

Enhancing Mathematics Teachers' Feedback Levels with Action Research

Gözdegül Arık Karamık and Ali Özkaya
Akdeniz University, Faculty of Education

Abstract

The aim of this study was to enhance mathematics teachers' feedback levels with action research. The study was founded on action research design, and a six-weeks programme was designed for the implementation of action research steps, followed by weekly interviews with five mathematics teachers who were doing their master's degree in the field of mathematics teaching. The subject Operations with Integers was selected. It entailed 30 lessons with five outcomes for students of the seventh grade, and teachers' feedback processes regarding the subject were examined. Data were collected via methods of observation, interview and analysing audio-visual material. The study utilized four observation tools: the Feedback Observation Form (FOF), Constructivist Approach Observation Form (CAOF), Mathematical Communication Observation Form (MCOF) and Mathematics Observation Form (MOF), which were prepared by the researchers. Interviews were held with the participants at the weekends following the completion of the lessons for each step of the action plan. Each interview lasted approximately 60-75 minutes, wherein the following issues were discussed: the steps of the action plan, suggestions for improving the implementation, the ways of improvement and the plan for next week. Qualitative data were analysed via descriptive and content analysis, and themes and sub-themes were determined. The findings showed that the constructivist approach, sociocultural theory, mathematical communication skills and doing mathematics are important action steps in enhancing feedback in mathematics education.

Key words: communication skills; constructivism; doing mathematics; mathematical feedback

Introduction

We need better and more effective evaluation methods for teachers to provide regular feedback on their students' learning process. Sustained feedback is central to the improvement of student learning (Carless et al., 2011). Teacher attitudes and beliefs, which are crucial for professional development and growth, need to be explored, and effective ways to measure these variables should be found (Guskey, 2002).

The following questions bring to mind how feedback given in mathematics classes should be and lead us, mathematics educators, to find the answers: "Should students content themselves with teachers' response of 'correct' or 'incorrect' about the solution of a problem in mathematics classes?"; "How and why should teachers go beyond responses of 'correct' or 'incorrect'?" and "How effective is it to go beyond those responses in enhancing the learning environment?" Giving feedback can indeed provide teachers and students with different perspectives for in-class evaluation.

Theoretical background

William (2007) suggested that assessment has three functions: supporting learning (formative), confirming individuals' capacity or achievement (summative) and evaluating the quality of curricula or institutions. William also called attention to the importance of feedback in formative assessment and stressed that Ramaprasad had used the two concepts interchangeably in 1983. William claimed these outcomes are inseparable from the teaching outcomes and that assessment is formative to the extent in which it affects learning.

Formative feedback was defined by Shute (2008) as information conveyed to learners whose thoughts or behaviours are intended for modification to improve learning, while Wiener (1948), Ramaprasad (1983) and Sadler (2013) defined it as more than information, entailing the necessity of providing domain-specific feedback for a specific purpose. Another study, which described feedback as information, on the other hand, emphasised that various sources (such as teachers, families, books, peers) provide relevant information according to students' performance (Hattie & Timperley, 2007).

There are also studies in the literature on feedback that has a purpose (Hattie & Timperley, 2007), studies that showed heavily written feedback has a function and content (Glover & Brown, 2006), and the ones on the prevalence of written over oral feedback (Chalmers et al., 2014; Walker, 2013).

The results of some studies showed that giving feedback in teaching mathematics supported mathematical thinking (Chin, 2006; Truxaw, 2020) of students and that it helped them focus on the content (Kim, 2019). The results of other studies revealed that teachers who provided feedback by using affective, goal-directed and situational factors supported students' in-depth thinking (Alexander, 2008; Singh & Mueller, 2021).

In addition, Nicol and Macfarlane-Dick (2006) made a detailed classification of feedback and described its seven stages: explanation, affirmation/negotiation, discussion, personal ideas, correction, questions and suggestions. The stage of explanation involves

describing ideas, reformulating them and completing an idea about the content; the stage of affirmation/negotiation involves stating whether or not something is correct; the stage of discussion involves well discussed thoughts, personal views or observations about the content, reasons and explanations; the stage of personal ideas includes comments and ideas on the content based on individuals' past experiences; the stage of correction entails comments on the instructions for learning development and content; the stage of questions involves demands for additional explanation or interpretation; and the final stage, suggestions, means consultation about how to continue or where to stop, and the discovery, expansion or development of the task.

An examination of the definitions of feedback and its functions shows that it is possible to associate the effectiveness of feedback in teaching mathematics with the constructivist approach (CA), socio-cultural theory (ST), doing mathematics (DM) and mathematical communication skills (MCS), and the stages described by Nicol and Macfarlane-Dick (2006) also have properties in common with 7E, a model of constructivist approach.

Individuals can configure information themselves if appropriate conditions are provided, thus the schemata created by the individual can be permanent, according to the constructivist approach. It is argued that the constructivist approach and socio-cultural theory are significant to teaching mathematics (Walle et al., 2010), where making sense of mathematical concepts rather than memorising them becomes the desired outcome. In accordance with this purpose, mathematics curricula, materials and professional education have been prioritised for the last 20 years in Turkey. First, primary education mathematics curriculum was released by the Ministry of National Education (MoNE) in 2005, and the present-day curriculum was shaped through its revision in the following years. References made to constructivist approach are noticeable in mathematics curricula (MoNE, 2009; 2013; 2018), even though the approach is not clearly mentioned. Besides, the emphasis on learners and their central position in the education process, as well as the importance of conceptual understanding, advocated by the current mathematics course curriculum, calls attention to the constructivist approach (MoNE, 2018, p. 9).

The classroom environments where constructivist learning approach is implemented are called constructivist learning environments. Confrey (1990) described the characteristics of such learning environments: basic concepts are introduced in the classroom environment, students are provided with the opportunity to test their hypotheses in the classroom while making sense of the subject matter, given examples are chosen from students' daily lives and immediate environment in order to be meaningful to them. Besides, different views are acceptable and encouraged; students are given the opportunity to state their own opinions and argue for their own ideas. Furthermore, physical and tangible materials are used in learning environments. Words such as classify, analyse, predict and create are used frequently in the classroom, and students are able to talk to their classmates and teachers easily. Knowledge should be

constructed rather than recycled. Additionally, classes are taught in accordance with students' views, and group work is also used.

Constructivist learning environments utilize different ways of teaching assessment to traditional ones. Individual learning processes are important in creating knowledge in the constructivist approach. Measurement and evaluation are included in the process of learning, and the process is evaluated rather than the outcome. Measurement and evaluation also become learning opportunities, and evaluation is student-centred because students determine the criteria for evaluation together with the teacher, and they have the responsibility to prove what they learned (Baker & Piburn, 1997). Therefore, this type of assessment is student-centred, it involves problem solving and active discovery processes, requires social interaction and new knowledge or understanding, which also affects evaluation (Efgivia et al., 2021).

Considering the importance of the evaluation process and the fact that feedback supports learning, doing mathematics – described by Van de Walle et al. (2010) as developing problem solving methods, their implementation and getting the right results – is meaningful. Besides, Van de Valle also drew attention to the fact that mathematics does not mean only solving problems or imitating the teacher's methods of reaching a solution, and he suggested setting aside the traditional approach to learning. The National Council of Mathematics Teachers (NCMT, 2000) has issued the Principles and Standards for Mathematics in School, with the standard for mathematical communication. It is based on strengthening and organising mathematical thought, being able to convey mathematical knowledge to friends, teachers and others consistently, evaluating and analysing mathematical thinking and strategies of others, and using mathematical language in expressing mathematical ideas clearly (NCTM, 2000). Mathematical communication skills (MCS) refer to students' ability to organize their mathematical thoughts, logically and clearly communicate them to their peers and teachers, analyse and evaluate mathematical thoughts and strategies used by others and use mathematical language to express mathematical ideas accurately (NCTM, 2000).

The definition of other concepts important for teaching mathematics is also important in providing feedback. Van de Walle et al. (2010) emphasized the importance of two approaches for teaching mathematics: the constructivist approach (CA) and socio-cultural theory (ST). CA can be defined as the transfer of information from the giver to the receiver without undergoing any change, and its interpretation by the receiver (and thus undergoing change) (von Glasersfeld, 1983). The constructivist approach is embodied in the models 5E and 7E. The 7E model consists of the following stages: engage-excite, explore, explain, elaborate, extend, exchange and evaluate. It offers students the opportunity to discover various types of learning intertwined with daily life (Bybee et al., 2003). The socio-cultural theory is a structured learning theory based on Vygotsky's work, which Forman (2003) defined as people engaging in social learning environments by sharing ideas and transferring them to their own psyche. Mathematical communication skill (MCS) is also an important concept for providing feedback.

In addition to the mentioned theories, it is also useful to explain the transformative learning theory, which is an important concept for this study. Influenced by Freire and Macedo's (2002) experience of educating the oppressed, this theory focuses on methodologies that educators use to provide quality education which helps students overcome their current situations and work on personal change or transformation. It has three components: critical reflection, discourse and action (Ebert et al., 2003). First, critical reflection, involves challenge; second, discourse, regards the use of dialogue in transformative learning with the goal of understanding the beliefs, feelings and values of others; third, action, is understanding the meaning of our experience and effective rational adult reasoning in critical discourse and communicative learning (Mezirow, 2003).

Research questions

In light of the concepts important for teaching mathematics, it is relevant to determine the type of feedback given by mathematics teachers to provide an insightful exploration in the field of educational development. Action research was conducted with the aim of improving the feedback levels among mathematics teachers. Determining the type of feedback given by teachers and revealing the factors that affect it play an important role in improving feedback in mathematics classes. Considering these elements, it was hypothesised that structuring a mathematics class would undeniably improve mathematics teaching. In this context, the action plan was devised on the basis of the structural properties of feedback to improve mathematics teaching. Adhering to this purpose, the current study sought answers to the following questions:

1. What types of feedback did mathematics teachers use prior to and after the action plan?
2. What is the focal point of the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?
3. How deep was the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?
4. How clear was the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?
5. How was the feedback provided by mathematics teachers prior to and after the action plan?

Methodology

This study utilized action research, which is one of the qualitative study designs. Action research is implementation-oriented research that aims to detect problems related to implementation and finding the related solutions. It investigates the problems or issues that educators face and develops educational objectives (Creswell, 2012).

In the current study, action research was implemented with the aim of the participant teachers' development. The research relied on the following claims by Mills (2010):

teachers have the authority to make decisions on conducting the educational process; they focus on the developments specific to their domain; they apply in-depth thinking, individually or in groups, related to their work; they use a systematic approach and take on active roles in developing action plans. The action plan in this study was devised in online sessions of researchers and teachers and was put into practice in light of the assumptions made above.

Action research is comprised of five main stages: identifying the problem, collecting and organising data, interpreting the data, taking action according to the obtained data, and evaluating the results and giving feedback (Ferrance, 2000). Altrichter et al. (2000), however, described four stages of action research: determining a starting point, clarifying the case, choosing action research strategies and implementing them and, finally, analysing and developing a theory. This study utilized the four stages because analysing and developing a theory is very important for the educational process.

Action plan

In the first stage, the starting point of the action plan, which was prepared by considering the four stages identified by Altrichter et al. (2000), the relevant literature and the curriculum were analysed in detail. The review of the relevant literature included studies on in-service and future mathematics teachers' views and beliefs on feedback and the ways of its provision (Kastberg et al., 2020; Köğçe & Baki, 2014; Suresh et al., 2019), studies on using mathematical modelling in feedback (Diefes-Dux et al., 2012; Middleton et al., 2012; Zengin, 2019) and those which investigated the effects of the time feedback was given on mathematical achievement (Pinger et al., 2018; Yaşar & Akbaş, 2018). The resulting starting point was the need for enhancing mathematics teachers' levels of feedback.

In the second stage, clarifying the case, six mathematics teachers chosen for participation were asked to record their classes for a week, and each recording was evaluated separately to ascertain the structure of the feedback and important components of teaching mathematics. The participant teachers were not informed about the research aim, and the researchers analysed the video recordings after the classes were finished. In the 75-minutes long online interviews, researchers and teachers discussed the feedback, whether or not it was provided, and how and why it was given.

Third stage included determining the action strategies and implementing them. The necessary ethics committee approval was obtained for this stage. Five mathematics teachers with a postgraduate degree in teaching mathematics were interviewed every week and asked to implement the strategies according to the conducted interviews. Considering the abundance of the strategies and the fact that teachers taught the same subjects, which minimised the probable problems, action steps were taken every six weeks. The subject 'Operations with Integers' – which was included in the seventh-grade mathematics curriculum as 30 lessons with five outcomes – was chosen, and the action plan was implemented. The steps taken in the action plan are shown in Table 1.

Table 1
The action steps in the study

Steps	People	Procedures	Timing
1	R	What is feedback?	60-75
	T	What are its dimensions?	minutes
	R	Makes addition and subtraction with integers and solves the relevant problem	5 lessons
2	R	Constructivist approach (CA)	60-75
	T	Philosophical foundations	minutes
		Preparing a lesson plan on the basis of CA and implementing it	
		Configuring the classroom environment in teaching mathematics	
		Materials usable in CA to teach mathematics	
	R	Uses the properties of addition as strategies to do the operations fluently	5 lessons
3	R	Integers	60-75
	T	The mathematical meaning of the subject of integers	minutes
		Materials usable in teaching integers	
	T	Does multiplication and division with integers	5 lessons
4	R	Mathematical communication	60-75
	T	Skills which meet the NCTM standards	minutes
		Asking the right questions	
		How is learning enriched with questions and answers?	
	R	Represents the repetitive multiplication of integers with exponential numbers	5 lessons
5	R	Doing mathematics	60-75
	T	Does solving the same types of questions mean doing mathematics?	minutes
		Exploring mathematics, which is the science of order and patterns	
	R	Solves problems which require doing operations with integers	5 lessons
6	R	Socio-cultural theory	60-75
	T	Philosophical foundations	minutes
		Applications of socio-cultural theory in the light of mathematical communication and doing mathematics	

R: Researchers T: Teachers

Fourth stage entailed analysis and theory development. Each step identified in the action plan was defined as a subproblem, and the researchers obtained the participants' video recordings of their classes in which teachers applied the recommendations given during the interviews. Both the evaluations and the analysis of the findings were used for this stage.

The study group

Homogeneous sampling, one of the purposeful sampling methods, was employed in this study. It entails determining the basic characteristics and choosing individuals and locations with the desired traits (Creswell, 2012). Considering the assumptions of action research, willingness to work and be professionally educated was identified as the prerequisite for participation in the study, so six seventh-grade mathematics teachers were chosen accordingly. They were employed by the Ministry of National Education and attending the post-graduate mathematics education programme at a University in the Mediterranean Region of Turkey at the time. Four of the participants were female, whereas two were male, all of whom volunteered for the study. The participants were coded as T1, T2, T3, T4, T5 and T6, and their characteristics are presented in Table 2.

Table 2
The characteristics of the participants

Participants	Gender	Faculty of graduation	The phase of postgraduate education	Classes taught and the number of students
T1	F	Educational faculty	Taking courses	7 th grade - 42 students
T2	F	Educational faculty	Taking courses	7 th grade - 39 students
T3	F	Educational faculty	Writing their thesis	7 th grade - 49 students
T4	M	Educational faculty	Writing their thesis	7 th grade - 29 students
T5	M	Educational faculty	Writing their thesis	7 th grade - 34 students
T6	F	Educational faculty	Writing their thesis	7 th grade - 36 students

According to Table 2, all teachers graduated from educational faculties. Teachers coded T1 and T2 were taking postgraduate courses, while the others were writing their postgraduate thesis at the time. The teacher coded T4 worked in a school in a rural area, whereas the others taught in schools in the city centre.

The tools and process of data collection

Data collection tools used in qualitative studies are observation, interviews, surveys, documents and audio-visual materials (Creswell, 2012); therefore, the data in this study were collected via observation, interviews and audio-visual materials.

The observation tools were collected with feedback observation form (FOF), prepared by the researchers, constructivist approach observation form (CAOF), mathematical communication observation form (MCOF) and doing mathematics observation form (MOF). The forms were designed by three mathematics teachers, two experts of mathematics education and two experts of measurement who were available at the second stage of the action plan. Prior to the implementation, the participants were given the FOF and were asked to make self-evaluation in the classes which they video recorded. They made the assessments and gave marks with FOD and CAOF after the first week of classes, with FOF and MCOF after the third week of classes and with

FOF and MOF after the fourth week of classes. After the implementation, both the participants and the researchers made evaluations with the help of FOF. The procedure aimed to compare the feedback provided before and after the implementation of the action plan.

The interviews with the participants were held online at the weekend after classes were finished. Each interview lasted approximately 60-75 minutes; the steps of the action plan were discussed, what to include and what to exclude from the implementation, and the following week was planned. The videos of the participants' classes served as audio-visual materials used to complete the observation forms by two researchers and two mathematics educators at different times. Then, the criteria specified in the forms were applied by the participants in the classroom environment, and evaluations were made. The evaluation results are included in the findings section, depending on the subproblems.

Data analysis

Woods (2015) argued that feedback has various dimensions: type, focal point, depth, openness, clarity and the way it is given. Its components are included in the findings section. The stated structure was regarded as the basis for this study, and content analysis was done accordingly. Each heading formulated for the feedback was regarded as a theme, and the feedback given by the teachers in 30 lessons was analysed and categorised according to the dimensions. Indicators of the feedback were presented as subthemes, and their frequencies were included in the findings section. Besides, the participants' statements were directly quoted, which facilitated their transferability.

The researchers discussed the consistency of the codes and themes with the experts who performed the analyses (two mathematics educators and two mathematics teachers). Miles and Huberman (1994) calculated this similarity, which they called internal consistency and conceptualized as the consensus between the coders, using the formula: $\Delta = C \div (C + \partial) \times 100$, where Δ is reliability coefficient, C is the number of topics/terms on which consensus was reached, and ∂ is the number of topics/terms on which consensus was not reached. The consensus between the coders in this study was found to be 94%. After the necessary arrangements were made, the final form of the codes and themes mentioned in the findings section was obtained.

Data

The data collected in the study are presented separately for each step of the action plan, i.e., for each subproblem.

What types of feedback did mathematics teachers use in prior to and after the action plan?

Table 3 shows the types of feedback mathematics teachers used (themes) prior to and after the action plan, the indicators (sub-themes) and the frequency of using feedback.

Table 3
The themes, sub-themes and frequencies for the types of feedback the participants used

Themes (Types)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Informal feedback	Making use of different materials	T1, T2	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Using different worksheets	-	T4, T5, T6
	Using the specified online activities apart from the ones in the curriculum	-	T2, T3, T4, T5
Formal feedback	Teaching the subject by using the course book	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
	Doing online activities prepared according to the programme	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
Summative feedback	Giving an examination	T3	-
	Evaluating by giving marks	T1, T2, T3	T3
	Constantly emphasising that a point will be asked in the examination	T1, T2, T3, T4, T5	-
Formative feedback	Identifying students with learning difficulties	-	T1, T2, T3, T4, T5
	Letting students make self-evaluation	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Teacher feedback	Adoption of the behaviourist approach by teachers	T1, T2, T3, T4	-
	Teachers believe that only they can give feedback	T1, T2, T3, T4	-
Student feedback	Enabling students to have discussions about the subject	T1, T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Adoption of the constructivist approach by teachers		T1, T2, T4, T5, T6
Encouraging feedback	Encouragement on the basis of physical properties	T2, T4, T5, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Encouragement on the basis of affective properties	T1	T1, T2, T4, T5, T6
	Encouragement on the basis of cognitive properties	T1	T1, T2, T4, T5, T6
Discouraging feedback	Discouragement on the basis of physical properties	T3	-
	Discouragement on the basis of affective properties	T3	-
	Discouragement on the basis of their cognitive properties	T3	-
Self-evaluation feedback	Making students aware of their mistakes through feedback and enabling them to make revisions	T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Allowing time so that students can decide on whether or not they have understood a subject	T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6

Themes (Types)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Peer evaluation feedback	Supporting positive feedback given by peers	T1, T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Supporting negative feedback given by peers	T3	-

According to Table 3, participants benefited heavily from formal feedback prior to the action plan and they used the materials and course books specified in the curriculum while doing the action plan. Accordingly, it was also found that informal feedback increased after the action plan. Explaining the reason, participant T5 said:

Indeed, I knew of the constructivist approach, but I knew the part about how lesson plans are made and implemented. I used different materials when I had finished the action plan and saw that feedback given to children also changed. I understood that configuring the classroom environment has really changed.

Besides, it was found that the participants gave summative feedback prior to the action plan, but they chose to give formative feedback after the action plan. Participants stated that they moved away from the discourse of “it will be asked in the exam” in the motivating section due to the fact that different materials were available in the classroom. However, T3 said they cannot give up using the discourse because it became a habit. In addition to that, T3 was found to be the only participant who adhered to the course book and therefore he/she gave the feedback accordingly. T3 explained the situation:

... maybe if the classrooms were not crowded. But it takes time and becomes impossible to implement it with a classroom of 49 students. Although I give feedback about the example questions from the book, everybody says something, and I cannot find another way.

On the other hand, T3 gave feedback to students in statements such as:

*You ask me, and I answer your question. Do you have a problem with understanding?
You cannot understand. Do not force yourself.
You will start to cry because you don't understand!
You will solve it if you move.*

Regarding the cited statements, T3 said they were not discouraging because the students knew him/her.

While the frequency of the feedback given was higher prior to the action plan, students also began to use feedback after the action plan. In other words, an increase was observed in student feedback, that is, the seventh graders who were given the opportunity to speak and discuss gave feedback to their classmates and teacher.

T2 and T6 helped their students configure self-evaluation prior to the action plan, but other teachers offered help only after the action plan. It was found that positive feedback given by peers was expressed in statements such as: “Wow, that’s correct!”

“How did you do it?” “Well done!” The examples of negative feedback made by T3 included statements such as “I knew you could not do it,” “Let me do it!”

What is the focal point of the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?

The focal points (themes), indicators (sub-themes) and the frequency of giving feedback prior to and after the action plan are shown in Table 4.

Table 4
The themes, sub-themes and frequencies for the focal points of feedback the participants used

Themes (focal points)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Content-based feedback	Feedback contains sentences of approval	T1, T2, T3, T5, T6	T2, T3
	Feedback contains sentences in the form of questions	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Feedback is directed only to understanding the subject	T2, T3	T3
Structure-based feedback	Instructions for writing neatly in the notebook	T1, T2, T3,	T3
	Instructions for writing neatly in the book	T3	-
Task-based feedback	Instructions on what to do about the given question (task)	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
	Using the given question (task) as preparation for other tasks	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Process-based feedback	Letting students learn from their mistakes	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Enabling students to develop strategies	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Asking appropriate questions to make students discover associations between ideas	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Marking-based feedback	Marking at the end of a task	T1, T2, T3	T3
	Giving feedback just for learning the solved tasks	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
Target-based feedback	Ensuring that a solved question serves the subject in general	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Making statements which help self-regulation	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6

It is clear from Table 4 that T1, T2 and T3 gave structure-based feedback prior to the action plan, but only T3 continued giving this type of feedback after the action plan. T1, T2, T3, T5 and T6, however, gave content-based feedback only by using sentences of approval, and T2 and T3 continued giving this type of feedback after the action plan. Besides, participant T4 gave feedback through questions, with the purpose of configuring the content, whereas all the teachers did so after the action plan. Regarding the task and process-based feedback, it was found that only T4 gave process-based feedback before and after the action plan, but the remaining five teachers began to give process-based feedback after the action plan. Participant T5 explained the situation:

You said, 'If you want to develop mathematical communication, let children learn from their life.' It had a great effect on me because we think of life as something bad in our society. If a child makes a mistake in mathematics, we laugh at it and then ignore it. We do not ask questions so they understand where they made mistakes. It is really important for them to understand the subject.

Additionally, it was found that marking-based feedback was replaced by target-based feedback. Only T4 explained where and how to use a solved problem and exhibited knowledge use prior to the action plan. All the teachers did so after the action plan. T4 explained it with a course he/she had taken during university education. Besides, it was also observed that T3 did not choose to change the feedback he/she gave prior to the action plan and gave the same feedback after.

How deep is the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?

The depth (themes), indicators (sub-themes) and the frequency in which mathematics teachers gave feedback prior to and after the action plan are shown in Table 5.

Table 5
The themes, sub-themes and frequencies of the feedback participants used

Themes (depth)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Feedback containing simple praise	Using simple words of praise	T1, T2, T4, T5, T6	T2
	Using simple words of criticism	T3	T3
Feedback containing detailed comments	Explaining what is incompletely done and what is done in excess	T1, T2, T4, T5, T6	T3
	Making detailed explanations	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
	Getting students to make detailed explanations	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Containing recommendations for future implementations	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6

Themes (depth)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Too little feedback given	Giving little verbal feedback in the process	T3	-
	Giving little written feedback in the process	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
Too much feedback given	Giving too much verbal feedback in the process	T1, T2, T4, T5, T6	-
	Giving too much written feedback in the process	-	T3

It is apparent from Table 5 that the feedback containing simple words of praise was given by T1, T2, T4, T5 and T6 prior to the action plan, but T2 continued using it after the action plan was implemented. T2 made the following statement about the solution of the task shown in Figure 1.

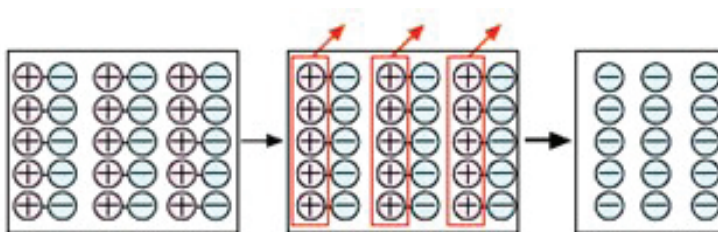


Figure 1. The question students solved by using modelling

I got the students to do modelling by using counters for the first time. Look at the question! While it is difficult even for us to make sense, they were very successful because they did it by exploring. I certainly said ‘well-done’ for it.

Therefore, T2 stated that students deserved simple words of praise and added that he/she wanted to use this style of giving feedback.

It is apparent that feedback containing detailed comments was used by all of the participants prior to the action plan; however, the situation was changed into a student-centred approach after the action plan. In other words, the feedback given by the participants went beyond making explanations and got students to discover ideas, configure and explain them.

T3, who gave little verbal feedback, started to give more written feedback after the action research. Here, insufficient or excess feedback was calculated on the basis of students’ performance in each lesson, and level below 30% was considered insufficient, whereas level above 70% was regarded as excess feedback. In addition to that, T1, T2, T4, T5 and T6 gave too much verbal feedback after the action plan. The depth of giving feedback was the theme which changed the most – the result in which emphasis was placed on what should be done was more influential than insufficiently or excessively adhering to the action plan.

How clear was the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan?

The clarity (themes), indicators (sub-themes) and the frequency of the feedback the mathematics teachers used prior to and after the action plan are shown in Table 6.

Table 6
The themes, sub-themes and frequencies for the feedback participants used

Themes (Clarity)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
Feedback which can be misunderstood	Using words which can be misunderstood	T3	-
	Using words which can cause mathematical misconception	T2, T3	-
Clear feedback	Being able to give feedback clearly	T1, T2, T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Feedback understood by everybody	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Simple feedback	Giving feedback to students in simple language	T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Simple language also contains mathematical language	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Complicated feedback	Feedback is stated in a complex way	T3, T5	-
	Feedback is not understood	T3	-

As can be seen, participant coded as T3 used words which could be misunderstood, while T2 and T3 used words which might cause mathematical misconception. T2, for instance, did not give written feedback for the problem that a student solved in his/her notebook, which is shown in Figure 2, but only said “why not” as feedback.

a) $\frac{0}{(-7)} = (-7)$ Kesinlikle

b) $\frac{0}{(+3)} = +3$ Kesinlikle

Figure 2. A student's Answer

Besides, it was found that the feedback mentioned above was also given to another student after a few classes. Additionally, T3 and T5 provided complex feedback, and the students could not understand it. They were found to use daily language prior to the action plan, but they used mathematical language after the action plan.

How was the delivery of feedback given by mathematics teachers prior and after the action plan?

The delivery (themes), indicators (sub-themes) and the frequency of the feedback mathematics teachers used prior to and after the action plan are shown in Table 7.

Table 7
The themes, sub-themes and frequencies for the clarity of the feedback

Themes (Delivery)	Sub-themes	Prior to the action plan	After the action plan
One-way feedback	Giving feedback on homework by grading it	T3	-
	Giving only verbal feedback	T2, T3	-
	Giving online feedback	-	-
	Feedback from the teacher to the student	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
	Feedback from the student to the teacher		T1, T2, T3, T4, T5, T6
Dynamic cycle feedback	Giving feedback by repeating the communication	-	T1, T2, T4, T5, T6
	Giving feedback by keeping classroom discussions alive	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Written feedback	Giving feedback by writing in the notebook	-	T1, T2
	Giving feedback by writing on worksheets	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Giving feedback by writing in the books	-	T1, T2
Digital feedback	-	-	-
Synchronous feedback	Written, verbal or online feedback is synchronous	-	T1, T2, T5, T6
Asynchronous feedback	Written, verbal or online feedback is asynchronous	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
One-time feedback	One-time feedback	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
Continuous feedback	Feedback for each performance	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Instant feedback	Giving feedback immediately upon performance	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Delayed feedback	Giving delayed feedback after performance	T5	-

According to Table 7, T3 used to give one-way feedback as marks for homework but gave up doing it after the action plan. In the same way, T2 and T3 gave verbal feedback before the action plan, but it was replaced by versatile feedback after the action plan. The T5's feedback was replaced by dynamic cycle feedback after the action plan:

... It was insufficient to say only 'yes, that's right'. It is difficult to perceive while doing it, but more creative ideas are coming from children as you apply these practices, and more communication means more strategies. For example, modelling was displayed even for the question $(-8) + 3$. Each instance of feedback made classes livelier.

It was determined that teachers did not give written feedback on the notebooks, books or other worksheets that students used in the lessons before the action plan, but they only gave feedback on the worksheets they prepared and implemented according to 7E. The participants said that written feedback was more permanent, and it eliminated students' forgetfulness and denial.

Electronic feedback was not given prior to nor after the action plan. Written and verbal feedback was given simultaneously prior to the action plan, and the two types of feedback were provided synchronously by T1, T2, T5 and T6 after the action plan. Apart from that, only T3, who used to give one-time feedback prior to the action plan, continued doing the same after, but the remaining participants gave continuous feedback. T4 gave instant feedback prior to the action plan, and T5 provided delayed feedback: "Who has written a minus in the wrong place at the beginning of class? Yes, do you understand why it was not written now?"

Results

According to the findings obtained within the scope of the study regarding the six participants, it was concluded that the types of feedback used by these teachers in their lessons could be improved. Woods (2015) identified the dimensions, types, focal points, depth, clarity/openness of feedback and the way feedback is given, which were developed in this study in order to improve teaching mathematics. The detailed results are given for each dimension in Figures 3, 4, 5 and 6. The situations given in the visuals express a two-folded structure. When considered as two extreme points, the concepts affecting the transition from one point to the other are presented with lower arrows.

It was found that the concepts of constructivist approach (CA), socio-cultural theory (ST), doing mathematics (DM) and mathematical communication skills (MCS) available in the action plan and their applications influenced the feedback given by teachers. Figure 3 shows which stages of the action plan affected the types of feedback.

As can be seen from Figure 3, formal feedback was changed into informal feedback, summative feedback into formative feedback, and the feedback given by the teacher into the feedback given by the student after the action plan. It was observed that encouraging feedback as well as self-evaluation and peer feedback increased.

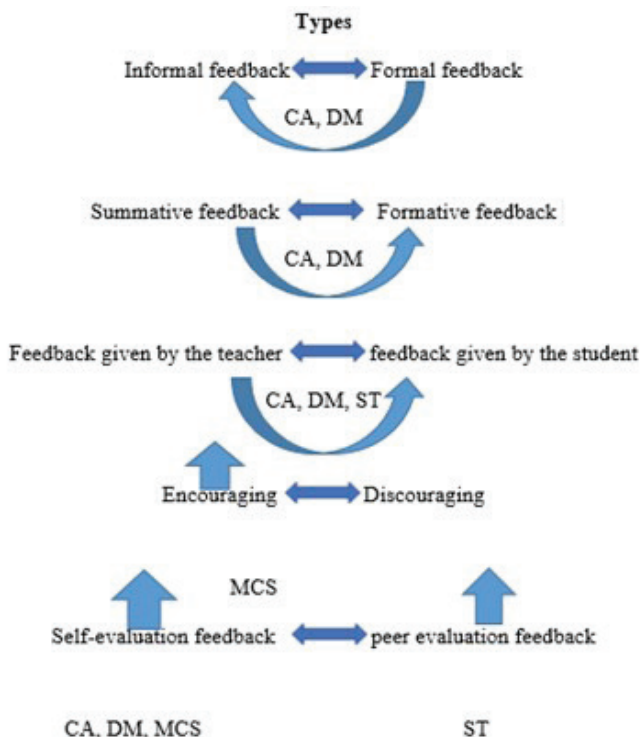


Figure 3. The stages of the action plan which affected the types of feedback

As a result, it was found that participants changed the focal point of feedback from structure-based into content-based, from task-based into process-based and from marking-based into target-based. The changes and the stages of the action plan which effected them are shown in Figure 4.

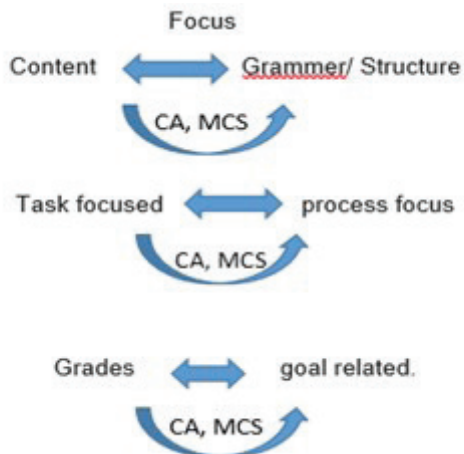


Figure 4. The stages of the action plan which influenced the focus of feedback

It is evident from Figure 4 that the stages of the action plan which contained CA and MCS were influential in the change. As different from other studies, task-based feedback was also used to prepare students for other tasks in this study, which can be regarded as an indicator of process-based feedback.

Another finding obtained here showed the way in which the depth and clarity of feedback given by the participants changed, which is shown in Figures 5 and 6.



Figure 5. The stages of the action plan that influenced the depth of feedback



Figure 6. The stages of the action plan that influenced the clarity of feedback

According to Figure 5, the depth of the participants' in-class feedback was changed from simple words of praise into detailed comments. It is evident that feedback was given duly rather than insufficiently or excessively because effectiveness and quality of feedback is more important than its quantity. Feedback given duly was not associated with an action plan, but it arose as a result of intuitive practices. Besides, according to Figure 6, it was found that clear and simple feedback was used.

Another finding obtained in the current study showed how feedback was given and the stages of the action plan which affected it, as shown in Figure 7.

Accordingly, one-way feedback changed into cycle feedback, while asynchronous feedback was replaced by synchronous feedback. One-time feedback transformed into continuous feedback and delayed feedback into instant feedback. It also became evident that written feedback increased.

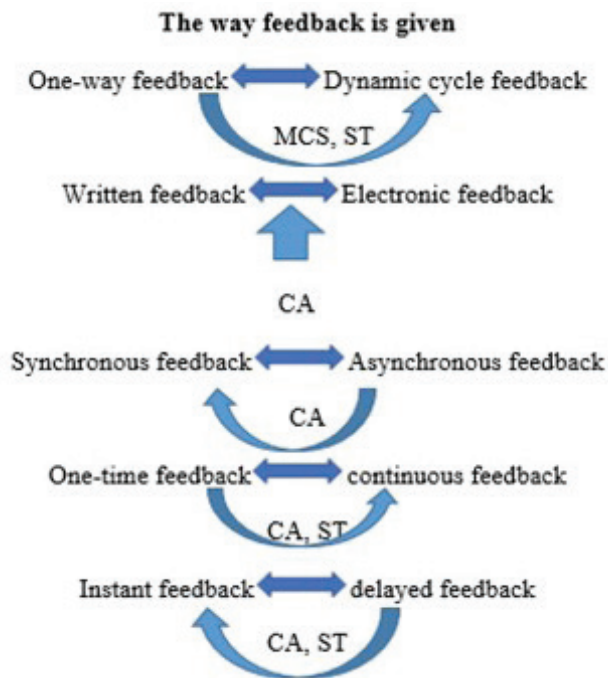


Figure 7. The stages of the action plan that influenced the way feedback was provided

Discussion

The findings obtained in this study are parallel to the ones obtained in studies where formal feedback given on the basis of the behaviourist approach turned into informal by moving away from the said approach, which effected higher levels of student activity (Harrison et al., 2016; Hartle et al., 2012).

It was indicated in studies conducted in various disciplines (Harvey et al., 2011; Jones & Dudman, 1999; Orsmond et al., 2005), and in those on teaching mathematics (Chen et al., 2020; Diefes-Dux et al., 2012; Toker, 2021), that formative feedback guided students to learn better in the future (Biggs, 1996; Biggs & Tang, 2011; Clark, 2018). If was found, and confirmed by this study, that students could describe problems and connections between mathematical concepts more clearly in their drawings, which helped their understanding and decreased the number of mistakes in mathematical operations. Besides, formative feedback increased after the implementation of the action plan in this study, which improved the teachers' classroom practices.

Hattie (2016) stated that task-oriented, process-oriented and self-regulation-oriented feedback should improve students' skills of conceptual understanding. The findings obtained in the current study are in line with the results of studies that proved the constructivist approach supported conceptual learning and that the related feedback influenced teaching mathematics positively (Roschelle et al., 2010; Rezat, 2021).

Therefore, the effectiveness of feedback increases if teachers have the opportunity to organize mathematics teaching in light of the concepts of constructivism and mathematical communication skills.

Nicol and Macfarlane-Dick (2006) stressed the importance of the amount of provided feedback, which should be limited to useful feedback. This study found that feedback was given when it was relevant, by using the constructivist approach and mathematical communication skills concepts available in the action plan. The feedback was provided based on the criteria defined by Nicol and Macfarlane-Dick (2006), and special care was taken regarding the number of criteria. In the current study, only weaknesses/strengths were not described or corrective advice given, but students had the opportunity to get advice by asking questions.

Freeman and Lewis (1998) stated that feedback should urge a response and a continuing dialogue about the subject at hand, which lays the foundation for students' homework, their performance or the feedback itself. Nicol and Macfarlane-Dick (2006) argued that this discourse cannot be implemented in crowded classrooms, a finding which was parallel to the one obtained in this study. Of all the participants, only T3 followed the stages of the action plan but preserved his/her belief that feedback could not be given due to the size of the class.

Apart from that, Ivanic et al. (2000) contended that feedback is complicated and difficult to understand most of the time, and that students need opportunities to develop understanding through activities such as discussion. As found in this study, using the constructivist approach, doing mathematics and mathematical communication skills (the stages of the action plan) created environments for discussion, and complicated feedback was changed into simple and understandable feedback.

Sadler (1989) argued that evaluative feedback can be given to students through continuous access by providing them with the opportunity to do their homework again and submit it, and by encouraging them to do so instead of giving feedback only once. The findings of the study mentioned above are parallel to the ones obtained in the current study: the opportunity and encouragement can be provided by means of the constructivist approach, socio-cultural theory and mathematical communication skills.

It is emphasised in various studies that feedback should be timely, that is, given immediately after student performance or learning to have effect (Freeman & Lewis, 1998; Hudson, 2016; Nicol & Macfarlane-Dick, 2006), which is a finding that overlaps with the findings obtained in this study.

Conclusion

It was proven in this study that the steps taken in the action plan enhanced teachers' feedback. The results showed the improvement of quality and functionality of mathematics teachers' feedback and their discourse. However, the results cannot be generalised because it is a qualitative study, but they can be used to identify the indicators of increasing academic achievement of such a class and shed light on future studies.

Apart from student academic achievement, teacher education is also important, and it is relevant to enrich both teacher education curricula and in-service trainings with the following concepts: constructivist approach (CA), socio-cultural theory (ST), doing mathematics (DM) and mathematical communication skill (MCS). Expanding on the results of this study, long-term studies can be conducted for each of the concepts that affect feedback in mathematics lessons. It is a recommendation for future studies to examine the relationship between these concepts so other important variables for mathematics education can also be revealed.

References

- Alexander, R. (2008). Culture, dialogue and learning: Notes on an emerging pedagogy. Exploring talk in school. In Mercer, N., & Hodgkinson, S. (Eds.), *Exploring Talk in School: Inspired by the Work of Douglas Barnes* (pp. 91-114). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781446279526.n6>
- Altricher, H., Feldman, A., Posch, P., & Somekh, B. (2005). *Teachers investigate their work: An introduction to action research across the professions*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203978979>
- Altricher, H., Feldman, A., Posch, P., & Somekh, B. (2005). *Teachers investigate their work: An introduction to action research across the professions*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203978979>
- Baker, D. R., & Piburn, M. D. (1997). *Constructing science in middle and secondary school classrooms*. Allyn and Bacon.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347-364. <https://doi.org/10.1007/BF00138871>
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university*. Open University Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *BSCS*, 5(88-98).
- Carless, D., Salter, D., Yang, M., & Lam, J. (2011). Developing sustainable feedback practices. *Studies in Higher Education*, 36(4), 395-407. <https://doi.org/10.1080/03075071003642449>
- Chalmers, C., MacCallum, J., Mowat, E., & Fulton, N. (2014). Audio feedback: Richer language but no measurable impact on student performance. *Practitioner Research in Higher Education*, 8(1), 64-73. <https://ojs.cumbria.ac.uk/index.php/prhe/article/view/150>
- Chen, I. H., Gamble, J. H., Lee, Z. H., & Fu, Q. L. (2020). Formative assessment with interactive whiteboards: A one-year longitudinal study of primary students' mathematical performance. *Computers & Education*, 150, 103833. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103833>
- Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1315-1346. <https://doi.org/10.1080/09500690600621100>
- Clark, K. R. (2018). Learning theories: Constructivism. *Radiologic Technology*, 90(2), 180-182. <http://www.radiologictechnology.org/content/90/2/180.extract>

- Confrey, J. (1990). Chapter 8: What constructivism implies for teaching. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*, 4, 107-210. <https://doi.org/10.2307/749916>
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson Education.
- Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., Hjalmarson, M. A., & Cardella, M. E. (2012). A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375-406. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00054.x>
- Ebert, O., Burford, M. L., & Brian, D. J. (2003). Highlander: Education for change. *Journal of Transformative Education*, 1(4), 321-340. <https://doi.org/10.1177/1541344603257680>
- Efgivia, M. G., Ukhrowati, U., Ulfah, M., & Fitriah, M. (2021, October). Implementation of cognitivism theory in the learning process at Riyadlul Jannah Middle School in the pandemic era. In *1st UMGESHIC International Seminar on Health, Social Science and Humanities (UMGESHIC-ISHSSH 2020)* (pp. 198-202). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211020.030>
- Ferrance, E. (2000). *Action Research*. LAB, Northeast and Island Regional Education Laboratory at Brown University.
- Forman, E. A. (2003). A sociocultural approach to mathematics reform: Speaking, inscribing, and doing mathematics within communities of practice. In Kilpatrick, J., Martin, W.G., & Schifter, D. (Eds.), *A Research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 333-352).
- Freeman, R., & Lewis, R. (1998). *Planning and implementing assessment*. Psychology Press.
- Freire, P., & Macedo, D. (2002). A dialogue with Paulo Freire. In *Paulo Freire* (pp. 167-174). Routledge.
- Glover, C., & Brown, E. (2006). Written feedback for students: Too much, too detailed or too incomprehensible to be effective? *Bioscience Education*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.3108/beej.2006.07000004>
- Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change, *Teachers and Teaching*, 8(3), 381-391. <https://doi.org/10.1080/135406002100000512>
- Harrison, C. J., Könings, K. D., Dannefer, E. F., Schuwirth, L. W., Wass, V., & van der Vleuten, C. P. (2016). Factors influencing students' receptivity to formative feedback emerging from different assessment cultures. *Perspectives on Medical Education*, 5(5), 276-284. <https://doi.org/10.1007/s40037-016-0297-x>
- Hartle, R. T., Baviskar, S., & Smith, R. (2012). A field guide to constructivism in the college science classroom: Four essential criteria and a guide to their usage. *Bioscene: Journal of College Biology Teaching*, 38(2), 31-35. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1002158.pdf>
- Harvey, J., Avery, A., Waring, J., Hibberd, R., & Barber, N. (2011). A constructivist approach? Using formative evaluation to inform the electronic prescription service implementation in primary care, England. In A. Moen, A., Andersen, S.K., Aarts, J., & Hurlen, P.(Eds.), *User Centred Networked Health Care* (pp. 374-378). IOS Press.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>

- Hudson, P. (2016). Identifying mentors' observations for providing feedback, *Teachers and Teaching*, 22(2), 219-234. <https://doi.org/10.1080/13540602.2015.1055446>
- Ivanic, R., Clark, R., & Rimmershaw, R. (2000). What am I supposed to make of this?: the messages conveyed to students by tutors' written comments. In M. R. Lea & B. Stierer (Eds.), *Student writing in higher education: New contexts* (pp. 47-65). Open University Press.
- Jones, M., & Dudman, K. (1999). Web-constructivism using Javascript. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 178-183). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/p/17419/>
- Kastberg, S. E., Lischka, A. E., & Hillman, S. L. (2020). Characterizing mathematics teacher educators' written feedback to prospective teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 23(2), 131-152. <https://doi.org/10.1007/s10857-018-9414-6>
- Kim, H. J. (2019). Teacher learning opportunities provided by implementing formative assessment lessons: Becoming responsive to student mathematical thinking. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(2), 341e363. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9866-7>
- Köğçe, D., & Baki, A. (2014). Secondary school mathematics teachers' beliefs about feedback concept, delivery style and timing of feedback. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 13(3), 767-792. <https://doi.org/10.21547/jss.256807>
- Mezirow, J. (2003). Transformative learning as discourse. *Journal of transformative education*, 1(1), 58-63. <https://doi.org/10.1177/1541344603252172>
- Middleton, A. M., Úbeda-Tomás, S., Griffiths, J., Holman, T., Hedden, P., Thomas, S. G., Philips, A. L., Holdsworth, M. J., Bennett, M. J., King, J. R., & Owen, M. R. (2012). Mathematical modeling elucidates the role of transcriptional feedback in gibberellin signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7571-7576. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113666109>
- Miles, M. B. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks.
- Mills, G. E. (2010). *Action Research: A Guide for the Teacher Researcher*. Pearson.
- Ministry of National Education ([MoNE] (2013). *Mathematics curriculum (Primary and Secondary School, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7th and 8th grades)*. MEB. <https://mufredat.meb.gov.tr/>
- Ministry of National Education [MoNE] (2009). *Mathematics curriculum (Primary and Secondary School, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7th and 8th grades)*. MEB. <https://mufredat.meb.gov.tr/>
- Ministry of National Education [MoNE] (2018). *Mathematics curriculum (Primary and Secondary School, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7th and 8th grades)*. MEB. <https://mufredat.meb.gov.tr/>
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- Orsmond, P., Merry, S., & Reiling, K. (2005). Biology students' utilization of tutors' formative feedback: A qualitative interview study. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(4), 369-386. <https://doi.org/10.1080/02602930500099177>
- Pinger, P., Rakoczy, K., Besser, M., & Klieme, E. (2018). Implementation of formative assessment—effects of quality of programme delivery on students' mathematics achievement

- and interest. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(2), 160-182. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2016.1170665>
- Ramaprasad, A. (1983). On the definition of feedback. *Behavioral Science*, 28(1), 4-13. <https://doi.org/10.1002/bs.3830280103>
- Rezat, S. (2021). How automated feedback from a digital mathematics textbook affects primary students' conceptual development: Two case studies. *ZDM–Mathematics Education*, 53(6), 1433-1445. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01263-0>
- Roschelle, J., Rafanan, K., Bhanot, R., Estrella, G., Penuel, B., Nussbaum, M., & Claro, S. (2010). Scaffolding group explanation and feedback with handheld technology: Impact on students' mathematics learning. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 399-419. <https://doi.org/10.1007/s11423-009-9142-9>
- Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science*, 18(2), 119-144. <https://doi.org/10.1007/BF00117714>
- Sadler, D. R. (2013). Opening up feedback. In Merry, S., Price, M., Carless, D., & Taras, M. (Eds.), *Reconceptualising feedback in higher education: Developing dialogue with students* (pp. 54-63). Routledge.
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Singh, K., & Mueller, J. (2021). Taking a nuanced view of the role of teacher feedback in the elementary classroom. *Teachers and Teaching*, 27, 1-4, 95-115, <https://doi.org/10.1080/13540602.2021.1933415>
- Suresh, A., Sumner, T., Jacobs, J., Foland, B., & Ward, W. (2019, July). Automating analysis and feedback to improve mathematics teachers' classroom discourse. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 33, No. 01, pp. 9721-9728). <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019721>
- Toker, Z. (2021). Making thoughts visible through formative feedback in a mathematical problem-solving process. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 8(3), 133-151. <https://doi.org/10.33200/ijcer.845288>
- Truxaw, M. P. (2020). Dialogic discourse to empower students in linguistically diverse elementary mathematics classrooms. *Teacher education quarterly*, 47(3), 120-144.
- Von Glasersfeld, E. (1983). On the concept of interpretation. *Poetics*, 12(2-3), 207-218. [https://doi.org/10.1016/0304-422X\(83\)90028-1](https://doi.org/10.1016/0304-422X(83)90028-1)
- Walker, M. (2013). Feedback and feedforward. In Merry, S., Price, M., Carless, D., & Taras, M. (Eds.), *Reconceptualising feedback in higher education: Developing dialogue with students* (pp. 103-112). Routledge.
- Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2010). *Elementary and middle school mathematics*. Pearson Education.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics*. John Wiley & Sons. https://uberty.org/wp-content/uploads/2015/07/Norbert_Wiener_Cybernetics.pdf
- William, D. (2007). Keeping learning on track: Classroom assessment and the regulation of learning. In Lester, F. K. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. (pp. 1053-1098). Information Age Publishing.

- Wollenschläger, M., Hattie, J., Machts, N., Möller, J., & Harms, U. (2016). What makes rubrics effective in teacher-feedback? Transparency of learning goals is not enough. *Contemporary Educational Psychology*, 44, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.11.003>
- Woods, M. E. (2015). *Effective feedback for adult students*. [Unpublished doctoral dissertation]. Cardinal Stritch University. <https://www.proquest.com/docview/1728918994?pq-riqsite=gscholar&fromopenview=true>
- Yaşar, C., & Akbaş, U. (2018). The effect of feedback timing on mathematics achievement. *İlköğretim Online*, 1448-1466. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2019.630657>
- Zengin, S. (2019). *Investigating in-class mathematical modelling activities from the perspective of types of assessment* [Unpublished Doctoral dissertation]. Marmara University.

Gözdegül Arık Karamik

Akdeniz University
Faculty of Education
Department of Mathematics and Science Education
Dumlupınar Bulvarı, 07058, Antalya, Turkey
gkaramik@akdeniz.edu.tr

Ali Özkaya

Akdeniz University
Faculty of Education
Department of Mathematics and Science Education
Dumlupınar Bulvarı, 07058, Antalya, Turkey
ozkaya42@gmail.com

Unaprjeđivanje razina povratnih informacija učitelja matematike putem akcijskoga istraživanja

Sažetak

Cilj ovoga istraživanja bio je povećati kvalitetu povratnih informacija učitelja matematike putem akcijskoga istraživanja. Za tu svrhu korišten je dizajn akcijskoga istraživanja koje je provedeno s ciljem razvoja učitelja s obzirom na vrednovanja učenika u nastavi matematike. Tijekom istraživanja provedeni su tjedni intervjui s pet učitelja matematike koji su bili u tijeku izrade poslijediplomskoga rada u području poučavanja matematike, a osmišljen je šestotjedni program za primjenu akcijskih koraka. Odabran je predmet Operacije s cijelim brojevima, koji je uključivao trideset sati nastave i pet postignuća za učenike sedmih razreda, a proučavani su procesi pružanja povratne informacije za učenike tijekom nastave. Podatci su prikupljeni opservacijama, intervjuima i audio-vizualnim materijalima. Korištena su četiri opservacijska obrasca – Obrazac za povratne informacije (OPI), Obrazac konstruktivističkoga pristupa (OKP), Obrazac za matematičku komunikaciju (OMK) i Obrazac bavljenja matematikom (OBM). Sve instrumente pripremili su istraživači koji su proveli intervjue sa sudionicima prvi vikend nakon završetka nastave za svaki korak akcijskoga plana. Svaki intervju trajao je 60 - 75 minuta, a razgovaralo se o provedenim akcijskim koracima, mogućnostima i načinima nadopune provedbe te planu za sljedeći tjedan. Za analizu kvalitativnih podataka korištena je deskriptivna analiza i analiza sadržaja, a određene su teme i podteme analize. Rezultati pokazuju da su konstruktivistički pristup, sociokulturna teorija, vještine matematičke komunikacije i bavljenje matematikom važni akcijski koraci u poboljšanju kvalitete vrednovanja u matematičkom obrazovanju.

Ključne riječi: bavljenje matematikom, komunikacijske vještine, konstruktivizam, povratne informacije u matematici

Uvod

Učitelji trebaju bolje i učinkovitije metode pružanja redovitih povratnih informacija svojim učenicima o njihovom napretku u učenju jer je kontinuirano davanje povratnih informacija od ključne važnosti za poboljšanje učenja (Carless i sur., 2011). Potrebno je istražiti učiteljska uvjerenja i stavove, koji su krucijalni za njihov profesionalni razvoj, i pronaći učinkovite načine mjerenja tih varijabli (Guskey, 2002).

Pitanja poput: Trebaju li se učenici zadovoljiti učiteljevom reakcijom točno/netočno na rješenje problema na satima matematike; Kako i zašto bi učitelji trebali davati opsežnije povratne informacije od točno/netočno i Koliko je učinkovito osiguravanje povratnih informacija povrh točno/netočno za razvoj okoline za učenje? podsjećaju na to kakve bi povratne informacije na nastavi matematike zaista trebale biti te služe kao vodilja matematičarima i edukatorima u procesu pronalaženja odgovora. Pružanje povratnih informacija svakako podrazumijeva različite perspektive evaluacije na nastavi za učitelje i učenike.

Teorijska pozadina

William (2007) tvrdi da vrednovanje ima tri funkcije: podrška učenju (formativno), potvrda sposobnosti ili postignuća pojedinca (sumativno) i evaluacija kvalitete kurikula institucija. William također smatra da treba obratiti pozornost na važnost povratnih informacija u formativnom vrednovanju te naglašava kako je 1983. godine Ramaprasad naizmjenično koristio ova dva koncepta, koji se, tvrdi William, ne mogu odvojiti od ishoda poučavanja, a vrednovanje će biti formativno u onoj mjeru u kojoj utječe na učenje.

Shute (2008) je definirao formativno vrednovanje kao informaciju koja se daje učenicima čija se ponašanja ili misli nastoje promijeniti kako vi se unaprijedilo njihovo učenje, a Wiener (1948), Ramaprasad (1983) i Sadler (2013) smatraju da je formativno vrednovanje više od informacije, što znači da nužno nastaje unutar sustava sa specifičnom svrhom, tj. da je specifičan za pojedino područje. S druge strane, još jedno istraživanje koje opisuje povratnu informaciju kao informaciju koja se daje učenicima naglašava da razni dionici (poput učitelja, obitelji, udžbenika, vršnjaka) pružaju podatke ovisno o učeničkoj izvedbi (Hattie i Timperley, 2007).

Neka istraživanja naglašavaju svrhu povratnih informacija (Hattie i Timperley, 2007), funkciju ili sadržaj iscrpno pisanih povratnih informacija (Glover i Brown, 2006) te prevlast usmenih nad pisanim povratnim informacijama (Chalmers i sur., 2014; Walker, 2013).

Istraživači tvrde da pružanje povratne informacije u poučavanju matematike podržava matematičko razmišljanje (Chin, 2006; Truxaw, 2020) i pomaže učenicima usredotočiti se na sadržaj (Kim, 2019), a neki su otkrili da pojedini učitelji daju povratne informacije o kognitivnim funkcijama učenika, što motivira njihovo dubinsko razmišljanje (Alexander, 2008; Singh i Mueller, 2021)

Nicol i Macfarlane-Dick (2006) detaljno su klasificirali sedam stadija pružanja povratnih informacija: objašnjenje, afirmacija/pregovaranje, rasprava, osobne ideje, ispravak, pitanja i prijedlozi. Stadij objašnjenja uključuje opisivanje zamisli, njihovo ponovno formuliranje i oblikovanje ideja o sadržaju; stadij afirmacijskoga pregovaranja uključuje izjavu o tome je li nešto točno ili nije; stadij rasprave uključuje promišljene misli, osobne poglede na sadržaj ili opservacije o sadržaju, razloge i objašnjenja. Korekcija se odnosi na komentare pravila o zahtjevima i sadržaju koja je potrebno

slijediti. Stadij postavljanja pitanja uključuje zahtjeve za objašnjenjem i tumačenjem. Posljednji stadij, prijedlozi, podrazumijeva savjetovanje o tome kako nastaviti ili gdje se zaustaviti te otkrivanje, proširenje ili razvoj zadatka.

Ispitivanje definicija povratne informacije i njezine funkcije pokazuje pozitivnu vezu između učinkovitosti vrednovanja u poučavanju matematike s konceptima konstruktivizma (KP), sociokulturnom teorijom (ST), bavljenjem matematikom (BM) i vještinama matematičke komunikacije (VMK). Faze koje su opisali Nicol i Macfarlane-Dick (2006) također imaju zajednička svojstva sa 7E modelom konstruktivističkoga pristupa.

Pojedinci mogu samostalno oblikovati informacije i stvoriti trajno znanje ako za to postoje odgovarajući uvjeti i okoline. Dokazano je da su konstruktivistički pristup i sociokulturna teorija važni koncepti u poučavanju matematike (Walle i sur., 2010), u kojima željeni ishodi nisu zapamćivanje matematičkih koncepata nego njihovo shvaćanje. U skladu s tim ciljem, u Turskoj je u zadnjih 20 godina naglasak stavljen na matematičke kurikule, materijale te obrazovanje i profesionalno usavršavanje učitelja. Prvo je ministarstvo obrazovanja Turske objavilo kurikulum školskoga predmeta matematika 2005. godine, a današnji kurikulum oblikovan je revizijom prvoga tijekom godina nakon njegova objavljivanja. U sadašnjem kurikulumu zamjetne su reference na konstruktivistički pristup (MoNE, 2009; 2013; 2018), iako se sam pristup ne spominje. Osim toga, naglasak na učenike i njihovo središnje mjesto u obrazovnom procesu, kao i važnost konceptualnoga razumijevanja, koje se zagovara u sadašnjem kurikulumu matematike, načela su konstruktivističkog pristupa (MoNE, 2018, str. 9).

Učioničko okružje u kojemu se prakticira konstruktivističko učenje nazivaju se konstruktivističkim obrazovanim okolinama. Confrey (1990) je opisao karakteristike takvih obrazovnih okolina: osnovni koncepti predstavljaju se u razrednom okružju; učenicima se daju prilike za testiranje vlastitih hipoteza u razredu, kako bi shvatili predmetnu građu, a biraju se primjeri iz svakodnevnoga života učenika, kako bi im bili značajni i zanimljivi. Osim toga, prihvaćaju se i potiču različita stajališta: učenici imaju priliku izraziti vlastito mišljenje i raspravljati o vlastitim i tuđim idejama. Nadalje, prilikom učenja koriste se fizički i opipljivi materijali. Često se koriste riječi poput klasificiraj, analiziraj, predvidi i stvori, a učenici imaju mogućnost razgovarati sa svojim vršnjacima i učiteljima. Prioritet se daje reproduktivnom, a ne produktivnom znanju. Osim toga, poučavanje je u skladu s učeničkim pogledima, a često se primjenjuje i rad u grupama.

Obrazovne okoline organizirane prema konstruktivističkom pristupu koriste drugačije načine vrednovanja od tradicionalnih. Individualni procesi učenja važni su za stvaranje znanja u konstruktivističkom pristupu. Mjerenje i evaluacija uključeni su u proces učenja, vrednuje se proces, a ne ishodi. Mjerenje i evaluacija također postaju prilike za učenje, a evaluacija je usmjerena prema učeniku jer učenici zajedno s učiteljima određuju kriterije vrednovanja i preuzimaju odgovornost za naučeno (Baker i Piburn, 1997). Ova vrsta vrednovanja usmjerena je na učenike, uključuje rješavanje problema

i aktivan proces otkrivanja te zahtijeva društvenu interakciju i stjecanje novoga znanja razumijevanjem predmetne građe, što također utječe na evaluaciju (Efgivia i sur., 2021).

S obzirom na važnost procesa evaluacije i činjenicu da pružanje povratnih informacija podržava učenje, bavljenje matematikom – koje Walle i suradnici (2010) opisuju kao usvajanje metoda rješavanja problema, njihovu primjenu i dobivanje točnih rezultata – je ključno. Osim toga, Van de Valle također je ukazao na činjenicu da matematika ne obuhvaća samo rješavanje problema ili imitiranje učiteljskih metoda pronalaženja rješenja te je predložio odmicanje od tradicionalnoga pristupa učenju. Državno vijeće učitelja matematike (DVUM, 2000) izdalo je Načela i standarde matematike u školama kao standard matematičke komunikacije. Navedena načela utemeljena su na jačanju i organiziranju matematičke misli, sposobnosti dosljednoga prenošenja matematičkoga znanja prijateljima, učiteljima i drugima, evaluaciji i analiziranju matematičkoga mišljenja i strategija drugih te upotrebi matematičkoga jezika prilikom jasnoga izražavanja matematičkih ideja (DVUM, 2000). Vještine matematičke komunikacije (VMK) podrazumijevaju učenikovu sposobnost organizacije matematičkih misli, sposobnost njihovoga jasnoga i logičnoga prenošenja vršnjacima i učiteljima, sposobnost analize i evaluacije matematičkih misli i strategija drugih te upotrebu matematičkoga jezika prilikom točnoga izražavanja matematičkih ideja (DVUM, 2000).

Definicija ostalih koncepata važnih za poučavanje matematike također je značajna za pružanje povratnih informacija. Van de Walle i suradnici (2010) naglasili su važnost dvaju pristupa za poučavanje matematike: konstruktivistički pristup (KP) i sociokulturna teorija (ST). KP može se definirati kao prijenos informacija od pošiljatelja k primatelju (bez promjene) i njihova interpretacija od strane primatelja (kada dolazi do promjene) (von Glasersfeld, 1983). Konstruktivistički pristup utjelovljuju modeli 5E i 7E. Model 7E uključuje sljedeće faze: angažiranje-podražaj, istraživanje, objašnjenje, elaboracija, proširivanje, razmjena i evaluacija. Model učenicima nudi priliku za istraživanje različitih vrsta učenja koje su isprepletene sa svakodnevnim životom (Bybee i sur., 2003). Sociokulturna teorija jest teorija strukturiranoga učenja zasnovana na radu Vygotskog, koju je Forman (2003) definirao kao angažman ljudi u socijalnom okružju putem podjele ideja i njihovoga prenošenja u sferu vlastite psihe. Vještine matematičke komunikacije (VMK) također su važan koncept za pružanje povratnih informacija.

Osim spomenutih teorija, također je korisno objasniti teoriju transformacijskoga učenja, koja predstavlja važan koncept za ovu studiju. Pod utjecajem Freireova (2002) iskustva u obrazovanju potlačenih, ova teorija fokusira se na metodologije koje upotrebljavaju edukatori kako bi osigurali kvalitetno obrazovanje koje pomaže učenicima da prevladaju svoje trenutačne situacije i ostvare osobnu promjenu ili transformaciju, a ima tri sastavnice: kritički osvrt, diskurs i aktivnost (Ebert i sur., 2003). Prvo, kritički osvrt, uključuje izazov; drugo, diskurs, odnosi se na upotrebu dijaloga u transformacijskome učenju s ciljem razumijevanja uvjerenja, osjećaja i vrijednosti drugih; i treće, aktivnost, znači razumijevanje našega iskustva te učinkovito i zrelo razmišljanje u kritičkom diskursu i komunikacijskom učenju (Mezirow, 2003).

Istraživačka pitanja

Prema konceptima važnima za poučavanje matematike, važno je odrediti vrstu povratnih informacija učitelja matematike kako bi provedli dubinsko istraživanje u polju razvoja obrazovanja. Akcijsko istraživanje provedeno je s ciljem poboljšavanja kvalitete povratnih informacija učitelja matematike. Utvrđivanje vrste povratnih informacija, koje daju učitelji i čimbenika koji utječu na njih, igraju važnu ulogu u poboljšavanju kvalitete vrednovanja na nastavi matematike. S obzirom na navedeno, pretpostavka ovoga istraživanja bila je da će strukturiranje nastave matematike nesumnjivo poboljšati kvalitetu poučavanje matematike. U tom kontekstu je, prema strukturalnim svojstvima povratne informacije, osmišljen akcijski plan s ciljem povećanja kvalitete poučavanja matematike. S obzirom na cilj istraživanja, postavljena su sljedeća istraživačka pitanja:

- 1) Koju su vrstu povratnih informacija učitelji matematike pružali prije i nakon provedbe akcijskoga plana?
- 2) Što je bilo od središnje važnosti za povratne informacije učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?
- 3) Koliko su bile iscrpne povratne informacije učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?
- 4) Koliko su bile jasne povratne informacije učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?
- 5) Na koji su način učitelji matematike davali povratne informacije prije i nakon provedbe akcijskoga plana?

Metodologija

U ovome istraživanju upotrijebljen je akcijski plan koji pripada grupi kvalitativnih istraživanja. Akcijsko istraživanje jest istraživanje orijentirano na primjenu s ciljem otkrivanja problema vezanih uz primjenu koncepata i pronalaženje vezanih rješenja. Uključuje istraživanje problema ili pitanja s kojima se susreću edukatori s ciljem poboljšanja obrazovnih ishoda (Creswell, 2012).

U ovome radu opisano je akcijsko istraživanje s ciljem poboljšanja obrazovnoga rada učitelja sudionika. Istraživanje se temelji na spoznajama Millsa (2010), koji tvrdi da učitelji imaju autoritet pri donošenju odluka o provođenju obrazovnoga procesa, fokusiraju se na razvojne specifičnosti domene u kojoj rade, individualno ili u grupama primjenjuju dubinsko razmišljanje vezano uz njihov rad, upotrebljavaju sustavni pristup i preuzimaju aktivne uloge prilikom razvoja akcijskih planova. Akcijski plan u ovome istraživanju osmišljen je tijekom *online* sastanaka istraživača i učitelja, a primijenjen je u praksi na osnovi navedenih pretpostavki.

Akcijsko istraživanje obuhvaća pet glavnih stadija: utvrđivanje problema, sakupljanje i organiziranje podataka, tumačenje podatka, poduzimanje koraka prema dobivenim podacima i evaluaciju rezultata te pružanje povratne informacije (Ferrance, 2000). Altrichter i suradnici (2000), pak, navode četiri stadija akcijskoga istraživanja: utvrđivanje polazišne točke, razjašnjavanje slučaja, odabir strategija akcijskoga istraživanja i njihovu

primjenu te, konačno, analizu i razvoj teorije. U ovom istraživanju korištena su navedena četiri stadija jer su analiza i razvoj teorije vrlo važan korak u obrazovnom procesu.

Akcijski plan

U prvom stadiju, tj. polazišnoj točki akcijskoga plana, koji je pripremljen na osnovi četiriju stadija koja su utvrdili Altrichter i suradnici (2000), provedena je detaljna analiza relevantne literature i kurikula. Pregled relevantne literature uključuje studije o uvjerenjima i pogledima na povratne informacije i njihovo osiguravanje u praksi zaposlenih i budućih učitelja matematike (Kastberg i sur., 2020; Köğce i Baki, 2014; Suresh i sur., 2019), studije o korištenju matematičkoga modeliranja u procesu pružanja povratnih informacija (Diefes-Dux i sur., 2012; Middleton i sur., 2012; Zengin, 2019) i istraživanja učinka vremena pružanja povratne informacije o matematičkom postignuću (Pinger i sur., 2018; Yaşar i Akbaş, 2018). Na osnovi pregleda literature definirana je polazišna točka kao potreba za poboljšavanjem kvalitete povratnih informacija koje pružaju učitelji matematike.

Drugi stadij uključivao je razjašnjavanje pitanja, a u njemu je odabrano šest učitelja matematike za sudjelovanje u istraživanju. Od njih se zahtijevalo da snimaju svoje nastavne sate tijekom tjedan dana, a svaku se snimku zasebno analiziralo kako bi se utvrdila struktura povratnih informacija i važne sastavnice poučavanja matematike. Učitelji sudionici nisu bili informirani o cilju istraživanja, a istraživači su analizirali videosnimke nakon završetka ciklusa nastave. Tijekom *online* intervjua u trajanju od 75 minuta, istraživači i učitelji raspravljali su o pruženim povratnim informacijama, o tome jesu li bile prisutne ili ne te na koji način i zašto su dane.

Treći stadij uključivao je utvrđivanje akcijskih strategija i njihovu primjenu. Za ovu fazu dobiven je potreban pristanak etičkoga odbora. Pet učitelja matematike, ujedno na poslijediplomskom studiju, intervjuirani su, a od njih se tražilo da primijene strategije nastavno na provedene intervjue. S obzirom na veliki broj strategija i činjenicu da su svi učitelji poučavali isti predmet, mogući problemi svedeni su na minimum, a akcijski koraci provedeni su svakih šest tjedana. Nastavni predmet Operacije s cijelim brojevima – koji je u kurikulu Matematike za sedmi razred zastupljen s 30 nastavnih sati, unutar kojih je predviđeno pet ishoda – odabran je za provođenje akcijskoga plana, a pri tom se vodilo računa o tome da je matematika u nastavnom planu zastupljena s pet sati tjedno. Provedeni koraci akcijskoga plana prikazani su u Tablici 1.

Četvrti stadij uključivao je analizu i razvoj teorije. Svaki korak utvrđen u akcijskom planu predstavljao je podproblem, a istraživači su dobili videosnimke nastave učitelja matematike, u kojoj su primijenili smjernice dobivene tijekom intervjua. U fazi razvoja teorije korištene su i evaluacije i analiza rezultata.

Tablica 1
 Akcijski koraci istraživanja

Koraci	Sudionici	Postupci	Trajanje
1	R	Što je povratna informacija?	60 - 75 minuta
	T	Koje su dimenzije povratne informacije?	
2	R	Zbraja i oduzima cijele brojeve i rješava povezani problem	5 nastavnih sati
	R	Konstruktivistički pristup (KP)	60 - 75 minuta
	T	Filozofske osnove	
	R	Pripremanje nastave na osnovi KP-a i njezino provođenje Organizacija učioničke okoline za poučavanje matematike Korisni materijali u KP-u za poučavanje matematike	5 nastavnih sati
3	R	Cijeli brojevi	60 - 75 minuta
	T	Matematičko značenje teme cijelih brojeva Materijali korisni u poučavanju cijelih brojeva	
	T	Množi i dijeli cijelim brojevima	5 nastavnih sati
4	R	Matematička komunikacija	60 - 75 minuta
	T	Vještine koje zadovoljavaju standarde DVUM-a Postavljanje pravih pitanja Na koji je način učenje obogaćeno pitanjima i odgovorima?	
	R	Predstavlja višestruko množenje cijelih brojeva eksponencijalnim brojevima	5 nastavnih sati
5	R	Bavljenje matematikom	60 - 75 minuta
	T	Znači li rješavanje iste vrste zadataka bavljenje matematikom? Istraživanje matematike, koja je znanost reda i uzoraka	
	R	Rješavanje problema koji zahtijevaju operacije s cijelim brojevima	5 nastavnih sati
6	R	Sociokulturna teorija	60 - 75 minuta
	T	Filozofske osnove Primjena sociokulturne teorije u svjetlu koncepata matematičke komunikacije i bavljenja matematikom	

I: Istraživači, U: Učitelji

Istraživačka skupina

U istraživanju je korištena metoda namjernoga uzorkovanja kojom se nastojala dobiti homogena populacija sudionika. Ova metoda uključuje utvrđivanje osnovnih osobina i odabir pojedinaca i okružja sa željenim osobinama (Creswell, 2012). Uzimajući u obzir pretpostavke akcijskoga istraživanja, voljnost za rad i sudjelovanje u stručnom usavršavanju identificirani su kao preduvjeti za sudjelovanje u istraživanju, pa je tako odabrano šest učitelja matematike u sedmom razredu za sudjelovanje u istraživanju. Njihov je poslodavac Ministarstvo obrazovanja Turske, a u vrijeme istraživanja pohađali

su poslijediplomski studij u području matematičkoga obrazovanja na sveučilištu u mediteranskoj regiji Turske. Četvero sudionika bile su žene, dok su dvojica sudionika bili muškarci, a svi su dobrovoljno sudjelovali u istraživanju. Sudionicima su dodijeljeni kodovi T1 do T6, a njihove su karakteristike prikazane su Tablici 2.

Tablica 2

Osobine sudionika

Sudionici	Spol	Završeni fakultet	Faza poslijediplomskog obrazovanja	Razredi u kojima poučava i broj učenika
T1	F	Obrazovni fakultet	U tijeku pohađanja	7. razred - 42 učenika
T2	F	Obrazovni fakultet	U tijeku pohađanja	7. razred - 39 učenika
T3	F	Obrazovni fakultet	U tijeku izrade završnoga rada	7. razred - 49 učenika
T4	M	Obrazovni fakultet	U tijeku izrade završnoga rada	7. razred - 29 učenika
T5	M	Obrazovni fakultet	U tijeku izrade završnoga rada	7. razred - 34 učenika
T6	F	Obrazovni fakultet	U tijeku izrade završnoga rada	7. razred - 36 učenika

Prema podatcima u Tablici 2, svi učitelji diplomirali su na obrazovnim fakultetima. Učitelji s kodovima T1 i T2 bili su u fazi pohađanja poslijediplomskoga studija u tijeku provođenja istraživanja, a ostali u tijeku izrade završnih radova na poslijediplomskom studiju. Učitelj T4 radio/la je u školi u ruralnom području, dok su ostali učitelji poučavali matematiku u školama u centru grada.

Instrumenti i proces prikupljanja podataka

Alati za prikupljanje podataka u kvalitativnim istraživanjima obuhvaćaju promatranje, ankete, dokumentiranje i audio-vizualne materijale (Creswell, 2012), stoga su podatci u ovome istraživanju prikupljeni putem opservacija, intervjuja i snimanjem audio-vizualnih materijala.

Alati za promatranje uključivali su Obrazac povratnih informacija (OPI), Obrazac za promatranje konstruktivističkoga pristupa (OKP), Obrazac matematičke komunikacije (OMK) i Obrazac za promatranje bavljenja matematikom (OBM). Obrazce su osmislili tri učitelja matematike, dva stručnjaka za matematičko obrazovanje i dva stručnjaka u području mjerenja u drugoj fazi akcijskoga plana. Prije primjene sudionici su ispunili OPI te ih se zamolilo da sami ocijene nastavu koju su snimali. Ocjene su davali putem obrazaca OPI i OKP nakon prvoga tjedna nastave, putem OPI i OMK nakon trećega tjedna nastave i ispunjavanjem OPI i OBM nakon četvrtoga tjedna nastave. Nakon provedbe akcijskoga plana i sudionici i istraživači proveli su evaluaciju koristeći OPI. Ovaj postupak imao je za cilj usporedbu povratnih informacija prije i nakon provedbe akcijskoga plana.

Online intervjui sa sudionicima provedeni su tijekom vikenda po završetku nastave. Svaki intervju trajao je približno 60 - 75 minuta, a razgovaralo se o koracima akcijskoga plana, što uključiti, a što isključiti iz primjene te su se planirale aktivnosti za sljedeći tjedan. Istraživači su za ispunjavanje obrazaca koristili audio-vizualne materijale, tj. snimke nastave sudionika. Videa nastave sudionika pregledavali su istraživači, a učitelji su potom u nastavi primjenjivali kriterije navedene u obrascima (tjedna povratna informacija), nakon čega su istraživači ponovo vršili evaluaciju. Rezultati evaluacije predstavljeni su u poglavlju Rezultati, ovisno o pod problemu.

Analiza podataka

Woods (2015) je razlikovao razne dimenzije vrednovanja: vrstu, fokus, dubinu, otvorenost, jasnoću i način. Komponente davanja povratnih informacija opisane su u poglavlju Rezultati. Navedena struktura osnova je ove studije i prema tome je provedena analiza sadržaja. Svaki je formulirani naslov za vrednovanje smatran temom, a povratne informacije koje su davali učitelji analizirane su i kategorizirane prema dimenzijama. Indikatori vrednovanja predstavljeni su kao pod teme, a njihove frekvencije predstavljene su u poglavlje Rezultati. Osim toga, prikazani su i direktni citati sudionika, što jamči transfer, tj. prepisivanje podataka, kao jedan od aspekata kvalitativnoga istraživanja.

Istraživači su razgovarali o konzistenciji šifri i tema sa stručnjacima koji su proveli analize (dva matematička edukatora i dva učitelja matematike). Miles i Huberman (1994) izračunali su ovu sličnost, koju su nazvali unutarnjom konzistencijom i konceptualizirali slaganje između stručnjaka za kodiranje putem sljedeće formule: $\Delta = C \div (C + \partial) \times 100$, gdje je Δ koeficijent pouzdanosti, C je broj tema o kojima je postignuto slaganje, a ∂ broj tema o kojima nije postignuto slaganje. Suglasnost između stručnjaka za kodiranje u ovome istraživanju iznosila je 94 %. Nakon potrebnih korekcija, dobiven je konačan oblik šifri i tema predstavljenih u dijelu s rezultatima.

Podatci

Prikupljeni podatci prikazani su odvojeno za svaki korak akcijskoga plana, tj. za svaki podproblem.

Koju su vrstu povratnih informacija davali učitelji matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?

Tablica 3 prikazuje vrste povratnih informacija (teme), indikatore (pod teme) i učestalost korištenja povratnih informacija učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana.

Tablica 3

Teme, podteme i učestalost pružanja povratnih informacija sudionika

Teme (vrste)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Neformalne povratne informacije	Korištenje različitih materijala	T1, T2	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Korištenje različitih radnih listića	-	T4, T5, T6
	Korištenje posebnih <i>online</i> aktivnosti pored onih određenih kurikulumom	-	T2, T3, T4, T5
Formalne povratne informacije	Poučavanje predmeta korištenjem udžbenika	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
	Rješavanje <i>online</i> aktivnosti pripremljenih prema programu	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
Sumativne povratne informacije	Testiranje	T3	-
	Evaluacija putem ocjena	T1, T2, T3	T3
	Stalno naglašavanje da će neki dio gradiva biti zastupljen u ispitu	T1, T2, T3, T4, T5	-
Formative povratne informacije	Identificiranje učenika s teškoćama u učenju	-	T1, T2, T3, T4, T5
	Samoprocjena učenika	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Povratne informacije učitelja	Učitelji usvajaju bihevioristički pristup	T1, T2, T3, T4	-
	Učitelji su uvjereni da samo oni mogu dati povratne informacije	T1, T2, T3, T4	-
Povratne informacije učenika	Omogućavanje učeničke rasprave o predmetu	T1, T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Učitelji usvajaju konstruktivistički pristup		T1, T2, T4, T5, T6
Poticanje povratnih informacija	Poticanje na osnovi fizičkih osobina	T2, T4, T5, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Ohrabrivanje na osnovi emocionalnih osobina	T1	T1, T2, T4, T5, T6
	Motiviranje na osnovi kognitivnih svojstava	T1	T1, T2, T4, T5, T6
Demotivirajuća povratna informacija	Obeshrabrivanje na osnovi fizičkih karakteristika	T3	-
	Demotiviranje na osnovi emocionalnih osobina	T3	-
	Obeshrabrivanje na osnovi kognitivnih svojstava	T3	-

Teme (vrste)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Povratne informacije u obliku samovrednovanja	Učenici postaju svjesni svojih grešaka zbog povratnih informacija i daje im se mogućnost ispravljanja	T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Osiguravanje vremena za učeničku procjenu razumijevanja gradiva	T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6
Povratne informacije u obliku međusobnoga ocjenjivanja učenika	Poticanje pozitivne povratne informacije vršnjaka	T1, T2, T6	T1, T2, T4, T5, T6
	Poticanje negativnih povratnih informacija vršnjaka	T3	-

Prema prikazanim podacima u Tablici 3, formalno vrednovanje provedeno prije provedbe akcijskoga plana pokazalo se višestruko korisnim za sudionike, koji su tijekom njegove provedbe koristili materijale i udžbenike određene kurikulumom. Prema tome, studija je pokazala porast formalnoga vrednovanja nakon provedbe akcijskoga plana. Objašnjavajući razlog, sudionik T5 je rekao:

„Svakako sam poznavao/la konstruktivistički pristup jer sam sudjelovao u edukaciji o nastavnom planiranju i provedbi nastave. Koristio/la sam različite materijale po završetku usavršavanja i primijetio/la da se povratne informacije za učenike također mijenjaju. Shvatio/la sam da se oblikovanje rada u razredu uistinu promijenilo.“

Osim toga, također je vidljivo da su sudionici prije primjene akcijskoga plana koristili sumativne povratne informacije, ali su odabrali formativno vrednovanje nakon provedbe akcijskoga plana. Sudionici su naveli da su se odmakli od diskursa „to će biti u ispitu” u motivacijskom dijelu zbog činjenice da su im bili dostupni različiti materijali u radu. Ipak, T3 je izjavio/la da nisu mogli u potpunosti napustiti navedeni diskurs je im je prešao u naviku. Osim toga, isti je sudionik bio jedini koji se i dalje pridržavao udžbenika. Ovako je objasnio situaciju:

„... možda da razredi nisu tako veliki. Ali potrebno je vrijeme, a provedba ovakvoga pristupa postaje nemoguća u razredu s 49 učenika. Iako dajem povratne informacije prema primjerima iz udžbenika, svatko od 49 učenika ima nešto reći, pa ne mogu naći drugi način.“

Neke od povratnih informacija koje je T3 davao učenicima su:

*„Pitali ste pa odgovaram. Imate li problem s razumijevanjem?
 „Ne razumiješ. Pa, nemoj se pretrgnuti!”
 „Još ćeš i zaplakati zato što ne razumiješ!”
 „Riješit ćeš zadatak ako se pokreneš!”*

Sudionik T3 je izjavio/la da navedene poruke nisu bile demotivirajuće jer su ga učenici poznavali.

Prije primjene akcijskoga plana, povratne informacije učitelja bile su učestale, a nakon njegove provedbe i učenici su počeli koristiti vrednovanje. Drugim riječima, primijećeno je da su učenici sedmoga razreda koji su dobili priliku govoriti i raspravljati također vrednovali svoje vršnjake i učitelje.

T2 i T6 pomogli su svojim učenicima u provedbi samoprocjene prije provedbe akcijskoga plana, a ostali učitelji su to činili nakon provedbe. Vršnjaci su pružali povratne informacije poput: „Vau, pa to je točno!” „Kako si to uspio?” „Bravo!” Primjeri negativnih povratnih informacija uključivali su izjave učenika poput: „Znao sam da to nećeš moći.” „Daj da ja to napravim!” i izjavu učitelja T3, nastavno na prethodne izjave učenika: „U pravu si. Dođi i ti to riješi.”

Koji je fokus povratnih informacija učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?

Fokusi (teme), indikatori (podteme) i učestalost pružanja povratnih informacija prije i nakon provedbe koraka akcijskoga plana prikazani su u Tablici 4.

Iz podataka u Tablici 4 vidljivo je da su sudionici T1, T2 i T3 davali povratne informacije o strukturi sadržaja prije provedbe akcijskoga plana, a jedino je sudionik T3 to nastavio činiti i nakon provedbe akcijskoga istraživanja. Međutim, sudionici T1, T2, T3, T5 i T6 pružali su povratne informacije o sadržaju samo u obliku rečenica odobravanja, a učitelji T2 i T3 nastavili su to činiti i nakon provedbe akcijskoga plana. Osim toga, sudionik T4 pružao/la je povratne informacije u obliku pitanja sa svrhom oblikovanja sadržaja, dok su ostali učitelji to činili nakon provedbe akcijskoga plana. S obzirom na povratne informacije o zadatku i procesu, rezultati pokazuju kako je samo sudionik T4 pružao povratne informacije o procesu prije i nakon provedbe akcijskoga plana, a ostalih pet učitelja počelo je to činiti nakon provedbe. Sudionik T5 objasnio je situaciju sljedećim riječima:

„Rekli ste: ‘Ako želite poboljšati matematičku komunikaciju, dozvolite djeci da uče iz života.’ To je imalo veliki učinak na mene jer me je podsjetilo da u našem društvu o životu razmišljamo pesimistično. Ako dijete pogriješi u matematici, nasmijemo se i ignoriramo pogrešku. Ne postavljamo pitanja kako bismo razumjeli gdje i zašto su pogriješili. Stvarno je važno da razumiju predmet.“

Osim toga, vrednovanje ocjenama zamijenjeno je pružanjem povratnih informacija zasnovanih na nastavnoj temi. Samo je sudionik T4 objasnio gdje i kako koristiti riješeni problem te pokazao primjenu znanja prije primjene akcijskoga plana. Svi su učitelji činili isto nakon provede, osim sudionika T3. Sudionik T4 objasnio je to kolegijem koji je pohađao tijekom preddiplomskoga obrazovanja.

Tablica 4

Teme, podteme i frekvencije povratnih informacija koje su pružali sudionici

Teme (žarišne točke)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Povratne informacije usmjerene na sadržaj	Povratne informacije sadrže rečenice odobravanja	T1, T2, T3, T5, T6	T2, T3
	Povratne informacije sadrže pitanja	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Povratna informacija je usmjerena samo na razumijevanje predmeta	T2, T3	T3
Povratne informacije usmjerene na strukturu	Upute za uredno pisanje u bilježnicu	T1, T2, T3,	T3
	Upute za uredno pisanje u udžbenik	T3	-
Povratne informacije usmjerene na zadatak	Upute o zadatku	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
	Korištenje zadatka kao pripreme za rješavanje drugih zadataka	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Povratne informacije usmjerene na proces	Učenici uče iz vlastitih grešaka	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Učenici dobivaju prilike za razvoj strategija	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Pitanjima se potiču učenička otkrića veza među idejama	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Povratne informacije zasnovane na ocjenjivanju	Ocjenjivanje na kraju zadatka	T1, T2, T3	T3
	Davanje povratne informacije samo za učenje riješenih zadataka	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
Povratne informacije zasnovane na zadatku	Riješeni zadatak/pitanje služi predmetu općenito	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Izjave koje podupiru samoregulaciju	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6

Koliko su bile detaljne povratne informacije učitelja matematike prije i nakon primjene akcijskoga istraživanja?

Dubina (teme), indikatora (podteme) i učestalost pružanja povratnih informacija učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana prikazani su u Tablici 5.

Tablica 5

Teme, podteme i frekvencije povratnih informacija sudionika

Teme (žarišne točke)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Povratna informacija u obliku jednostavne hvale	Korištenje jednostavnih riječi hvale	T1, T2, T4, T5, T6	T2
	Korištenje jednostavnih riječi kritike	T3	T3
Povratna informacija s detaljnim komentarima	Ukazivanje na ono što je nepotpuno i što je prekomjerno	T1, T2, T4, T5, T6	T3
	Detaljno objašnjavanje	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
	Poticanje učenika na detaljna objašnjenja	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Sadrži preporuke za budući rad	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Premalo povratnih informacija	Premalo usmenih povratnih informacija	T3	-
	Premalo pisanih povratnih informacija	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
Previše povratnih informacija	Previše usmenih povratnih informacija	T1, T2, T4, T5, T6	-
	Previše pisanih povratnih informacija	-	T3

Iz podataka u Tablici 5 vidljivo je da su povratne informacije u obliku jednostavnih riječi pohvale prije provedbe akcijskoga plana koristili sudionici T1, T2, T4, T5 i T6, a T2 ih je nastavio koristiti i nakon provedbe. T2 izjavio je sljedeće u vezi s rješanjem zadatka prikazanoga na Slici 1:

Slika 1.

„Učenici su prvi put radili modeliranje pomoću kalkulatora. Pogledajte pitanje! Čak je i za nas teško, a oni su bili vrlo uspješni jer su ga riješili istraživanjem. Svakako sam ih za to pohvalio.”

Stoga, T2 je izjavio da su učenici zaslužili jednostavne riječi pohvale i dodao da je želio/la koristiti taj stil vrednovanja.

Očito je da su povratne informacije u obliku detaljnih komentara davali svi sudionici prije provedbe akcijskoga plana i da se situacija promijenila, pa su nakon provedbe akcijskoga plana počeli koristiti pristup davanja povratnih informacija usmjeren na učenika. Drugim riječima, povratne informacije izašle su iz okvira pukoga objašnjavanja i potaknule učenike da otkrivaju ideje, oblikuju ih i istražuju.

Učitelj/ica T3 koji/a je davala malo usmenih povratnih informacija prije provedbe akcijskoga plana počeo/la je koristiti više pisanih povratnih informacija nakon provedbe.

Ovdje je premala ili prevelika količina povratnih informacija izračunata na osnovi učeničke izvedbe na svakom satu, a razina ispod 30 % smatrala se nedovoljnom, dok se razinu iznad 70 % promatralo kao previše povratnih informacija. Osim toga, učitelji TT1, T2, T4, T5 i T6 davali su previše usmenih povratnih informacija nakon provedbe akcijskoga plana. Dubina osiguranih povratnih informacija tema je koja se najviše promijenila – naglasak na ono što treba učiniti bio je utjecajni od nedovoljnoga ili pretjeranoga pridržavanja akcijskoga plana.

Koliko su bile jasne povratne informacije učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana?

Jasnoća (teme), indikatori (podteme) i učestalost povratnih informacija učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana prikazani su u Tablici 6.

Tablica 6

Teme, podteme i frekvencije povratnih informacija sudionika s obzirom na jasnoću

Teme (Jasnoća)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Povratne informacije koje se mogu krivo shvatiti	Korištenje riječi koje bi se mogle krivo shvatiti	T3	-
	Korištenje riječi koje mogu izazvati krivo shvaćanje matematike	T2, T3	-
Jasne povratne informacije	Davanje jasne povratne informacije	T1, T2, T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Povratna informacija koju razumiju svi	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Jednostavne povratne informacije	Davanje povratne informacije jednostavnim jezikom	T4	T1, T2, T4, T5, T6
	Jednostavan jezik sadrži i matematičke izraze	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Komplicirane povratne informacije	Povratna informacija dana na kompliciran način	T3, T5	-
	Nerazumljiva povratna informacija	T3	-

Kao što je vidljivo iz Tablice 6, učitelj T3 koristio je dvosmislene riječi, dok su učitelji T¹ i T3 koristili riječi koje su mogle uzrokovati matematičku zabludu. T2, na primjer, nije davala pisane povratne informacije o problem koji su učenici rješavali u bilježnicu, što se vidi na Slici 2, već je samo govorila „Zašto ne!“

Slika 2.

Osim toga, prethodno navedena povratna informacija dana je još jednom učeniku nakon nekoliko sati nastave. Sudionici T3 i T5 davali su složene povratne informacije koje učenici nisu mogli razumjeti. Prije provedbe akcijskog plana koristili su svakodnevni jezik, a nakon provedbe akcijskog plana matematički jezik.

Na koji su način učitelji matematike davali povratnu informaciju prije i nakon provedbe akcijskoga plana?

Načini pružanja povratne informacije (teme), indikatori (podteme) i učestalost povratnih informacija učitelja matematike prije i nakon provedbe akcijskoga plana prikazani su u Tablici 7.

Tablica 7

Teme, podteme i učestalost povratnih informacija učitelja matematike s obzirom na način vrednovanja

Teme (Način)	Podteme	Prije akcijskoga plana	Nakon akcijskoga plana
Jednosmjerne povratne informacije	Ocjenjivanje zadaće kao povratna informacija	T3	-
	Samo verbalna povratna informacija	T2, T3	-
	Online povratne informacije	-	-
	Povratna informacija učitelj-učenik	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
	Povratna informacija učenik-učitelj	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Povratne informacije dinamičkoga kruga	Povratne informacije koje se ponavljaju	-	T1, T2, T4, T5, T6
	Pružanje povratnih informacija kroz razrednu raspravu	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Pisanje u bilježnicu kao povratna informacija	-	T1, T2
Pisane povratne informacije	Pisanje na radne listove kao povratna informacija	-	T1, T2, T3, T4, T5, T6
	Pisanje u udžbenike kao povratna informacija	-	T1, T2
Digitalne povratne informacije	-	-	-
Sinkrone povratne informacije	Sinkrone usmene, pisane ili online povratne informacije	-	T1, T2, T5, T6
Asinkrone povratne informacije	Asinkrone usmene, pisane ili online povratne informacije	T1, T2, T3, T4, T5, T6	-
Jednokratne povratne informacije	Jednokratna povratna informacija	T1, T2, T3, T4, T5, T6	T3
Kontinuirane povratne informacije	Povratna informacija za svaku izvedbu	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Trenutačne povratne informacije	Davanje povratne informacije nakon izvedbe	T4	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Odgodene povratne informacije	Davanje odgođene povratne informacije nakon izvedbe	T5	-

Prema podatcima prikazanim u Tablici 7, sudionik/ca T3 davao/la je jednosmjerne povratne informacije u obliku ocjena zadaće prije provedbe akcijskoga plana, ali je odustao/la od te prakse nakon provedbe akcijskoga plana. Isto tako, učitelji T2 i T3 davali su usmene povratne informacije prije provedbe akcijskoga plana, ali su isto zamijenili svestranim vrednovanjem nakon provedbe akcijskoga istraživanja. Učitelj/ica T5 zamijenio/la je dosadašnji način pružanja povratnih informacija dinamičkim ciklusom nakon provedbe akcijskoga plana:

„... Bilo je nedovoljno reći samo ‘da, to je točno’. Teško je to primijetiti u nastavnom procesu, ali sve je više i više kreativnih zamisli dolazilo od strane učenika prilikom primjene tih stvari; više komunikacije znači više strategija. Na primjer, modeliranje je primijenjeno čak i za zadatak $(-8) + 3$. Svaki slučaj pružanja povratne informacija činio je nastavu življom.”

Utvrđeno je da učitelji nisu davali pisane povratne informacije u bilježnice, knjige niti nastavne listove koje su učenici rješavali prije provedbe akcijskoga plana, ali su kasnije pružali pisane povratne informacije na radne listove koje su pripremili prema modelu 7E. Sudionici su izjavili da su pisane povratne informacije bile trajnije, što je isključilo učeničku zaboravnost i poricanje.

Elektroničke povratne informacije nisu davane ni prije ni nakon provedbe akcijskoga plana. Pisane i usmene povratne informacije davane su istovremeno prije provedbe akcijskoga plana, a te dvije vrste vrednovanja primjenjivali su učitelji T1, T2, T5 i T6 i nakon provedbe akcijskoga plana. Osim toga, samo T3, koji je prije provedbe akcijskoga plana pružao jednokratnu povratnu informaciju, nastavio je s istom praksom i nakon provedbe, ali su ostali sudionici davali kontinuirane povratne informacije. Sudionik T4 davao/la je trenutnu povratnu informaciju prije provedbe akcijskoga plana, a T5 je davao/la odgođene povratne informacije:

„Tko je napisao minus na pogrešnom mjestu na početku sata? Da, razumiješ li sada zašto nije napisan?“

Rezultati

Prema podatcima dobivenima u ovome istraživanju sa šest učitelja, može se zaključiti da je potrebno poboljšati razinu povratnih informacija koje su pružali učenicima. Woods (2015) je identificirao dimenzije, vrste, žarišne točke, dubinu, jasnoću/otvorenost i način pružanja povratnih informacija. Sve navedene sastavnice ispitivane su u ovome istraživanju s ciljem poboljšavanja procesa vrednovanja učitelja matematike. Detaljni rezultati za svaku dimenziju prikazani su na slikama 3, 4, 5 i 6. Prikazane situacije odražavaju dvoslojnu strukturu. Ona je prikazana u obliku dvije ekstremne točke, a koncepti koji utječu na prijelaz s jednoga na drugi ekstrem prikazani su donjim strelicama.

Dokazano je da su koncepti konstruktivizma, sociokulturne teorije, bavljenja matematikom i vještine matematičke komunikacije, koji su bili dostupni u okviru

akcijskoga plana, i njihova primjena utjecali na kvalitetu povratnih informacija učitelja matematike. Slika 3 prikazuje faze akcijskoga plana koje su utjecale na vrste vrednovanja.

Slika 3.

Kao što je vidljivo iz Slike 3, formalno vrednovanje pretvorilo se u neformalno, sumativno u formativno, a povratne informacije koje su davali učitelji nadopunjene su onima koje su davali učenici nakon provedbe akcijskoga plana. Također je došlo do porasta poticajnih povratnih informacija, kao i samovrednovanja i vršnjačkoga vrednovanja.

Jedan od rezultata ovoga istraživanja pokazuje da su sudionici promijenili fokus davanja povratnih informacija sa strukture na sadržaj, sa zadatka na proces i s ocjenjivanja na ishode. Faze akcijskoga plana koje su ishodile navedene promjene prikazane su na Slici 4.

Slika 4.

Iz Slike 4 vidljivo je da su faze provedbe akcijskoga plana na osnovi konstruktivističkoga pristupa i koncepta vještina matematičke komunikacije utjecale na promjenu. Za razliku od drugih studija, vrednovanje usmjereno na zadatak također je korišteno kako bi se učenici pripremili za rješavanje zadataka tijekom nastave, što se može smatrati indikatorom vrednovanja usmjerenoga na proces.

Još jedan ovdje prikazan rezultat pokazuje da su se promijenili i dubina i jasnoća povratnih informacija učitelja matematike, a što je prikazano na slikama 5 i 6.

Slika 5.

Slika 6.

Kao što je prikazano na Slici 5, dubina povratnih informacija koje su sudionici davali na nastavi promijenila se od jednostavnih riječi pohvale u detaljne komentare. Vrednovanje je bilo pravovremeno prije nego nedovoljno ili prekomjerno jer su učinkovitost i kvaliteta bili važniji od kvantitete. Pravovremeno vrednovanje nije povezano s akcijskim planom, već je rezultat intuitivnih praksi. Osim toga, prema Slici 6 vidljivo je da je vrednovanje bilo jasno i jednostavno.

Prikazan je još jedan rezultat ovoga istraživanja koji pokazuje na koji su način pružane povratne informacije i faze provedbe akcijskoga plana koje su utjecale na navedene sastavnice (Slika 7).

Slika 7.

Jednosmjerno vrednovanje promijenilo se u cikličko, a asinkrono u sinkrono. Pružanje jednokratnih povratnih informacija zamijenjeno je kontinuiranim vrednovanjem, a odgođene povratne informacije trenutačnim. Također je primijećen porast pisanih povratnih informacija.

Rasprava

Rezultati ovoga istraživanja sukladni su onima u studijama koje su proučavale formalno vrednovanje zasnovano na biheviorističkom pristupu, a odmicanjem od toga pristupa pretvorilo se u neformalno, što je dovelo do viših razina aktivnosti učenika (Harrison i sur., 2016; Hartle i sur., 2012).

Rezultati istraživanja provedenih u području različitih disciplina (Harvey i sur., 2011; Jones i Dudman, 1999; Orsmond i sur., 2005) pa tako i u polju obrazovanja (Chen i sur., 2020; Diefes-Dux i sur., 2012; Toker, 2021) pokazuju da formativno vrednovanje utječe na povećavanje kvalitete učenja (Biggs, 1996; Biggs i Tang, 2011; Clark, 2018). Otkriveno je, i potvrđeno ovim istraživanjem, da učenici mogu jasnije opisati probleme i veze između matematičkih koncepata putem crteža, što pomaže njihovo razumijevanje i smanjuje broj pogrešaka prilikom izračuna matematičkih operacija. Osim toga, formativne povratne informacije u ovome istraživanju povećale su se nakon primjene akcijskoga plana, što je unaprijedilo učiteljske prakse poučavanja u razredu.

Hattie (2016) navodi da su povratne informacije usmjerene na zadatak i samoregulaciju korisne u procesu razvoja učeničkih vještina konceptualnoga razmišljanja. Rezultati ovoga istraživanja u skladu su s rezultatima istraživanja koja pokazuju da konstruktivistički pristup podržava konceptualno učenje i da vrednovanje zasnovano na navedenom pristupu pozitivno utječe na poučavanje matematike (Roschelle i sur., 2010; Rezat, 2021). Stoga, učinkovitost vrednovanja povećava se ako učitelji imaju priliku organizirati nastavu matematike u svjetlu koncepata konstruktivizma i koncepta razvoja vještina matematičke komunikacije.

Nicol i Macfarlane-Dick (2006) naglasili su važnost količine povratnih informacija, koje trebaju biti korisne prije nego obilne. U sklopu ovoga istraživanja povratne informacije osigurane su kada je to bilo važno, a zasnovane su na konceptima konstruktivizma i razvoja vještina matematičke komunikacije, koji su bili dostupni u akcijskom planu. Povratne informacije osigurane su na osnovi kriterija koje su odredili Nicol i Macfarlane-Dick (2006), a posebna briga vodila se o broju kriterija. U ovome istraživanju jedino nisu opisane slabosti i snage niti je dan korektivni savjet, ali su učenici imali priliku dobiti savjet postavljanjem pitanja.

Freeman i Lewis (1998) navode da povratna informacija treba potaknuti reakciju učenika i kontinuirani dijalog o predmetu, što je osnova uspješnoga rješavanja zadaće učenika, njihove izvedbe i samoga vrednovanja. Nicol i Macfarlane-Dick (2006) tvrdili su da se ovaj diskurs ne može primijeniti u velikim razredima, što je potvrđeno i u ovome istraživanju. Samo je učitelj T3 ostao pri uvjerenju da se povratna informacija ne može promijeniti zbog veličine razreda.

Nadalje, Ivanic i suradnici (2000) pokazali su u svojem istraživanju da je vrednovanje složeno i teško razumjeti te da učenicima treba dati priliku za razumijevanje povratnih informacija kroz aktivnosti poput razgovora. U ovome istraživanju pokazano je da

primjena konstruktivističkoga pristupa i konceptata bavljenja matematikom i vještina matematičke komunikacije (faze akcijskoga plana) oblikuju okolinu otvorenu za razgovor, a složene povratne informacije promijenjene su u jednostavno i razumljivo vrednovanje.

Sadler (1989) je tvrdio da je moguće kontinuirano evaluirati učenike pružanjem prilika da ponovo naprave zadaću i poprave učinjene pogreške, te poticanjem na taj postupak, umjesto da im se povratna informacija daje samo jednom. Rezultati Sadlerova istraživanja podudaraju se s dobivenima u ovoj studiji: prilike za poticaj učenicima mogu se stvoriti ako je nastava organizirana na načelima konstruktivizma, sociokulturne teorije i matematičke komunikacije.

Razna istraživanja naglašavaju nužnost pravovremenosti povratnih informacija, tj. vrednovanja odmah nakon učeničke izvedbe, kako bi ono imalo učinka (Freeman i Lewis, 1998; Hudson, 2016; Nicol i Macfarlane-Dick, 2006). To je jedan od rezultata dobivenih i u ovome istraživanju.

Zaključak

Ovo istraživanje pokazalo je pozitivan utjecaj provedenoga akcijskog plana na povratne informacije učitelja matematike. Rezultati pokazuju rast kvalitete i funkcionalnosti procesa vrednovanja učitelja matematike i njihovoga diskursa. Ipak, rezultati se ne mogu generalizirati zbog činjenice da je provedeno istraživanje kvalitativno, ali se mogu koristiti za identifikaciju pokazatelja povećanja akademskoga uspjeha učenika te kao poticaj budućim istraživanjima.

Osim učeničkoga školskog uspjeha važno je i profesionalno usavršavanje i obrazovanje učitelja. Krucijalno je obogatiti kurikule za obrazovanje učitelja konceptima konstruktivizma, sociokulturne teorije, bavljenja matematikom i vještina matematičke komunikacije. Ovo istraživanje može poslužiti kao poticaj budućim longitudinalnim istraživanjima o konceptima koji utječu na nastavu matematike. Buduće studije mogle bi istražiti odnos između tih konceptata kako bi se otkrile druge varijable važne u matematičkom obrazovanju.