destekli öğretimin etkisinin incelenmesi ve maddenin tanecikli yapısı konusu ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarının tespiti. *International Journal of Social Science*, 6(5), 571-585.
- Güzel, Z. (2018). *Fen bilimleri öğretiminde öz ve akran değerlendirme uygulamalarının yer aldığı probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin başarı ve tutumlarına etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gömlüksiz, M. (1993). *Kubaşık öğrenme yöntemi ile geleneksel yöntemin demokratik tutumlar ve erişime etkisi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Adana.
- Hun, F. (2017). *Probleme dayalı öğrenme yöntemi ile geliştirilmiş 5E öğretim modelinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarı ve tutumlarına yönelik etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Giresun.
- İleri, Y. E. (2019). *Fen bilimleri eğitiminde işbirlikli öğrenme yaklaşımı'nın akademik başarıya etkisi: Bir meta-analiz çalışması*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- İleri, Y. E., Mahmut, S., & Köse, M. (2020). Fen bilimleri eğitiminde işbirlikli öğrenme yaklaşımının akademik başarıya etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 51-84.
- İnam, A., & Güven, S. (2019). Argümantasyon yönteminin kullanıldığı deneysel çalışmaların analizi: bir meta-sentez çalışması. *The Journal of International Lingual Social and Educational Sciences*, 5(1), 155-173.
- Jaber, L. Z. & BouJaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Kabataş Memiş, E. (2011). *Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının ve öz değerlendirmenin ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersi başarısına ve başarının kalıcılığına etkisi*. (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Kaçar, S. (2012). *Görsel sanatlarla bütünleştirilmiş probleme dayalı öğrenme yönteminin öğrencilerin fen akademik başarılarına, bilimsel yaratıcılıklarına ve sanat etkinlikleriyle fen öğrenme tutumlarına etkileri*. (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Kakız, B. (2019). *Öğretmen ve öğrenci görüşlerine göre ortaokul fen bilimleri dersinde zorluk çekilen konular ve nedenleri*. (Yüksek lisans tezi). Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Muğla.

- Kalın, B. & Arıklı, G. (2010). Çözeltiler konusunda üniversite öğrencilerinin sahip olduğu kavram yanılgıları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 4(2), 177-206.
- Kanadlı, S. (2019). Sosyal bilimlerde teoriden uygulamaya araştırma sentezi. Ankara: Pegem.
- Kaptan, F., Korkmaz, H. (1999). *Fen bilgisi öğretimi. ilköğretimde etkili öğretim ve öğrenme öğretmen el kitabı.* http://fikretkorur.guncelfizik.com/wp-content/uploads/ilkogretimde_fenbilgisi_%C3%B6%C4%9Fretimi.pdf
- Karacalı, K. (2022). *Fen laboratuvarında kullanılan argümantasyon odaklı öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına, sorgulayıcı öğrenme becerilerine ve yaratıcılıklarına etkisi.* (Doktora Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Bursa.
- Kaya, M. (2018). *Argümantasyon yaklaşımının öğrencilerin akademik başarı ve tutumlarına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- Karaçöp, A. (2016). effects of student teams-achievement divisions cooperative learning with models on students' understanding of electrochemical cells. *International Education Studies*, 9(11), 104-120.
- Karakuş, M. & Yalçın, O. (2016). Fen eğitiminde argümantasyon temelli öğrenmenin akademik başarıya ve bilimsel süreç becerilerine etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(4), 1-20.
- Kariper, A. (2013). Fen bilgisi öğretmen adaylarının gazlar konusundaki kavram yanılgıları. *Journal of European Education*, 3(1), 33-35.
- Kaya, D. R. (2016). *Matematik eğitiminde problem çözmeye dayalı öğrenme: Meta-analiz çalışması.* (Yüksek Lisans Tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Rize.
- Kenan, O. (2014). *Maddenin tanecikli yapısı ünitesine yönelik zenginleştirilmiş bilgisayar destekli öğretim materyalinin geliştirilmesi ve etkililiğinin araştırılması.* (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Kenan, O. & Özmen, H. (2011). “Maddenin tanecikli yapısı” ünitesine yönelik zenginleştirilmiş bilgisayar destekli bir öğretim materyalinin tanıtımı. *Education Sciences*, 7(1), 269-280.
- Kılıç, M. (2013). *Jigsaw tekniğinin 6. sınıf Fen ve Teknoloji Dersi Maddenin Tanecikli Yapısı Ünitesinin öğretiminde öğrenci başarısına etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Kılıç, M. A., Doğan, A., Şimşek, Ü. (2016). Jigsaw yönteminin maddenin tanecikli yapısı ünitesinin öğretiminde öğrenci başarısına etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1357-1379.
- Kırıkkaya, E. B., Dağ, F., Durdu, L., & Gerdan, S. (2016). 8. sınıf doğal süreçler ünitesi için hazırlanan bdö yazılımı ve akademik başarıya etkisi. *Ilkogretim Online*, 15(1), 234-250.
- Kızilkaya, A., & Seven, S. (2016). Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin bloomtaksonomisi'nin bilişsel alan alt ve üst düzey akademik başarılarına etkisi. *e-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 34-46.
- Kızilkaya, A., & Seven, S. (2017). Fen öğretiminde jigsaw I tekniğinin öğrencilerin bloom taksonomisi'nin bilişsel alan alt ve üst düzey akademik başarılarına etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(2), 250-270.
- Kölemen, S. (2018). *Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımında araştırmacı sorgulayıcı eğitim ve bilgisayar destekli öğretim metodu ile işlenen fen dersinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin başarı, öğrenme yaklaşımı ve motivasyona etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Köseoğlu, F. ve Tümay, H. (2015). Fen eğitiminde yapılandırmacılık ve yeni öğretim yöntemleri. Ankara: Palme.
- Margel, H., Eylon, B. & Scherz, Z. (2004). “We actually saw atoms with our own eyes.” conceptions and convictions in using the scanning tunneling microscope in junior high school. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 558-566.
- Miller, L. S. (2008). *Prospective elementary school teachers’ understanding of the particulate nature of matter.* (Phd thesis). Purdue University. USA.
- Moralı, A. (2012). *Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının akademik başarı, tutum ve motivasyona etkisi* (Yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne.

- Okumuş, S., Çavdar, O., Alyar, M. & Doymuş, K. (2017). İşbirlikli öğrenme ve modellerin kimyasal reaksiyonlar konusunun anlaşılmasına etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 44(2017), 358-381.
- Okumuş, S., Öztürk, B., Doymuş, K. & Alyar, M. (2014). Maddenin tanecikli yapısının mikro ve makro boyutta anlaşılmasının sağlanması. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 349-368.
- Okur, N. & Ünal, İ. (2010). Fen öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin önemi. *Eğitim Teknolojileri Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 1-10.
- Orhan, A. T. & Men, D. D. (2018). Web tabanlı öğretimin fen dersi başarısına ve fen dersine yönelik tutuma etkisi: bir meta analiz çalışması. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(3), 245-284.
- Orwin, R. G. & Vevea, J. L. (2009). The handbook of research synthesis and meta-analysis. H. Cooper, L. V. Hedges & J. C. Valentine (Ed.), *Evaluating coding decisions*, (2. Baskı), (s, 177-203). New York: Russel Sage Foundation.
- Öğreten, B. & Sağır, Ş. U. (2014). Argümantasyona dayalı fen öğretiminin etkililiğinin incelenmesi. *Journal Of Turkish Science Education*, 11(1), 75-100.
- Özdemir, F., Aslaner, R., & Açıkgül, K. (2020). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin öğrencilerin matematik tutumuna etkisi: bir meta-analiz çalışması. *İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 18-40.
- Özer, M. (2019). *Fen eğitiminde argümantasyon temelli öğretimin etkililiği: Meta-analiz çalışması*. (Yüksek lisans tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Sivas.
- Özer, M. (2008). *Fen ve teknoloji dersinde geleneksel öğretim yöntemi ile bilgisayar destekli öğretim yöntemlerinin öğrenci başarısına etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- Özmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51(1), 423-438.
- Özmen, H. & Ayas, A. (2003). Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), 279-290.
- Özmen, H. & Usta, N. D. (2017). *Bilgisayar destekli kimya öğretimi*. Pegem Atıf İndeksi, 569-590.
- Özmen, H., Ayas, A. & Coştu, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanlışlarının belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 2(2), 507-529.
- Pazar, Ş. (2020). *Ortaokul "saf madde ve karışımlar" ünitesinin öğretiminde Jigsaw tekniği ve öğrenme sürecine etkililiği*. (Yüksek lisans tezi). Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Amasya.
- Pekdağ, B. & Le Marechal, J. F. (2010). An explanatory framework for chemistry education: The two-world model. *Eğitim ve Bilim-Education and Science*. 35(157), 84-99.
- Piquette, J. S. & Heikkinen, H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Polat, M. (2005). *İlköğretim ikinci kademe fen bilgisi derslerindeki zor olan konuların tespiti, zorluk sebepleri ve çözüm önerileri*. (Yüksek lisans tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Bolu.
- Pluye, P., Gagnon, M. P., Griffiths, F. & Johnson-Lafleur, J. (2009). A scoring system for appraising mixed methods research, and concomitantly appraising qualitative, quantitative and mixed methods primary studies in mixed studies reviews. *International Journal of Nursing Studies*, 46(4), 529-546. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2009.01.009
- Sarı, K., & Şaşmaz, F. (2020). Araştırmaya dayalı öğrenme stratejisinin öğrencilerin akademik başarılarına etkisi: Bir meta analiz çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(3), 540-555.
- Senemoğlu, N. (2015). *Development, learning and instruction: From theory to practice* (24. Baskı). Ankara: Yargı.

- Şenocak, E. (2005). *Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının maddenin gaz hali konusunun öğretimine etkisi üzerine bir araştırma*. (Yayımlanmamış doktora tezi.). Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Şenocak, E., & Taşkesenligil, Y. (2005). Probleme dayalı öğrenme ve fen eğitiminde uygulanabilirliği. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13(2), 359-366.
- Şimşek, Ü., Doymuş, K., Doğan, A. & Karaçöp, A. (2009). Effects of two different cooperative learning techniques on students' academic achievement of chemical equilibrium topics. *GÜ Journal of Education*, 29(3), 763-791.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tavukçu, F. (2008). *Fen eğitiminde bilgisayar destekli öğrenme ortamının öğrencilerin akademik başarıları, bilimsel süreç becerileri ve bilgisayar kullanmaya yönelik tutuma etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Zonguldak.
- Tosun, C. (2010). *Probleme dayalı öğrenme yönteminin çözeltiler ve fiziksel özellikleri konusunun anlaşılmasına etkisi*. (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Tümay, H., & Köseoğlu, F. (2011). Developing pre-service chemistry teachers' understandings of teaching through argumentation. *Journal Of Turkish Science Education*, 8(3), 105-119.
- Türkoğlu, T. (2014). *Fen ve teknoloji öğretiminde akıllı tahta kullanımının 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, tutum ve görüşleri üzerine etkileri*. (Yüksek lisans tezi). Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Manisa.
- Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686-701.
- Yalçın, M. (2008). *Madde ve ısı ünitesinin öğretilmesinde bilgisayar destekli uygulamaların etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Yaman, F. (2008). *İlköğretim altıncı sınıf öğrencilerine "madde ve ısı" konusunda fen ve teknoloji dersi hedeflerinin kazandırılmasında işbirlikçi öğrenme kuramının etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Yeşiloğlu, S. N. (2007). *Bilimsel tartışma (argümantasyon) yöntemi ile gazlar konusunun lise öğrencilerine öğretimi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Yılmaz, D. (2020). *Madde ve doğası konusunda öğrencilerin öğrenme zorluklarının tespitinde fen günlüklerinin rolü*. (Yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kırıkkale.
- Zhou, J., Zhou, S., Huang, C., Xu, R., Zhang, Z., Zeng, S., Ü. ve Qian, G. (2016). Effectiveness of problem-based learning in Chinese pharmacy education: A meta-analysis. *BMC Medical Education*, 16(1), 23. doi: 10.1186/s12909-016-0546-z.
- Zorlu, Y. (2016). *Ortaokul fen ve teknoloji dersinde işbirlikli öğrenme modeli ve modellemeye dayalı öğretim yöntemine dayalı etkinliklerin öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkileri*. (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

*Yazarların makaleye katkı oranları birinci yazar %60, ikinci yazar %40 şeklindedir.