

A PHENOMENOLOGICAL STUDY IN THE CONTEXT OF CONCEPTUAL CHANGE THEORIES ABOUT BUOYANCY

Zeki APAYDIN

Associate Professor, Nineteen May University, Turkey, zapaydin@omu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6581-4828

Received: 09.08.2020

Accepted: 27.11.2020

Published: 15.12.2020

ABSTRACT

The research was conducted with a total of fifteen participants including five undergraduate, six graduate, three research assistants, and a faculty member. The purpose of the research is to analyze the thoughts of the participants on the concept of buoyancy by using the phenomenological method. The participants were included in the clinical interview process with specific questions regarding the concept of buoyancy. A twenty-minute interview was held with each participant, and according to the answers of the participants, it was tried to reveal the comprehensive thoughts of the individuals regarding the relevant concept by directing improvised probe questions. The raw qualitative data of the research were analyzed through the knowledge in pieces theory of conceptual change by diSessa and the theory-like knowledge structure theory by Vosniadou, among the conceptual change theories. An inconsistency was observed in the responses of especially graduate and research assistant participants. A finding in this direction is consistent with the knowledge in pieces theory of conceptual change by diSessa. The responses of the field specialist faculty member were determined to be consistent and compatible with the theory-like knowledge structure theory by Vosniadou. The findings and results of the study were discussed in a way which refers to the in-class teaching-learning processes and contributes to the quality of the experimental activity contents used in teaching science.

Keywords: Science education, buoyancy, conceptual change theories, phenomenological pimitives.

INTRODUCTION

Conceptual change and concept-based learning in science teaching are the fields on which many scientific research studies have been conducted for almost 50 years (Duit & Treagust, 2003). According to Hewson (1992), the first authors to use the idea of conceptual change effectively in the field of science teaching were Posner, Strike, Hewson, and Gertzog in physics teaching in 1982 and Carey in biology teaching in 1985. Hewson (1992) mentions that American Educational Research Association also made a great contribution to the evolution of the conceptual change idea through their annual activities that were started in 1983. In the first years of this process, the main orientation of the studies was grounded on determining the difficulties in science learning process and the pre-conceptualizations or prior knowledge carried by students (Mayer, 2001). In this process which can be dated back until the first half of the twentieth century, especially pedagogues, cognitive scientists, and field educators were in search of generating a single learning theory which can be considered as integrative and nonselective (Mayer, 2001; Nersessian, 1989). According to Nersessian (1989), it is necessary to thoroughly analyze the conceptualization process for a nonselective basic concept in a scientific field in order to propose a holistic learning theory or, more specifically, a conceptual change theory. However, some reviews and research articles closer to the present submit that a meta-theory involving all kinds of learning related to the fact of learning cannot be generated (Mayer, 2001).

Tending to change the conceptual structure in the cognitions of students basically constitutes the subject area of cognitive learning theories. It is possible to point out that the current conceptual change theories have been impressed by Piaget's theory of cognitive development and the constructivist learning theory. Duit (1999) sympathizes with this approach by indicating that the studies carried out in other fields than science teaching have also been impressed by the constructivist learning theory.

Various theoretical approaches regarding the fact of conceptual change have been developed over time. Even though these theories have partnerships with each other, it can be stated that each of them brings original approaches to the conceptual change. Accordingly, unlike Piaget's theory of cognitive development, Carey's theory of knowledge restructuring (1985) suggests that the children do not have a universal cognitive development that chronologically restricts their reasoning skills through completely context-free, and field-oriented content learning. According to this theory, the quality of new mental structures developed by students is related to the gradual increase in field knowledge and their familiarity with field knowledge. Carey predicts two different structures and asserts that weak restructuring is the correction of a simple misconception and that strong restructuring, just like Kuhn, is the formation of a new conceptual framework, theory, or paradigm. Roschelle's theory of convergent conceptual change (1992) forms a structure that integrates the cooperative learning process and the conceptual change process. According to Dynamic Model of Conceptual Change (Nadelson, Heddy, and Jones, Taasoobshirazi & Johnson, 2018), the triangulation point of the conceptual change is the assumption that the students have multiple conceptualizations related to a similar phenomenon. According to Nersessian (1989), one of the most important difficulties in teaching the basic

concepts in science is the complex nature of the conceptual structure, which is largely independent but composed of interrelated subcomponents. Another similar cognitive model of knowledge restructuring or conceptual change suggests that the positive correlation between the characters of students and the characters of messages (concepts to be learned) is a factor that facilitates learning or conceptual change (Dole, & Sinatra, 1998). Besides, while reconstructing their theories of conceptual change, Strike, and Posner (1992), through a similar approach, acknowledge that the affective structures of the students are an important part of their conceptual ecology. In connection with this, Pintrich, Marx, and Boyle (1993) make an important criticism of conceptual change theories by Posner et al. (1982) that refer to pure cognitive dimension. According to this, the authors put forward that social context and motivation factors are very important in the conceptual change process. Noting that many research processes (Guizetti & Hynd, 1998; Mason, 2001; Schnotz, Vosniadou & Carretero, 1999; Vosniadou, 1994) attempt to evaluate the conceptual change in one dimension, Duit, and Treagust (2003) also emphasize the importance of evaluating epistemology, ontology, or social-affective dimensions together.

Upon all these explanations, relatively more prominent theoretical approaches in science teaching will be detailed in the following paragraphs.

The theories asserted by Posner et al. (1982), Chii, and Roscoe (2002), Ivarsson, Schoultz, and Säljö (2002), especially Vosniadou (1994), and diSessa (1993) which will constitute the theoretical ground for this study can be considered as dominant theories trying to explain the process of conceptual change. The Theory of conceptual ecology of Posner et al. (1982), which purposes to explain the conceptual change process, suggests that the process starts with a perception of dissatisfaction emerging as a result of cognitive disability. The term of dissatisfaction is a term referring mostly to the field of affective learning, and it implies that the factual conditions that trigger the learning process are particularly related to both fields of cognitive and affective learning. In this context, some impressions from the constructivist learning theory can be seen in the theoretical approach of Posner et al. (1982). In fact, according to the theory of constructivist learning, learning starts with mental disequilibrium and ends with mental accommodation. Because the process refers more to the change in individual cognition, it can be verbalized that it evokes the context-independent structure of Piaget's theory of cognitive development. As stated above, Posner et al. (1982) argue that there is a process rather than a sudden change in the conceptual structure, as with most similar conceptual change theories. The fact that they attribute conceptual change to gradual, and prioritizing conditions can be considered as a proof of this situation. Prior conceptions that students acquire from their individual experience and are often inconsistent with scientific concepts may change only when new concepts are intelligible, plausible, more fruitful in dealing with new problems. This indicates a process. As a matter of fact, Duit, and Treagust (2003) do not perceive the conceptual change as the replacement of pre-teaching concepts with scientific concepts, and they refer to the reconstruction of pre-teaching concepts for the acquisition of scientific concepts. Such an

approach, with reference to the pre-teaching concepts, refers to a path that is related to learning of scientific concepts, that is, to a process.

Misconception repair theory of conceptual change by Chi, and Roscoe (2002) presents a more ontological approach as conceptual change theory. Accordingly, there is an ontological difference between the conceptualization of students and that of scientists. The students often conceptualize process-based phenomenon of science through a substance-based ontological perception. Much as electric current and thermal equilibrium in physics, chemical equilibrium in chemistry, and inheritance in biology, biological adaptation, biotic and abiotic environment interaction, and natural selection are process-based phenomenon, they are unfortunately conceptualized by the students as substance-based static phenomena due to the textbooks and the contributions of teachers. Therefore, the students fall into the error of mis-categorization. According to this theoretical approach, in order for the accurate conceptualization or the desired conceptual change to take place, it is necessary to associate mis-categorized concepts with the accurate categories or to allow new categories to be formed.

Ivarsson, Schoultz, and Säljö (2002) evaluate the conceptual change as a socio-cultural process in sociocultural theory of conceptual change. According to this theory, the students get acquainted with new materials that are represented as cognitive (conceptual terms), physical, and graphic structures in a social environment, and thus generate new conceptual structures in terms of their interaction with these materials. This theoretical approach considers the learning process, and thus new conceptualizations, as the socialization of human cognition. Trying to explain the change of cognitive structure by referring to the social environment evokes Vygotsky's theory of socio-cultural learning. According to Vygotsky, learning corresponds to a process that occurs in the language, which is the most important means of learning, rather than the inner change of the individual's cognition, and therefore, occurs through interaction in a social environment. According to Ivarsson et al. (2002), individuals need appropriate cognitive instruments (conceptual terms) and physical instruments so as to make the intended conceptual change take place. Thus, conceptual change can be evaluated in the form of mastery of using cognitive and physical instruments intended to be demonstrated as competence through appropriate guidance in a suitable social environment (school/classroom environment, or etc.).

Synthetic meaning theory of conceptual change or theory like theory, developed by Vosniadou (1994; 1996 and 2002), suggests that the students have the naïve theories that manifest themselves as coherent structures formed from their experience of the phenomena that constitute the subject of science before they are exposed to science teaching. Accordingly, in the formal education process, the students, who encounter scientific conceptualizations about the related phenomenon, create synthetic conceptual structures that characterize each age and cognitive level. In fact, these conceptual structures, just like the theoretical structures of scientists which is consistent for a certain period, are almost in the form of monolithic structure. These structures act as an explanatory theoretical framework. According to the theory by Vosniadou, there is a conceptual change that takes place in the form of the fact that the different synthetic concepts at different

cognitive levels of the same phenomenon gradually give way to scientific conceptualizations. For instance, whereas the students in pre-school period have the conceptualization of internal force towards the concept of force, the students in the first years of primary school include the concept of internal force of their cognitive structures and the concept of acquired force found only in moving bodies, and the students in secondary school have the concept of acquired force, the concept of acquired force hybridized with push-pull forces (formal forces of Newton mechanics), and the concept of gravitational force at more advanced cognitive levels (Ioannides & Vosniadou, 2002; Vosniadou & Brewer, 1992; 1994). In brief, according to the theoretical explanation developed by Vosniadou (1994), the students have stable alternative conceptualizations that is consistent for a certain period, in other words, they do not change even if the context or phenomenal sample changes. This theoretical approach suggests that it is unlikely to completely eliminate the former and often unscientific conceptualizations of the students. Therefore, conceptual change consists of the changing process of hybrid structures that show consistency for certain periods.

Knowledge in pieces theory of conceptual change by diSessa (1993) refers to a process in which naïve and naïve knowledge of the students is corrected in time and transformed into scientific knowledge by interpreting conceptual change differently. Unlike theory of Vosniado (1994), he explains the reason for this situation by suggesting that cognitive structures of the students consist of naïve units of thought with fragmented and contextual inconsistency. Accordingly, naïve concepts do not have a monolithic and explicit theoretical framework boundary. The naïve conceptual structure consists of interrelated structures that can associatively trigger each other in similar contextual fact samples, are extremely context sensitive and cannot yet be represented at the conceptual level. These structures are called as phenomenological primitives. Phenomenological primitives can be considered as semi-independent naïve units of thought that make a naïve conceptual structure jointed and enable different joints of the concept to act in each context change, thereby causing cognitive structures of the students to change and exhibit inconsistency as contextual fact samples change. According to this theoretical approach, the responses of students change during a phenomenological examination of the concept subject to the research as the context or sample questions change.

Stating that especially the studies diSessa, Gillespie, and Esterly (2004), and Ioannides, and Vosniadou (2002) on the concept of force accelerated the aforementioned approaches by diSessa and Vosniadou to form a camp will be a proper determination with reference to the subject of this present study.

Literature

The literature includes some studies suitable for the theoretical approaches of both Vosniadou and diSessa camps. Accordingly, there are many samples of studies compatible with Vosniadou's theory of conceptual change (1994) (Chi, 1988; Chinn & Brewer, 1993; Eshach, Lin & Tsai, 2018; Greca & Moreira, 2000; Harrison, Grayson & Treagust, 1999; Ioannides & Vosniadou, 1991; Ioannides & Vosniadou, 2002; Jung, 1993; Nersessian, 1989; Vosniadou, 1991; Vosniadou & Brewer, 1987; 1992; Vosniadou & Matthews, 1992; Vosniadou &

Kempner, 1993; Vosniadou & Brewer, 1994; Vosniadou & Ioannides, 1998; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou & Papademetriou, 2001; Vosniadou, Baltas & Vamvakoussi, 2007). However, in the literature of science teaching, there are also so many research findings that are compatible with theory of knowledge in pieces by diSessa (1993) and p-prims that constitutes the theoretical framework of our study. In other words, these findings also indicate that knowledge structures of the students are inconsistent (Apaydin, 2014; Apaydin, Akman, Tas & Peker, 2014; Apaydin, Cobanoglu & Ergul, 2018; Chiou & Anderson, 2010; Clark, 2006; Furuta, 2000; Galili & Hazan, 2000; Hamid & Widodo, 2017; Jin, Zhan & Anderson, 2013; Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler & Yestness, 2019; Khishfe, 2017; Kirbulut & Beeth, 2013; Leppavirta, 2012; Liu & MacIsaac, 2005; McLure, 2018; Ozdemir, 2007; 2017; Ozdemir & Clark, 2009; Reinfried & Tempelmann, 2014; Southerland et al., 2001; Turcotte, 2012; Tytler, 1998).

Findings of the relevant researches are summarized as follows. From this point of view, it is necessary to note that the group of students providing the qualitative data for monograph of diSessa (1993), which is more theoretical, reveal appropriate responses to knowledge in pieces theory of conceptual change. diSessa especially associates the findings of this study with the concept of phenomenological primitive (p-prim). In the literature, the study by Demastes, Good, and Peebles (1996) also supports that the conceptualization of students towards evolution theory is in the form of knowledge in pieces. In addition, Tytler (1998) emphasizes that the individual experiences of the students about the phenomena of matter and air are of great importance on the explanations of students about air pressure and asserts that such naïve explanations support knowledge in pieces theory. A study by Furuta (2000) on mental model development focuses on the cognitive differences that develop in students during the process and reports that the students who remain at different learning levels in an experimental activity display different cognitive structures. According to the findings, it is revealed that the students who are not successful do not have a mental model structure. In a study conducted by Galili, and Hazan (2000) with high school students and teacher training high school students, they document that the students have alternative knowledge structures that display a hierarchy in the subject of image formation on flat mirror. In another study, Southerland et al. (2001) reveal that the conceptualization of students about biological phenomena is mostly explained in the form of knowledge in pieces theory structure. Besides, Liu, and MacIsaac (2005) state that the students both generate consistent responses and give inconsistent responses towards Newtonian Mechanics. They also indicate that the familiarity of context, content of the problem, affects the consistency of the responses and that the students respond consistently to questions they are familiar with and inconsistently to questions they are not familiar with. The authors also argue that there is a relation of quantity or degree rather than a quality relation between p-prims and scientific theories that are widely agreed upon through more coherent mental models. Clark (2006) also determines that the meanings that students attach to the concepts of heat and temperature in relation to the concept of thermodynamics can be explained better through the theory of knowledge in pieces and p-prims. Moreover, the compatibility of the meanings that students put on the concept of force in different contexts through the theory of knowledge in pieces is determined in the research reports published by Ozdemir (2007; 2017) and Ozdemir, and Clark

(2009) at different periods. In a study conducted with students in physics major, although Chiou and Anderson (2010) state that the findings related to the responses of the students are consistent with the theories by Vosniadou, and Brewer (1992), they imply that the students are unable to make predictions within the framework of a mental model and that they have naïve conceptualizations that are largely in accordance with the theory of knowledge in pieces. The potential of the naïve concepts to behave similarly to the p-prims of diSessa (1993; 2002) and diSessa, Gillespie, and Esterly, (2004) is also highlighted in that study. Turcotte (2012) shows in his study that the students can use their explanations about a scientific fact in order to explain a new and different scientific fact. In the study, such conceptualizations as free falling, the effect of parachute on free falling, and air resistance are naïvely associated with the concepts of buoyancy of water and swimming. This finding is closer to conceptualizations of knowledge in pieces theory and p-prim. In a study on the concepts of electricity and magnetism, Leppavirta (2012) suggest that the naïve conceptualization of the students do not support neither the theory of knowledge in pieces nor theory of theory-like knowledge. In the study, the findings are evaluated based on the consistency of the “Newtonien Ohm’s Law” p-prim proposed by diSessa. Accordingly, it is stated that Ohm p-prim is consistently used in answering questions related to the concept of electricity, especially regarding Ohm’s law. The compatibility of knowledge structures related to the concepts of evaporation, boiling, and condensation of some high school students with theory of knowledge in pieces was documented in a study carried out by Kirbulut, and Beeth (2013) in the USA. In another study conducted with the students at different grades from primary to high school, Jin, Zhan, and Anderson (2013) reports that the reasoning processes of students are relatively consistent. In a study performed with secondary school 8th grade students, Apaydin (2014) reveals that knowledge structures of students about buoyancy force of water are in accordance with the theory of knowledge in pieces. Reinfried, and Tempelmann (2014) carry out a study with secondary school students on the concepts of greenhouse effect and global warming. Although it is based on mental model, the study also reveals some findings about the existence of prior conceptualizations that show inconsistency and contextual sensitivity in some of the students.

In one of recent studies, Eshach, Lin, and Tsai (2018) state that the conceptualizations of students from different grade levels related to the sound fact are substance- or material-based, but they also refer to the p-prims by stating that the material-based sound conceptualization of the students is consistent. Likewise, in a study evaluating the conceptualizations of secondary school students on the concept of force, in a study conducted by Khishfe (2017) with 261 high school students from different schools, and in a study conducted by Hamid, and Widodo (2017) on the conceptualization of students about the phenomenon of electricity, the researchers document that the students show cognitive inconsistency and that p-prim directs their responses. McLure (2018) also state that approximately half of the students who deal with the concept of electric current have a cognitive structure in accordance with the theory-like knowledge structure theory before applying the TFA approach and that one fourth of them display a structure in accordance with the theory of knowledge in pieces. Whereas Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler, and Yestness (2019) determine that the students respond to different exemplary situations at different explanation levels during the science learning process, they also

conclude that their reasoning processes vary. As a result, according to the findings, although there are two different camps according to the literature, many studies and therefore researchers assert that the semantic distinction between the structures of theory of knowledge in pieces and theory of theory-like knowledge could not be made fully (Lee, Krakowski, Sherin, Bang & Dam, 2006).

As stated in the paragraphs above, the dynamics that are put forward by conceptual change theories are used especially in science teaching processes, and programs and textbook contents are created according to these dynamics in the world (Förtsch, Dorfner, Baumgartner, Werner, Kotzebue & Neuhaus, 2018; National Research Council, 2012, p .230). This situation also guides the in-class behaviors of teachers. In this context, a very common research process is ongoing. In addition, the number of Turkey-originated publications on especially conceptual change theory within the scope of science teaching is very few (Apaydin, Akman, Tas & Peker, 2014; Apaydin, 2014; Apaydin, Cobanoglu & Ergul, 2018; Ozdemir, 2007; Ozdemir & Clark, 2009). Therefore, it is thought that this present study purposing to examine the conceptualizations about the buoyancy force of the water and carried out with the participation of graduate students, university research assistants, and a lecturer related to science teaching will contribute to the literature related to science teaching in Turkey and to the process of creating program and course content for the international literature.

METHOD

This study is a qualitative research and has a phenomenological design. Phenomenological design provides important advantages in researching the phenomenon that we are aware of but do not have a deep and detailed understanding (Yildirim & Simsek, 2016). As authors state,

They can appear as assets, phenomenon, events, experiences in the world we live in; perceptions, tendencies, cases, and concepts. We can encounter these phenomena in various ways in our daily life. However, this encounter and acquaintance do not mean that we fully understand and comprehend the phenomena. Phenomenological design creates an appropriate research ground for the studies purposing to examine the phenomenon that are not entirely foreign to us but we cannot completely understand (Yildirim & Simsek, 2016: 69.).

Thus, it becomes possible to unravel the primitive foundations of our understanding of a phenomenon and to decipher what is implicit and hidden (Creswell, 1998). Since the perceptions of participants about buoyancy of water and swimming concepts and their implicit relations with each other are discussed in this study, phenomenological design that allows deeper analysis is preferred as the research method.

Participants

The participants of the study consist of five undergraduate participant, six graduate participant, three research assistants, and one science educator from a university in Black Sea Region of Turkey. The participants of the

study at the undergraduate level are the participant who are enrolled in the science and technology course during the 2017-2018 academic year fall semester. The graduate group is the participant who are enrolled in primary teaching programme at the Institute of Educational Sciences and take the course "Learning, Conceptual Development and Science Teaching" in the same semester. Research assistants are Ph.D. participant who are enrolled in the same program of the same institute and have completed the course period. The science instructor is a lecturer at the Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Teaching, Programme of Science Teaching.

Data Collection Instrument, Data Collection, and Data Analysis

The presentation used in the clinical interviews consists of 7 questions. Ginsburg (1997) states that the clinical interview method provides the researcher the opportunity to understand the process, to start studying with the activities designed in line with the purpose, to ask "why, how" questions, to instantly respond to the statements of the individual during the interview, to create and test the hypothesis instantly, improvise, and to study without time limitation. The clinical interview was preferred in this study because of its advantages mentioned above. In addition, expert opinion was obtained for the validity of the data instrument. The association of the thoughts of participants with previously-created different contexts was also examined by an expert as well as the researcher. In this sense, a consistency of .89 was determined between the two experts using the formula Miles-HUberman'in (1994) " $\Delta = C \div (C + \partial) \times 100$ " in associating the repeated participant responses in the raw data and the relations of buoyancy force/mass and buoyancy force/sunken volume contexts. Different question contexts and related basic conceptual explanations for buoyancy of water are presented in the table 1 below.

The participant were asked in the presentation to interpret the cases in each question. In the questions, different visual contexts were created for the concept of buoyancy of water. One of these contexts is the first set of questions consisting of questions on buoyancy force - mass relation, and the other is the second set of questions on buoyancy - sunken volume relation. Therefore, the participant were given the opportunity to create responses in different question contexts related to the same concept. Related presentation and questions in practice process are provided below.



Figure 1. Question 1

Question 1) Object K is put in fluids of different density in the figure. How are the buoyancy forces applied to this object in both situations? Why?



Figure 2. Question 2

Question 2) Objects K and L which have an equal mass are put in fluids of different density in the figure. How are the buoyancy forces applied to these objects? Why?



Figure 3. Question 3

Question 3) Objects K and M which have an equal mass are put in fluids of same density in the figure. How are the buoyancy forces applied to these objects? Why?



Figure 4. Question 4

Question 4) There is a stable object K inside the fluid in the figure. If denser fluid is added in the container what will happen to the buoyancy force that affects object K? Why?



Figure 5. Question 5

Question 5) Objects K and N which have an equal immersed volume are put inside the fluid in the figure. How is the buoyancy force applied to these objects? Why?



Figure 6. Question 6

Question 6) Objects K and P which have an equal volume are put inside the fluid in the container in a hanging position. How are the buoyancy forces applied to these objects? Why?

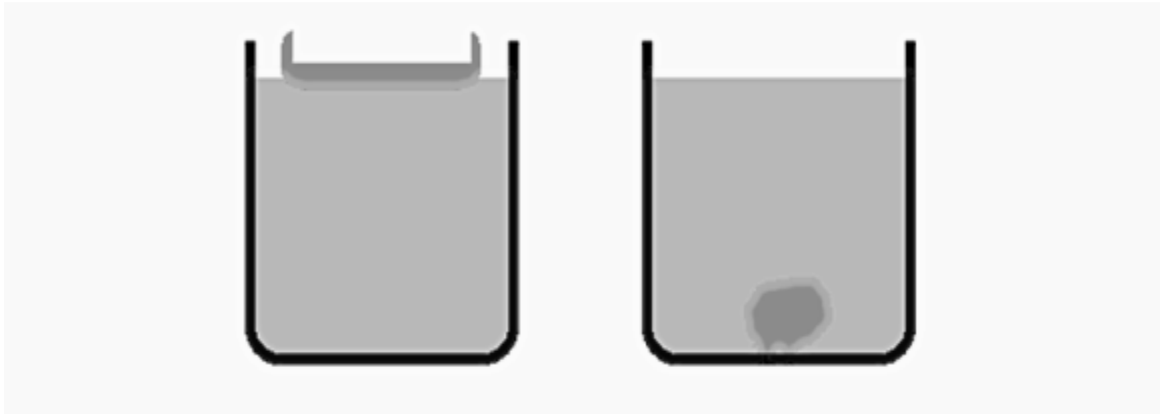


Figure 7. Question 7

Question 7) The boat in the figure which is made of play dough can float. When the same boat is squeezed back and thrown in the container, it sinks. How are the buoyancy forces applied to these object in both situations? Why?

The basic thinking structures behind the responses of the participants were tried to be obtained through the questions of “What do you mean?” and “Can you open up a little more?” while carrying out these practices. All the interviews were recorded as video by the researcher, and the analysis of the interviews were started after the transcription of the records.

Descriptive analysis method was applied in analyzing the data. Basically, a cognitive consistency and phenomenological primitives based on diSessa were sought in the responses of the participants to the questions consisting of different contexts. Quotations from the explanations that the participants justified their responses were provided. The conceptualizations by DiSessa and the analysis method were used to determine cognitive consistency and p-prims (diSessa, 1993 and 2004).

Consistency in Responses: It is the use of a similar or the same cognitive structure as a solution proposal in all question contexts, that is, the same response to all questions. Cognitive inconsistency is the different responses to the questions.

Nominal Forms: It is a term proposed by the author and developed with reference to the p-prims of diSessa (1993) with the symbolic forms of Sherin (2001). Nominal forms are the expressions of mathematical relations or equations representing formal language at the propositional level through the words and / or verbal terms of natural language. The propositions at the nominal form level are reinterpretation of the developed relations or equations for a problematic phenomenon by naïve cognitions, often far from the meaning of the scientific explanation/formula.

Phenomenological Primitives: They are the pieces of knowledge in the form of common sense knowledge that emerge in different question contexts and form the rationale for the given response. Phenomenological primitives create satisfactory responses related to daily life that often make us feel right. These knowledge structures are mostly incompatible with scientific/formal knowledge and intuitively appear as guiding responses in every contextual (question/problem situation for the same content) change. Such a situation causes cognitive inconsistency.

Table 1. Basic Concepts Related to Question Contexts

	Mass	Volume of Substance	Sunken Volume	Density of Liquid
1. Buoyancy Force Applied to Identical Substances in Liquids with Different Density	Since the masses of the two identical substances will be the same, the buoyancy forces acting on them are the same.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	Since the substances have the same mass, the density of the liquid has no effect on buoyancy.
2. Buoyancy Force Applied to Different Substances with Equal Mass in Liquids with Different Density	The buoyancy forces acting on different substances with equal mass are also the same.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	Since the substances have the same mass, the density of the liquid has no effect on buoyancy.
3. Buoyancy Force Applied to Different Substances with Equal Mass in Liquids with Same Density	The buoyancy forces acting on different substances with equal mass are also the same.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	In this question, the mass data of the substances are sufficient to determine the buoyancy force acting on the equilibrium bodies.	Since the substances have the same mass, the density of the liquid has no effect on buoyancy.
4. Buoyancy Force Applied to Substance by a Denser Liquid Added to Liquid	Increase in the density of the mixture does not change the quantity of buoyancy applied to the identical substance.	In this question, identity and mass data is sufficient to determine the buoyancy force acting on substances in equilibrium state.	In this question, identity and mass data is sufficient to determine the buoyancy force acting on substances in equilibrium state.	Increase in density of the liquid has no effect on buoyancy.

Table 1. (continue)

5. Buoyancy Force Applied to Different Substances with Equal Sunken Volume in the Same Liquid	The buoyancy forces acting on substances with equal sunken volume are also equal.	In this question, the sunken volume data is sufficient to determine the buoyancy force acting on the substances.	In this question, the sunken volume data is sufficient to determine the buoyancy force acting on the substances.	In this question, the density of the liquid has no effect on buoyancy.
6. Buoyancy Force Applied to Different Substances Hanged with Equal Volume in the Same Liquid	The buoyancy forces acting on substances with equal sunken volume are also equal.	In this question, the sunken volume data is sufficient to determine the buoyancy force acting on the substances.	In this question, the sunken volume data is sufficient to determine the buoyancy force acting on the substances.	In this question, the density of the liquid has no effect on buoyancy.
7. Sinking a Toy Ship Made from Play Dough	Sunken volume data is important in this question.	In this question, the sunken volume data is sufficient to determine the buoyancy force acting on the substances.	Since the sunken volume of the play dough decreased, it sank to the bottom, and accordingly the buoyancy force decreased.	In this question, the density of the liquid is not a variable in determining the buoyancy.

RESULTS

Cognitive consistency of the participants in the study is given in Table 2.

Table 2. Cognitive Consistency of Participants towards the Buoyancy

Participants	Cognitive Consistency for Two Different Parts					
	Part I		Part II		Cognitive Consistency for Both Parts	
	Inconsist. ¹	Consist. ²	Inconsist.	Consist.	Inconsist.	Consist.
Undergraduate	5	-	1	4	5	-
Graduate	4	2	6	-	6	-
Research Assistant/Doctore rate	2	1	2	1	3	-

inconsist.¹: inconsistency
 consist.²: consistency

Table 2. (continue)

Associate Professor	-	1	-	1	-	1
					Total	Total
Total	11	4	9	6	14	1

According to Table 2, in the responses given to the problem contexts questioning the buoyancy-mass relationship (Part I) of the buoyancy, a total of 11 participants showed cognitive inconsistency; 4 participants showed cognitive consistency. Regarding problem contexts that question the relationship of buoyancy-sinking volume (Part II), 9 participants responded with inconsistency, 6 participants showed consistency in their responses. In the table, the cognitive consistency states of the different participant levels are also given. The cognitive stability finding for both parts is inconsistent for all participants except for the associate professor.

Table 3. Phenomenological Primitives* Exhibited by the Participants

Participants	P-prims
Undergraduate	Force as a mover, swimming, the more liquid density the more force (buoyancy), same liquid density same force (buoyancy), different body density, different body volume, the shape of body.
Graduate	Swimming, force as a mover, The more liquid density the more force (buoyancy), same liquid density same force (buoyancy), different body density, different body volume, nominal form
Research Assistant/Doctorate	Force as a mover, swimming, the more liquid density the more force (buoyancy), figurative approach (the shape of body), different body density, different body volume, the more body surface the less body pressure.
Associate Professor	No p-prims

* : Abbreviation, p-prims

Table 3 presents the p-prims exhibited by the participants in their responses.

Table 4. The Responses, P-Prims and Quotations for Undergraduate Participants

Responses	P-Prims	Quotations
Response to Q1 $F_{k_2} > F_{k_2}$	Force as a mover, swimming, the more liquid density the more force (buoyancy)	... The higher the density is, the higher the buoyancy force is...
Response to Q2 $F_{k_L} > F_{k_K}$	Force as a mover, swimming, the more liquid density the more force (buoyancy)	... The density of the liquid on which L is located is higher than the other one... The buoyancy force is increasing... L was at higher...

Table 4. (continue)

Response to Q3	$F_{K_K} = F_{K_M}$	Figurative approach (the shape of body), same liquid density same force (buoyancy), different body volume	... I did something that shape is important... Teacher, it is equal density... ... we can do the volume of K, the volume makes it lift up...
Response to Q4	$F_{K_{K2}} > F_{K_{K1}}$	The more liquid density the more force (buoyancy), Force as a mover	... Fk increases... Because the density of the liquid increases, teacher... body K rises...
Response to Q5	$F_{K_K} = F_{K_N}$	Force as a mover	.. It may be at lower because the body K has more weight
Response to Q6	$F_{K_K} > F_{K_P}$	Force as a mover	... The weight of K is more... Its location is not equal to P... The buoyancy applied to K is more.
Response to Q7	$F_{K_1} = F_{K_2}$	Different body density, different body volume	... does the density increase when the play dough is squeezed?... surface area... Because its weight is equal...

Table 5. The Responses, P-Prims and Quotations for Graduate Participants

Responses	P-Prims	Quotations
Response to Q1 $F_{K_{K2}} > F_{K_{K1}}$ $F_{K_{K1}} = F_{K_{K2}}$ Internal inconsistency	The more liquid density the more force (buoyancy), force as a mover, swimming,	The density of the Mediterranean is higher than the Black Sea.... The Mediterranean Sea will apply to the body more Fk than the Black Sea... It is equal according to the formula ... the buoyancy on the left side is less for me... the one in the floating position is more... that liquid is more dense... even though their density is different, the acting force is the same, because the substance has the same density, that is, the buoyancy force is more for it, and less for it... it is doing the same effect to both...
Response to Q2 $F_{K_K} > F_{K_L}$	Nominal form, the more liquid density the more force (buoyancy), force as a mover.	... if the density of the liquid in the first container is more than the density of the liquid in the second container, that is, let's say 3 to one, and let's say 2 to the other one, and the volumes of K and L bodies are equal... Fk applied to body K is 3a. Fk applied to the L body is proportional to the sunken thing... Fk applied to it (the body L) becomes less.

Table 5. (continue)

Response to Q3	$F_{k_K} = F_{k_M}$, $F_{k_K} > F_{k_M}$, $F_{k_K} < F_{k_M}$, Internal inconsistency	Nominal form, swimming, different body volume, different body density, force as a mover.	... The density of M is lower since it is floating, and its volume is higher than K, that is, M has a large volume. But, I do not know how large it is from the body K... the volume of the sunken part multiplied by the density of the liquid may be equal to the volume of the body K by the density of the liquid. There is a possibility for equivalence here... If the sunken volume of the body M is less than the volume of the body K... F_k applied to the body M will be less... if their mass is equal and thrown into the same liquid and one is floating and the other is not, one has a higher volume or a lower density. Since the volume of the same thing will be larger, the volume of the sunken part can be equal to the volume of K... it may be equal, the F_k applied to the second body can be either large or small.
Response to Q4	$F_{k_{K1}} = F_{k_{K2}}$ $F_{k_{K2}} > F_{k_{K1}}$ Internal inconsistency	Force as a mover, swimming, the more liquid density the more force (buoyancy), nominal form.	... Its density will increase in a way to push up the body K... Hmm... Body K will rise to the surface... Hmm... Volume will decrease (body), and density (liquid) will increase, but F_k will not change... F_k will increase, since liquid density will increase and sunken body density will remain constant, If the body does not float, only if the position changes; but if the body floats and the sinking volume changes, then I have two variables, it can be equal.
Response to Q5	$F_{k_K} = F_{k_N}$	Force as a mover (The reference to the equality of density is also an indirect reference to this p-prim.), same liquid density same force (buoyancy).	... The applied buoyancy forces are equal because the water is the same water and the density is the same... so, F_k is the same...
Response to Q6	$F_{k_K} = F_{k_P}$	Same liquid density same force (buoyancy), the more liquid density the more force (buoyancy).	... Liquid density is constant... F_k s are equal...

Table 5. (continue)

Response to Q7	$F_{k_1} > F_{k_2}$ $F_{k_2} > F_{k_1}$ $F_{k_1} = F_{k_2}$ Internal inconsistency	Nominal form, swimming, different body density.	I say second one may be more... Hmm... I can say it can be equal... so let's say that you have expanded to 10 cubic meters, 7 of this sank, and 3 was out of it. In order to increase the density, you have compressed the substance up to 7... for once, because more buoyancy is applied to the sunken shape... also but on the left the volume is more, more F_k may be applied there... More F_k effect may be on the right one. The same force may be affecting both. More F_k effect may also be on the left one.
----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Table 6. The Responses, P-Prims and Quotations for Research Assitants

Responses	P-Prims	Quotations
Response to Q1	$F_{k_1} = F_{k_2}$ Force as a mover, different body density.	... F_k is the same. Depending on the density, they stay in the middle, top, or bottom... the density of the body is... Hmm... The applied buoyancy force is equal, its level changes according to the excess or less of the density of the body...
Response to Q2	$F_{k_2} > F_{k_1}$ Force as a mover, swimming.	... Then, the buoyancy force of the one at higher level is higher... The density is the same, the mass is the same, and then, the buoyancy force is different...
Response to Q3	$F_{k_1} = F_{k_2}$, F_k s are different, Internal inconsistency	Figurative approach (shape of body)
Response to Q4	$F_{k_2} > F_{k_1}$, $F_{k_1} = F_{k_2}$, Internal inconsistency	Force as a mover, The more liquid density the more force (Buoyancy).
Response to Q5	$F_{k_1} = F_{k_2}$	Different body density.
		... Now, there are liquids, if the shapes affect the buoyancy force, <i>the buoyancy forces are equal</i> , it is related to the shape... Now, if they have the same density and equal mass, the buoyancy forces are different because I know that the shape does not affect the buoyancy force.
		... The density increases. Naturally, when the density increases, I think that the buoyancy force in it will increase... Now, if the density is more, even if the buoyancy force remains the same, the liquid will go up with the density of the incoming substance... The buoyancy force will remain the same.
		... that is, the density of the body... Hmm... affects its condition in water... body K, is that N??? I can't see exactly. Since it has less density than that body (K), it has sunk...

Table 6. (continue)

Response to Q6	$F_{K_K} = F_{K_P}$, $F_{K_K} \neq F_{K_P}$ Internal inconsistency	Figurative approach, different body volume, different body density.	... if the buoyancy force is equal, then, the shape will affect... If the shape does not affect, the buoyancy forces are different... The volumes are the same... But the densities are different... Its buoyancy force is equal, but the density of the body is different... The buoyancy force is the same, but the mass or density is different between those two bodies although their volumes are the same...
Response to Q7	$F_{K_1} = F_{K_2}$, $F_{K_2} \neq F_{K_1}$ Internal inconsistency	Figurative approach, the more body surface the less body pressure, force as a mover, swimming,	Then, it affects the shape... I think the buoyancy force is equal, as the surface area expands, the pressure it will apply decreases... Hmm... The pressure that a sharp thing will apply... Hmm... The pressure is less, the pressure it will apply is more. I say that it has sunk because it is wider and the pressure it will apply is less on the surface because it is less...

Table 7. The Responses, P-Prims and Quotations for Lecturer

Responses	P-Prims	Quotations
Response to Q1	$F_{K_1} = F_{K_2}$	No P-prim
		<p>Formula:</p> $m_1 = m_2$ $\rho_1 \neq \rho_2$ $F_{K_1} = m_1 g = V_{b1} \rho_1 g$ $F_{K_2} = m_2 g = V_{b2} \rho_2 g$ <p>»</p> $V_{b1} \rho_1 = V_{b2} \rho_2$ <p>»</p> $F_{K_1} = F_{K_2}$
Response to Q2	$F_{K_K} = F_{K_L}$	No P-prim
		<p>Formula:</p> $m_K = m_L$ $\rho_1 \neq \rho_2$ $F_{K_K} = m_K g = V_{bK} \rho_1 g$ $F_{K_L} = m_L g = V_{bL} \rho_2 g$ <p>»</p> $V_{bK} \rho_1 = V_{bL} \rho_2$ <p>»</p> $F_{K_K} = F_{K_L}$

Table 7. (continue)

Response to Q3	FkK = FkM	No P-prim	Formula: $mK = mM$ $\rho_1 = \rho_2$ $FkK = m1g = VbK\rho g$ $FkM = m2g = VbM\rho g$ » $VbK\rho = VbM\rho$ » $FkK = FkM$
Response to Q4	FkK1 = FkK2	No P-prim	Formula: $m1 = m2$ $\rho_2 > \rho_1$ $FkK1 = mKg = VbK1\rho_1g$ $FkK2 = mKg = VbK2\rho_2g$ » $VbK1\rho_1 = VbK2\rho_2$ » $FkK1 = FkK2$
Response to Q5	FkK = FkN	No P-prim	Formula: $VbK = VbN$ $FkK = mKg = VbK\rho g$ $FkKN = mNg = VbN\rho g$ » $VbK\rho = VbN\rho$ » $FkK = FkN$
Response to Q6	FkK = FkP	No P-prim	Formula: $VK = VP$ $FkK = mKg = VbK\rho g$ $FkP = mPg = VbP\rho g$ » $VbK\rho = VbP\rho$ » $FkK = FkN$
Response to Q7	Fk1 > Fk2	No P-prim	Formula: $Vb1 \neq Vb2$ $Fk1 = mg, Fk2 < mg$ and $Fk1 = Vb1\rho g$ $Fk2 = Vb2\rho g$ » $FkK1 > FkK2$

Table 4, Table 5, Table 6 and Table 7 provides the cognitive status (consistency or inconsistency according to responses), p-prims, and the basic qualitative quotations presented as data of the participants in different groups within the entire question set.

DISCUSSION

Although the study was conducted with the qualitative research method, it also used the quantitative findings at descriptive level by limiting itself by the participants and without generalization concern. Also, the cognitive consistency state of the participants is variational and can be specified through simple numerical expressions. Therefore, part I of the discussion on cognitive consistency will be carried out with these numerical symbols with the support of qualitative quotations. In this context, according to the relevant quantitative findings, the cognitive structures of the participants, apart from the lecturer, reveal a pattern in favor of inconsistency (Table 2). When the findings in Table 2 are detailed, for part I that questions the buoyancy of water and the mass, whereas 11 participants have cognitive inconsistency it can be stated that 4 participants show cognitive consistency. For part II questioning the relationship between the sunken volume and buoyancy of the water, while 9 participants present cognitive inconsistency, 6 participants seem to have cognitive consistency. Findings in this direction are compatible with knowledge in pieces theory by diSessa (1993). However, it is possible to state that the relevant findings vary among the categories of participants. According to this, it is seen for the first part that all of the undergraduate participant, 4 of the graduate participant, and 2 of the research assistant (Ph.D. students) show cognitive inconsistency. For part II, it can be observed that 1 of the undergraduate participant, 6 of the graduate participant, and 2 of the research assistant Ph.D. students have inconsistency. When the responses to the questions related to the buoyancy of water by both parts are evaluated together, it is possible to see that all participants, except the lecturer, create responses in favor of cognitive inconsistency (Table 3 and Table 4). The lack of consistency of the responses according to changing questions is considered as a finding compatible with the context sensitivity approach that knowledge in pieces theory predicts for naïve cognitions (diSessa, 1993; 2002; diSessa, Gillespie & Esterly, 2004). The contextual variation of the responses rather than their scientific correctness is taken into account in evaluating cognitive consistency analysis. However, the responses with cognitive inconsistency often consist of misleading prior concepts or misconceptions. According to the terminology of the knowledge in pieces theory, the structures that cause the emergence of such inconsistencies and errors are defined as p-prims. P-prims are evaluated as eclectic cognitive structures that create a sense of naturalness in the perception and interpretation of the natural world or the physical universe, which are in a semi-independent relationship with each other. This approach states that the fact that individuals with a naïve cognitive structure towards a natural phenomenon or part of the physical universe respond through p-prims causes cognitive inconsistency. In the literature, there are many studies supporting this approach (Apaydin, 2014; Apaydin, Akman, Tas & Peker, 2014; Apaydin, Cobanoglu & Ergul, 2018; Chiou & Anderson, 2010; Clark, 2006; Eshach & Schwartz, 2006; Furuta, 2000; Galili & Hazan, 2000; Hamid & Widodo, 2017; Jin, Zhan & Anderson, 2013; Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler & Yestness, 2019; Khishfe, 2017; Kirbulut & Beeth, 2013; Leppavirta, 2012; Liu & MacIsaac, 2005; McLure, 2018; Ozdemir, 2007; 2017; Ozdemir & Clark, 2009; Reinfried & Tempelmann, 2014; Southerland et al., 2001; Turcotte, 2012; Tytler, 1998).

In the study on the concept of buoyancy of secondary school students by Apaydin (2014), it is concluded that there is inconsistency in the knowledge structures of the participants and that the conceptualization especially for the fact of swimming act as a p-prim. When the qualitative findings of this present study are evaluated, it is seen that a conceptualization towards swimming fact acts as a p-prim even in participants with different cognitive stages and education levels. Findings in this direction indicate that the determining factor for swimming p-prim of the students is the quality of science teaching regardless of age, different cognitive stages, and education levels. From this point of view, providing contextual diversity in the learning processes related to the buoyancy of water or enriching the content knowledge in terms of different samples will accelerate reaching a conceptual consistency close to scientific explanations by the students. Uneo (1993) also claims that p-prims are not only about our individual cognition but also have a social aspect and that increasing peer interaction in connection with the contextual variety of samples for science concepts will decrease the directivity of p-prims. To repeat, p-prims should be considered as the components that direct the cognitive structure and thus lead to cognitive inconsistency. As a p-prim, swimming conceptualization in this study also guides the cognitive activities of the participants and becomes the main reason for the emergence of a cognitive inconsistency (Table 3 and Table 4). In their research titled as analysis of knowledge structures of fifth grade students for light concept according to conceptual change theories, Apaydin et al. (2014) determine that most of the students present cognitive consistency related to such phenomenon as vision and light relationship, shadow and light relationship, transparency and light relationship and that they have a large inconsistency in their conceptualization of the phenomenon of motion of light. The authors attempt to explain a finding in this direction by noting that the first three phenomenon are related to the world of macro-entities and thus demonstrative evidences and but by associating the phenomenon of the movement of light with the world of micro-entities and therefore with non-demonstrative evidences. While a cognitive consistency is awaited for descriptive concepts that are related to demonstrative evidences, which are narrow in scope, the emergence of inconsistency is possible in the theoretical concepts concerning the micro world in terms of such photons as light velocity defined as those that cannot be directly observed (Halloun, 2006; Lawson, 1995; Lawson, Alkhoury, Benford, Clark & Falconer, 2000). While the buoyancy of the water, which is the subject of this study, is a phenomenon that can be directly observed in terms of its effects, it is related to the theories that explain such micro facts as the particle and atomic theory of the matter, in the context of its relationship with such facts as density and therefore mass, volume/sunken volume. Therefore, it can be stated that the buoyancy of the water is related to such theoretical conceptualizations as the movement of light and that this causes the cognitive inconsistency in the students. Knowledge in pieces theory by diSessa seems highly functional in explaining naïve cognitive structures for theoretical concepts. This functionality is in relation with the fact that the theoretical concepts have a comprehensive conceptual framework consisting of many components that is called as coordination classes by diSessa (2002). Therefore, as a result of the complex relations of more than one conceptual component, the inconsistency of non-expert participants with naïve cognition in different question contexts related to theoretical concepts supports the knowledge in pieces theory. Russanen (2014) criticizes that the conceptual change theories try to explain the factual systems with

large-scale, complex and different subcomponents and that the conceptual change process is depicted over academic and theoretical concepts rather than daily conceptualizations of individuals. This explanation supports the approach of the knowledge in pieces theory, which uses an analysis method by associating the explanations they create with their daily experiences of scientific concepts with the formal explanations of the related concepts. In fact, the knowledge in pieces theory focuses on p-prims in naïve cognitions of students and thus focuses on their individual daily conceptualizations. In another study analyzing the knowledge structures of secondary school students related to the fact of physical and chemical change, Apaydin et al. (2018) determine that the students give inconsistent responses especially in questions related to the fact of chemical change. A finding in this direction is also important in terms of determining that the students can give inconsistent responses in fact related to the theoretical conceptualizations of chemical change due to the aforementioned reasons. In their research on heat conduction, Chiou, and Anderson (2010) suggest that although they find appropriate responses to the mental model or framework theory, they express that the conceptualization of students about conduction of heat cannot be explained only with ontological elements or beliefs. At the same time, the authors emphasize that contextual reasoning of the students is not compatible with their mental models. The fact that even the study of Chiou, and Anderson (2010) based on mental models approach implies that the naïve knowledge of the participating students is not fully consistent is important in terms of compliance with the results of this study. In a longitudinal study, Clark (2006) examines the change in the knowledge structures of secondary school students about thermal equilibrium and determines that the students present knowledge in pieces structures for the concept of thermal equilibrium and that their responses have p-prims. In a study with high school students and teacher training high school students, Galili, and Hazan (2000) document that the students have alternative knowledge structures that display a hierarchy in the subject of image formation on flat mirror. According to the findings, knowledge structures of students show themselves as various facets of knowledge and schemes of knowledge, and knowledge designs, just like p-prims, display a context-sensitive and common sense-based explanation structure.

According to the quantitative findings of the study, the fact that 4 of 5 participating undergraduate students show cognitive consistency for the especially part II does not mean that they do not have p-prims. It is shown that the relevant undergraduate student participants generate responses for part II under the influence of various p-primes (Table 3, and Table 4). In addition, the fact that the participants gave consistent answers to the relevant question set within the context of a study does not mean that the finding in this direction is general. In addition, that the participants give consistent responses to the relevant question set within the context of a study does not mean that the phenomenon in this direction is de facto. The same researcher or group of researchers can acquire cognitive inconsistency in another study with different participants for the same set of questions. Indeed, whereas a study by Vosniadou, and Brewer (1992) with students at the basic education level claims that the participants have consistent mental models for certain chronological periods for the shape of the earth, a study conducted by Vaiopoulou, and Papageorgiou (2018) with the same age group reveals that the conceptualization of the students towards the shape of the earth do not show cognitive

consistency at all. Thus, according to the findings of the new study, it has been documented that the students have fragmented, naïve, and p-prim-like knowledge structures for the shape of the earth. This is important because it demonstrates in a study that participants exhibiting a consistent cognitive structure for a science concept does not mean that they are not directed by p-prims. The findings of the current study supports a similar approach based on the responses of 5 participants at undergraduate level to the at least question set II. Accordingly, perhaps, the same participants will be able to respond to differently-formulated questions regarding the buoyancy of water by showing cognitive inconsistency but again under the effect of p-prims. In his study on the concepts of electricity and magnetism, Leppavirta (2012) evaluates the findings regarding the participants based on the consistency of the ohm p-prim proposed by diSessa. Accordingly, it has been stated that ohm p-prim is used consistently in answering the questions about the concept of electricity, especially about ohm's law. Eshach, Lin, and Tsai (2018) refer to p-prims although a cognitive consistency is determined in their studies with the students from different grade levels. In other words, the relevant study findings support that there are naïve concepts that act as p-prim in some cases where there is cognitive consistency. In this context, in Table 3, it is seen that undergraduate students present such samples of p-prims as *force as a mover*, *swimming*, *the more liquid density the more force (buoyancy)*, *same liquid density same force (buoyancy)*, *different body density*, *different body volume*, *figurative approach (the shape of body)*. Whereas graduate students also include p-prim samples that can be termed as *swimming*, *force as a mover*, *the more liquid density the more force (buoyancy)*, *same liquid density same force (buoyancy)*, *different body density*, *different body volume*, and *nominal form*, research assistants/doctorate students similarly have p-prims like *force as a mover*, *swimming*, *the more liquid density the more force (buoyancy)*, *figurative approach (the shape of body)*, *different body density*, *different body volume*, and *the more body surface the less body pressure*. Associate professor, on the other hand, has been under the influence of the visual question scenarios for a while, and even though he has shown behaviors that may evoke cognitive inconsistency with his mimics, he has soon started using formal language and responded to the questions through a cognitive consistency. Qualitative data that can be associated with p-prims are not found in the responses of him/her. Therefore, it can be stated that the references of other participants to p-prims contribute to the idea of knowledge in pieces theory that naïve cognition does not have a consistent conceptual framework and exhibits a semi-independent and eclectic structure consisting of p-prims.

P-prims like *force as mover and the more ... the more* are the terms developed by diSessa (diSessa, 1993; 2002, and diSessa, Gillespie & Esterly 2004) striking responses for this p-prim are obtained from the participants of the study (Table 3). The p-prims specific to this study and shared by the participants have also been determined. In this respect, it can be clearly seen that the terms like *force as a mover*, *swimming*, *the more liquid density the more force (buoyancy)*, *same liquid density same force (buoyancy)*, *different body density*, and *different body volume* are common p-prims for each participant group (Table 3). Among the p-prims that the participants agree on, there are also p-prims which are related to the p-prims like *force as mover and the more the more* generated by diSessa (diSessa, 1993; 2002, and diSessa, Gillespie & Esterly 2004) and specific to this

study. The p-prim of *the more liquid density the more force (buoyancy)*, specific to our study and to which all the participants co-apply, is directly related to the prim of the more the more by diSessa. Whereas the term of *figurative approach (the shape of body)* is specific p-prim to undergraduate students and research assistants/doctorate students, the term of *nominal form* is a p-prim that is specific to graduate students, and the term of *the more body surface the less body pressure* is a specific p-prim to research assistants/doctorate students within the scope of this study.

According to the qualitative findings, it is very important to examine the responses of our participants to the question set. Table 4, Table 5, Table 6, and Table 7 relates p-prims, cognitive inconsistency, and basic qualitative quotations used as data. In this context, when the findings about p-prim are examined in detail, it is possible to clearly see the relation between cognitive inconsistency and p-prim. In terms of basic p-prim codes and quotation patterns representing the responses of undergraduate students, whereas it is stated that there is an inequality in force quantities in the comparisons of first and second cases regarding the buoyancy of the water for the questions with the codes Q1, Q2, Q4, Q6, and Q7, it is mentioned for the questions with the codes Q3 and Q5 that there is an equality in force quantities (Table 4). This difference in responses indicates cognitive inconsistency. The interesting type of finding here is that the responses to the questions are given under the control of p-prims. According to this, $F_{k2} > F_{k1}$ inequality is proposed in the scenario related to Q1. The quotation that summarizes this response is "... *The higher the density is, the higher the buoyancy force is...*" and so, a relation is established between density and buoyancy based on the position difference and movement of the body. Such an association clearly demonstrates that the responses are given under the control of such p-prims as *force as a mover, swimming, and the more liquid density the more force (buoyancy)*. Likewise, the responses to the Q2, Q4, Q6 and Q7 scenarios appear to be generated under the control of similar p-prims. If Q2 is examined in detail, it is seen that the p-prims of "*force as a mover and the more liquid density the more force (buoyancy)*" are related to the quotation of "... *the density of the liquid where L is placed is more than the other one...*" and that the p-prim of "*swimming*" is directly related to the quotation of "... *L is higher...*". For Q4, it can be stated that the p-prims of "*the more liquid density the more force (buoyancy), force as a mover*" can be associated with the quotation of "... *F_k increases... because the density of the liquid increases, teacher...*". In addition, for Q6, it can be asserted that the quotation of "... *the weight of K is more... It is not equal to P... The buoyancy applied to K is more...*" is under the control of "*force as a mover*" p-prim. Even though there is an equality relations in the responses for scenarios of Q3 and Q5, it is obvious that p-prims have control in these responses. Accordingly, for Q3, it can be mentioned that the quotation of "... *I did something that shape is important... my teacher, equal density... we can do the volume of K thing, the volume (body) makes it lift up...*" is under the control of such p-prims as "*figurative approach/the shape of body, same liquid density same force (buoyancy), and different body volume*". Moreover, for Q5, the quotation of "... *it may be lower because the K body weighs more...*" indicates that the p-prim of "*force as a mover*" affects the response. Referring to the shape of the body in Q3, one of the participants responded as "... *I did that the shape is important...*", and this response is associated by the author with a p-prim that can be expressed in

terms of *"figurative approach/shape of body"*. Similarly, the quotation of *"We can do the volume of K, the volume make it lift up..."* is associated with the p-prim of *"different body volume"* (Table 4). It is possible to state that this p-prim, which is first mentioned in this study, is related to the *"Ohm p-prim"* that diSessa suggests based on the Newtonian action-reaction forces and ohm's law. According to the *"Ohm p-prim"*, a naïve cognition tends to create a perception that *"the more resistance you encounter, the more force you generate"* (diSessa, 1993; 2002). From this point of view, all p-prims are directly or indirectly related to each other and emerge at different levels in similar context and question scenarios (Apaydin, 2014). Therefore, it can be suggested that the p-prims of *"figurative approach/shape of body"* and *"different body volume"* are indirectly related to the p-prims of *"force as a mover"* and *"the more..., the more..."* by diSessa. Evaluation of the findings in this direction is important in terms of demonstrating that similar contexts will activate similar p-prims and that p-prim may cause the emergence of new p-prims in the priority relation (diSessa, 1993; 2002).

It is possible to make similar comments when the findings of the graduate participants are evaluated (Table 5). For Q1, a typical quotation representing the participants reveals that there is even an internal inconsistency in this question in the association of inconsistency and p-prims. Also, when the first and second contexts in the related question are compared, it is seen that comments are made on both equality and inequality of forces (Table 4). Accordingly, the quotation of *"...it is equal according to the formula... the buoyancy force on the left side is less for me... the one in the floating position has more..."* summarizes this situation. In the quotation for Q2, the fact that the participant attributes a new meaning to the formula by stating that *"...if the density of the liquid in the first container is more than the density of the liquid in the second container, that is, let's say 3 to one, and let's say 2 to the other one, and the volumes of K and L substances are equal... Fk applied to substance K is 3a. Fk applied to the L substance is proportional to the sunken thing... Fk applied to it (the body L) becomes less..."* supports that s/he develops a *nominal form* with reference to its Sherin's (2001) symbolic forms. *Nominal forms*, first verbalized in this paper, represent semi-independent, complex and atomistic knowledge elements belonging to more experienced or semi-experienced individuals with context sensitivity just like p-prims. It is also possible to encounter some samples of *nominal form* in Q3, Q4, and Q7 contexts. The quotation of *"...Fk applied to the body M will be less... if their mass is equal and thrown into the same liquid and one is floating and the other is not, one has a higher volume or a lower density. Since the volume of the same thing will be larger, the volume of the sunken part can be equal to the volume of K... it may be equal, the Fk applied to the second body can be either large or small."* can also be considered as a *nominal form* sample since it contains an effort to interpret the formula although a citation in this form refers to the p-prim of "swimming". Moreover, the quotation of *"...Fk will increase since liquid density will increase and sunken body density will remain constant. If the body does not float, only if the position changes, but if the body floats and the sinking volume changes, then I have two variables, it can be equal..."* can also be considered as a sample of the *nominal form*, where the formula is interpreted at nominal language level for Q4. And, for the Q7 context, the quotation of *"...so let's say that you have expanded it to 10 cubic meters, 7 of this sank, and 3 was out of it. In order to increase the density, you have compressed the body up to 7... for once, because more buoyancy is applied to the*

sunken shape... also but on the left the volume is more, more Fk may be applied there...” is also a sample of *nominal form*. Apart from the *nominal form*, it is also possible to observe some samples of internal consistency in Q3, Q4, and Q7 contexts. For instance, such a quotation of *“...if their mass is equal and thrown into the same liquid and one is floating and the other is not, one has a higher volume or a lower density. Since the volume of the same thing will be larger, the volume of the sunken part can be equal to the volume of K... it may be equal, the Fk applied to the second substance can be either large or small...”* is very important in terms of showing the internal inconsistency emerging in the context of Q3. For the Q4 context, the quotation of *“...the substance of K will rise to the surface... Hmm... Volume will decrease (body), and density (liquid) will increase, but Fk will not change... Fk will increase since liquid density will increase and sunken body density will remain constant. If the body does not float, only if the position changes, but if the body floats and the sinking volume changes, then I have two variables, it can be equal...”* is a sample of internal inconsistency. Within the context of Q7, the quotation of *“...I say second one may be more... Hmm... I can say it can be equal... More Fk effect may be on the right one. The same force may be affecting both. More Fk effect may also be on the left one.”* corresponds to an internal inconsistency. When cognitive consistency is examined in terms of the whole set of questions, the existence of internal inconsistency samples in different questions indicates the presence of a cognitive inconsistency in the whole set of questions (Table 5).

When the cognitive status of graduate participants is evaluated in terms of p-prims, the presence of such different p-prims as *“force as a mover, the more ... the more, swimming, different body volume, different body density, and same liquid density same force (buoyancy)”* is determined apart from the *nominal forms* (Table 5). Accordingly, a quotation of Q1 that *“...the buoyancy force on the left side is less for me... the one in the floating position has more... that liquid is more intense...”* is a sample for the p-prims of *“force as mover”, “swimming”,* and *“the more liquid density the more force (buoyancy)”*. There are some more quotations in other question contexts that refer to the same p-prims. A quotation of *“...the density of M is lower since it is floating, and its volume is higher than K, that is, M has a large volume. But, I do not know how large it is from the body K... the volume of the sunken part multiplied by the density of the liquid may be equal to the volume of the body K by the density of the liquid. There is a possibility for equivalence here... If the sunken volume of the body M is less than the volume of the body K... Fk applied to the body M will be less...”* is available in Q3, and referring to the volume and density of the body in a context in which the mass should be considered as a variable supports the response under the effect of *“different body density”* and *“different body volume”* p-prims. In the quotation for Q5 that *“...the applied buoyancy forces are equal because the water is the same water and the density is the same... so, Fk is the same...”*, Fks are evaluated by referring to the identity of the liquid densities in the contexts where the sunken volume should be used as a variable. These responses can be associated with the presence of *“the same liquid density the same force (buoyancy)”*. Revealing that liquid density is a determining variable on Fk in the context of related questions, this p-prim can actually be associated with *“the more liquid density the more force (buoyancy)”* p-prim (Apaydin, 2014) and more generally with *“the more..., the more...”* p-prim (diSessa, 1993; 2002).

It can be seen that there is a cognitive inconsistency in the qualitative findings (Table 6) representing the research assistant/doctorate participants. Whereas there is a cognitive discrepancy for the whole set of questions, there are findings that support the presence of internal inconsistency for a single question context. It is also observed that the responses to all question contexts are generated under the effect of p-prims. It refers to the equality of Fks for both cases in the findings in the context of Q1 through a quotation “...Fk is the same. Depending on the density, they stay in the middle, top, or bottom... the density of the body is... Hmm... The applied buoyancy force is equal, its level changes according to the excess or lowness of the density of the body...”. However, in a context where only the mass should be evaluated as a variable, it can be stated that the response is under the effect of the “different body density” p-prim and implicitly “force as a mover” p-prim. In the comparison in the context of Q2, it is possible to determine that the inequality of the Fk is emphasized through the quotation of “...then, the buoyancy force of the one at higher level is higher... The density is the same, the mass is the same, and then, the buoyancy force is different...” and the p-prims like “force as a mover” and “swimming”. By the way, as can be seen very clearly in the context of Q2, all p-prim evaluations are carried out with the assumption that the participant makes a comparison under the effect of the figure in the context of the relevant question and reflects his or her comparison in this direction. In fact, the assumptions in this direction show themselves as data that corresponds to the responses. In the context of Q2, the quotation of “...then, the one at high...” is a qualitative data for “force as a mover” and “swimming” p-prims. A clear internal inconsistency is seen in the context of Q3, based on the quotation of “...Now, there are liquids, if the shapes affect the buoyancy force, the buoyancy forces are equal, and it is related to the shape... Now, if they have the same density and equal mass, the buoyancy forces are different because I know that the shape does not affect the buoyancy force.”. Besides, it can be stated that this response is generated under the effect of “figurative approach (shape of body)” p-prim. Whereas the quotation of “...buoyancy forces are equal... buoyancy forces are different...” refers to internal inconsistency, the quotation of “... is related to shape...” refers to the “figurative approach/shape of body” p-prim. As understood in Q4 from the quotation of “...the density increases. Naturally, when the density increases, I think that the buoyancy force in it will increase... Now, if the density is more, even if the buoyancy force remains the same, the liquid will go up with the density of the incoming substance... The buoyancy force will remain the same...”, there is also an internal inconsistency, and it can be stated that the p-prims of “force as a mover” and “the more liquid density the more force (buoyancy)” are directors. An equality relation is established in the context of Q5; however, the quotation of “...that is, the density of the body... Hmm... affects its condition in water...” supports the fact that the response is again generated under a p-prim effect (Table 6). In Q6 and Q7 contexts, it is possible to see that responses are generated under the effect of p-prims and that there is an internal inconsistency in particular in the columns of related questions in Table 6. In Q6 and Q7 contexts, it is possible for the reader to follow from Table 4 that the responses were created under the effect of “figurative approach, different body volume, different body density and the more body surface the less body pressure, force as a mover, swimming”. Supporting the related findings, Teichert, Tien, Anthony, and Rickey (2008) conclude that the conceptualizations of students at the molecular level are affected by context and that the consistency in their responses disappear. Hammer, Elby,

Scherr, and Redish (2005) argue that the differentiation of reasoning of students in different contexts cannot be explained by a direct transfer of a knowledge integrity learned or claimed to be learned in one context to another context, but they also state that it can be explained by the introduction of different cognitive resources. In a study examining the conceptualization of middle school students towards the concept of force, Ozdemir (2017) document that the participant interpretations of the concept of force are extremely context-sensitive and that different contextual samples trigger the unexpected and previously unrelated pieces of knowledge. In a study with 261 high school students from different schools, Khishfe (2017) conclude that the responses of students show inconsistency in socio-scientific issues with a high variety of context or samples and that the scientific concepts learned in the school environment cannot be consistently transferred to unfamiliar situations. Hamid, and Widodo (2017) state that the conceptualizations of students about the fact of electricity are affected by their daily experiences, and they suggest that they have a context-sensitive and quite inconsistent structure. It can be seen that all of the explanations based on the stated findings coincide with the p-prim approach proposed by knowledge in pieces theory structure of diSessa.

It is very important to repeat that there are participants who show consistency in the findings of the study. Again, these findings in this direction do not mean that participants do not generate responses under the effect of p-prim. Also, in the question patterns where cognitive consistency exists among the research assistant participants, it is observed that the responses are not scientific explanations and that the explanations are structured in the direction of p-prim. In the question patterns examining the relation between F_k and mass, one of the participants shows a cognitive consistency; however, he make unscientific explanations. Accordingly, although reference should be made to the equation of F_k due to the identity of the mass in the question samples in the first set of questions, the responses are generated owing to the change in the density of the liquid under the effect of *"the more liquid density the more force (buoyancy)"*, *"force as a mover"* and *"swimming"* p-prim. If the findings are detailed, a sample of cognitive consistency is observed for the questions Q1, Q2, Q3, and Q4, which constitute the first set of questions, by giving the response that F_k s in the second case is larger, but, the quotations of *"...density, I think the density there, the density of the substance in it..."* in Q1, *"...has pushed up the other more, and the other is hanging..."* in Q2, *"...then, the buoyancy force of the one at high is more..."* in Q3, and *"...it increases, I think it increases... because its density increases..."* in Q4 indicate that the explanations are created especially by the guidance of *"the more liquid density the more force (buoyancy)"*, *"force as a mover"*, and *"swimming"* p-prim (Table 6). At the same time, even in questions that are technically responded with accurate responses, one of the undergraduate students expresses that the F_k s are equal for Q5 and Q6, but it can be determined that scientific responses are generated under the control of a false justification. According to this, such quotations as *"...I think it is equal because the density of the liquid remains the same. Because the liquid is the same, the liquid already has a certain buoyancy force and applies to both equally... (same liquid density same buoyancy p-prim)"* and *"...N is on the surface because it is less, and K hangs because it is equal... (Force as a mover, swimming, different body density p-prim)"* in Q5 and the quotation of *"I think it's equal again because the liquid is the same. Regarding the positions, P is left at higher,*

its density is equal to the liquid, K is slightly lower, but both are hanged... (Force as a mover, swimming, and same liquid density same buoyancy p-prims)" in Q6 summarize that the participant is still under the effect of p-prims (Table 4). In other words, giving accurate responses cannot guarantee that p-prims do not affect. While the sunken volume should be directly associated in these question samples, and the responses should be justified by referring to the formal language ($F_k = V_b \rho_{\text{ps}}$ formula) which serves as coordination classes, the responses are generated under the control of "same liquid density same buoyancy" p-prim by referring to the similarity of the liquid density acting as p-prim and under the control of even "swimming and force as mover" by referring to positions. Similarly, stating that even students at university level science teaching still have material-based multiple thoughts about the sound fact, Eshach, Lin, and Tsai (2018) imply that there may be a p-prim-based orientation. Question contexts the students encounter may have a visual effect on that the participants create responses under p-prim guidance. As a matter of fact, p-prims can be evaluated as cognitive structures that act by the effect of visual themes encountered in daily life, that is, they are affected by the context quickly (diSessa, 1993; 2002). Before applying the TFA approach, McLure (2018) conclude that approximately half of the students have a cognitive structure regarding the concept of electric current in accordance with the theory-like knowledge theory structure and that a quarter of them show a structure in accordance with the theory of knowledge in pieces. In fact, knowledge in pieces structure theorists show a different approach to the finding by McLure. Referring to context sensitivity rather than knowledge in pieces theory structures in students, they state that the knowledge in pieces structures and hence p-prims-like cognitive structures may result from excessive context sensitivity. On the other hand, the knowledge structures of students may be relatively more consistent in the field of physics as well as in more theoretical disciplines that are not related to daily life and contextual diversity (Samarapungavan & Wiers, 1997). Furthermore, the claim that the knowledge structures of students in different fields can be relatively consistent (Chi & Slotta, 1993; Ioannides & Vosniadou, 2002; Reiner, Slotta, Chi & Resnick, 2000) is actually a confession that their knowledge structures are not consistent enough, that is, they are relatively inconsistent. Indeed, the fact that Jin et al. (2019) interpret the responses of the students which make up the study findings embarrassedly and relatively consistent can be considered as a sample for this.

It is also obtained that lecturer (the association professor of science teaching) who is the participant of the study, applies to the formal language and is not affected by any p-prims in giving responses to the questions (Table 7). The finding in this direction supports the approach of knowledge in pieces that cognitive inconsistency and the tendency to respond under the effect of p-prims are characteristic of naïve cognitions. With the knowledge in pieces theory, diSessa refers to the fact that the fact of learning and therefore conceptual change lead to the formation of consistent cognitive structures that evolve from naïve cognitive structures over time in the direction of inconsistent and p-prims. In this context, the participant of association professor puts forward the fact that the F_k fact will not change in the relevant contexts by operating the formal language for all other questions including balance states except for the 7th question. The responses to some question contexts are as follows:

For Q1;

Formal language

If $\rho_1 \neq \rho_2$,

$$F_{K1} = m g = V_{b1} \rho_1 g$$

And

$$F_{K2} = m g = V_{b2} \rho_2 g$$

»

$$V_{b1} \rho_1 = V_{b2} \rho_2$$

$$\text{»} F_{K1} = F_{K2}$$

In the formal language above, through a deduction that is made from the fact that F_k is equal to mass in equilibrium, the equality of F_k s is deduced for identical substances with different positions in two different contexts.

For Q4;

Formal language

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_2 > \rho_1$$

$$F_{K1} = m_{K1} g = V_{bK1} \rho_1 g$$

And

$$F_{K2} = m_{K2} g = V_{bK2} \rho_2 g$$

»

$$V_{bK1} \rho_1 = V_{bK2} \rho_2$$

»

$$F_{K1} = F_{K2}$$

In the analysis whose formal structure is given above, it is concluded that same quantity of F_k s are applied to the same body in two different contexts, but in balance position. As seen in this sample, a cognitive position in which formal language is used effectively can reach the explanation that is consistent with reality by using the opportunities offered by the relevant theoretical framework.

Another sample processes a context in which the sunken volumes are presented in case of balance. Accordingly, for Q6;

Formal language

$$V_K = V_P$$

$$F_K = m_K g = V_{bK} \rho g$$

And

$$F_P = m_P g = V_{bP} \rho g$$

»

$$V_{bk}\rho = V_{bp}\rho$$

»

$$F_{Kk} = F_{Kp}$$

In the balance position the result of the equality of the F_k s is obtained by the equality of the volumes and the sinking volumes of different bodies, and the equality of the liquid density and again the equality of multiplying of the sinking volume and the density of the liquid.

As can be seen in these samples, an expert cognition operates a context-independent reasoning in each context of the question, and so in different contextual situations, by effectively using a theoretical framework to explain the problem status regarding the fact of buoyancy force, and it achieves similar results. A consistent cognitive structure is presented thanks to the equality of the variables, which determine the buoyancy force, and the transfer of the balance position to the formal language. Consistency of a cognitive structure of expert against contextual change can be associated with such abilities as transferring a stable conceptual framework defined as coordination classes by diSessa (1993; 2002) to each context and to having an field-independent conceptual template (Clair-Thompson, Overton & Botton, 2010). Findings in this direction are very important in terms of clearly revealing the difference between the knowledge structures of students (naïve knowledge) and the knowledge structures of experts in a contextual questioning process. In one of the recent studies, Ozdemir (2017) has determined that the knowledge structures of the participating about physics present a knowledge in pieces structure and that the participants give responses under the effect of various p-prims. Accordingly, as diSessa, and Sherin (1998) suggest, when evaluated together with its interactional dimensions; the formula which is the formal language that defines the buoyancy force, is a theoretical concept and serves as a coordination class for an expert cognition. Coordination classes (diSessa & Sherin, 1998) consist of two basic components, and whereas the *readout strategies* refer to the capacity to determine what knowledge is related to an encountered factual situation, *causal net*, on the other hand, refers to the ability to draw conclusions by establishing a cause and effect relation based on the knowledge on the current factual situation. The factual situation or problem in this study is the buoyancy force. Conceptualization about the buoyancy force is a theoretical conceptualization, and the concepts or knowledges given regarding the related problem are mass (m) and sunken volume (V_b). Expert cognition shows the ability to establish the relation between the concepts (m) and (V_b) for the encountered problem, in other words, it is able to operate the *readout strategy*. The expert is able to construct a coherent cause-effect relation between these concepts and the buoyancy force simultaneously and/or sequentially and achieves accurate conclusions. Such a cognitive function is also considered as a *causal net*. The fact that all these relations can be operated consistently with reality is only provided by the fact that the $F_k = V_b \cdot \rho \cdot g$ equation can be used by the relevant expert as a coordination class. According to these findings and explanations, whereas the individuals (students or learners) with a naïve cognitive structure give inconsistent responses under the effect of p-prims, which are extremely context sensitive, have no conceptual stability, and have a semi-independent eclectic structure; an expert individual is

able to demonstrate the ability to produce consistent solutions in every context change, based on a stable conceptual framework defined by diSessa, and Sherin (1998) as coordination classes.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

Based on the findings of this study and inspired by Lawson (1995), a content knowledge should be created by taking into account the cognitive positions of students in basic education and secondary education science curricula and university level, and a scope structure that takes into account the internal content of content knowledge and process knowledge should be made within the scope of buoyancy of liquids.

It is very important to construct a language according to the cognitive positions of the students in the learning process. Almost every science concept can be evaluated at different cognitive levels; however, what is important here is the language to be applied. Associating a scientific terminology with pedagogy is to be aware of the “qualification” of the language that should be used at different cognitive levels in science teaching. In the earlier stages of cognitive development, the use of the *nominal language* means the construction of the cause-effect relation of the factual world through the verbal propositions that are created from the words of the natural language in relation to the science term (Halloun, 2006).

In the process, the creation of awareness by raising the ordinal and proportional relations at the nominal level dominated by words and reaching the formal language at further cognitive levels will positively affect the efficiency of the learning process. Such an interpretation also serves as a response to the criticism of Rowlands, Graham, Berry, and McWilliam (2007) to the theory of knowledge in pieces. Contrary to what Rowlands et al. assert, the students can be expected to have accurate reasoning for each concept of science that are appropriate for their cognitive level. Although Newton mechanics is a very theoretical field, if the accurate *nominal language* is used in the early stages of science learning, it will be easier for students to reach the accurate reasoning. It is possible to realize such a learning outcome by analyzing and determining the pre-conceptual cognitive structures in relation to p-prims that the students bring to the school environment. Knowledge in pieces theory tries to do just that. Such an approach can contribute to the development of the ability of learners to use science terms as coordination classes more effectively and in the early stages of cognitive development. As stated above, the studies of Eshach et al. (2018) conclude that even the students studying science at university level still have multiple material-based thoughts on the fact of sound and report that even being science-related at the university does not eliminate naïve structures. According to the authors, this situation is related to the fact that the students are interested in only mathematical, that is, in the formal language, and it is suggested that the fact that the students encounter with different representations in terms of sound conceptualization will result in meaningful learning. It is seen that the relevant evaluation is in harmony with the interpretation in this study of the progressivity of the languages that should be used in science teaching.

It is possible to argue that the use of contextual question situations displayed in this study in teaching / learning processes and even associating them with experimental processes in conjunction with these contexts will also lead to the emergence of other p-primes, and thus manipulating experimental activities will accelerate formal language development. In fact, Ozdemir (2017) conducts a study on knowledge structures of secondary school students related to the fact of force through an investigation process that exemplifies the different contextual situations, accompanied by concrete questions. The researcher also suggests that an investigation into different and familiar situations involving the fact of force triggers their reasoning as well as contributing to the creation of other p-prims by the students. A finding in this direction presents a sample of that the contextual investigation processes used in this study in teaching/learning processes for science concepts will contribute to the development of consistent conceptualizations. The study related to science teaching based on science history by Stinner, and Williams (1993) supports such an interpretation in this direction. The relevant authors argue that formal textbook-based education cannot eliminate the prescientific views of students. Based on this view, they claim that the contextual teaching-learning processes based on the history of science, which transcend the algorithm-recitation technique, can lead to meaningful learning that purposes to improve both reasoning skills and content knowledge.

Referring that the intuitive knowledge of students is in pieces, even Theory like theory theorist Vosniadou (2019) emphasizes the importance of student awareness of their intuitive knowledge so that an effective science teaching can be carried out. Moreover, according to the author, science teaching should support not only reasoning skills of the students but also their practical skills. Such an approach in this direction is in line with the implications and recommendations based on the findings of this study on how science teaching processes should be.

ETHICAL TEXT

In this article, journal writing rules, publishing principles, research and publishing ethics rules, journal ethics rules are followed. Responsibility belongs to the author (s) for any violations related to the article. Ethics Committee Approval is the decision of Ondokuz Mayıs University Social and Human Sciences Ethics Committee dated 30.10.2020 and dated 2020/661.

REFERENCES

- Apaydin, Z. (2014). The knowledge structures about buoyancy concept of secondary school students: Phenomenological primitive flotation. *Education and Science*, 39(174), 402-424. <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3258>
- Apaydin, Z., Akman, E., Tas, E., & Peker, Aymen, E. (2014). Analysis of knowledge structures about light concept of first level elementary students according to conceptual change theories. *Journal of Computer and Educational Research*, 2(3), 44-68.

- Apaydin, Z., Cobanoglu, E. O., & Ergul, S. (2018). Change! physical or chemical? phenomenological analysis of secondary school 7th grade students' structure of knowledge related to the concepts of physical and chemical change. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 9(33), 1919-1953.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press.
- Chi, M. T. H. (1988). Children's lack of access and knowledge reorganization: An example from the concept of animism. In F. Weinert, & M. Perlmutter (Eds.), *Memory development: Universal changes and individual differences* (pp. 169-194). Erlbaum.
- Chi, M.T.H., & Slotta, J.D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 249-260. <https://www.jstor.org/stable/3233728>
- Chi, M. T. H., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3–27). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Chiou, G. L., & Anderson, R. (2010). A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology–process analysis. *Sci. Ed.*, 94, 825-854. <https://doi.org/10.1002/sce.20385>
- Clair-Thompson, H. St., Overton, T., & Botton, C. (2010) Information processing: a review of implications of Johnstone's model for science education. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 131- 148. <https://doi.org/10.1080/02635141003750479>
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24, 467–563. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_3
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of research in science teaching*, 33, 407-431. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199604\)33:4<407::AID-TEA4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199604)33:4<407::AID-TEA4>3.0.CO;2-W)
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008>
- diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (1998) What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191. <https://doi.org/10.1080/0950069980201002>
- diSessa, A. A. (2002). Why "conceptual ecology" is good idea. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 29-60). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900. <https://doi.org/10.1016/j.cogsci.2004.05.003>

- Dole, J. A., & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist, 33*(2-3), 109-128.
<https://doi.org/10.1080/00461520.1998.9653294>
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Pergamon.
- Duit, R. H., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*(6), 671-688.
<https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Eshach, H., & Schwartz, J. L. (2006) Sound stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education, 28*(7), 733-764.
- Eshach, H., Lin, T., & Tsai, C. (2018). Misconception of sound and conceptual change: a cross sectional study on students' materialistic thinking of sound. *Journal of Research in Science Teaching, 55*, 664-684.
- Förtsch, C. Dorfner T., Baumgartner J., Werner S., Kotzebue L., & Neuhaus B. J. (2020). Fostering students' conceptual knowledge in biology in the context of german national education standards. *Res Sci Educ 50*, 739-771. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9709-8>
- Furuta, T. (2000). The impact of generating spontaneous descriptions on mental model development. *Journal of Science Education and Technology, 9*(3), 247-256. <https://doi.org/10.1023/A:1009495601365>
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learner's knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education, 22*(1), 57-88. <https://doi.org/10.1080/095006900290000>
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education, 22*(1), 1-11, <https://doi.org/10.1080/095006900289976>
- Guzetti, B., & Hynd, C., Eds. (1998). *Perspectives on conceptual change*. Lawrence Erlbaum.
- Halloun, (2006). *Model theory in science education*. Springer.
- Hamid, R., & Widodo, A. (2017). Students' conceptual change in electricity. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR), 57*, 48-52.
<https://drive.google.com/file/d/0B7n6W8g9wAuvU0IIN1dpZ1U5YnM/view>
- Hammer, D. M., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp. 89-120). Information Age Publishing.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 55-87.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P)
- Hewson, P. W. (1992). *Conceptual change in science teaching and teacher education*. National Center for Educational Research.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.459.7855&rep=rep1&type=pdf>

- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (1991). *The development of the concept of force in Greek children*. [Conference presentation]. Biennial meeting of the European Society for Research on Learning and Instruction, Turku, Finland.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5–61. https://www.researchgate.net/publication/241128731_The_Changing_Meanings_of_Force/citations
- Ivarsson, J., Schoultz, J., & Säljö, R., (2002). Map reading versus mind reading: revisiting children's understanding of the shape of the earth. In M. Limón, & L. Mason (eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (p. 77-100). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- Jin, H., Zhan L., & Anderson, C. W. (2013). Developing a fine-grained learning progression framework for carbon-transforming processes. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1663–1697. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.782453>
- Jin, H., Rijn, P., Moore, J. C., Bauer, M. I., Pressler, Y., & Yestness, N. (2019). A validation framework for science learning progression research. *International Journal of Science Education*, 41(10), 1324-1346. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1606471>
- Jung, W. (1993). Uses of cognitive science to science education. *Science & Education*, 2 (1), 31-56. <https://doi.org/10.1007/BF00486660>
- Khishfe, R. (2017). Consistency of nature of science views across scientific and socio-scientific contexts, *International Journal of Science Education*, 39(4), 403-432. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1287976>
- Kirbulut, Z. D., & Beeth, M. E. (2013). Consistency of students' ideas across evaporation, condensation, and boiling. *Research in Science Education*, 43, 209-232. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9264-z>
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Watsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 906-1018. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200011\)37:9<996::AID-TEA8>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200011)37:9<996::AID-TEA8>3.0.CO;2-J)
- Lee, V., Krakowski, M., Sherin, B., Bang, M., & Dam, G. (2006). *Methodological challenges for identifying and coding diverse knowledge elements in interview data*. [Conference presentation]. The 2006 Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- Leppävirta, J. (2012). The effect of naïve ideas on students' reasoning about electricity and magnetism. *Res. Sci. Educ.*, 42,753–767. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9224-7>
- Liu, X., & MacIsaac, D. (2005). An investigation of factors affecting the degree of naïve impetus theory application. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 101-116. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2738-x>
- Mason, L. (Ed.). (2001). Instructional practices for conceptual change in science domains. *Learning and Instruction*, 11, 259–429.

- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McLure, F. I. (2018). *A Critical Evaluation of the Thinking Frames Approach as a Teaching Strategy for Multidimensional Conceptual Change in the Science Classroom* [Unpublished doctoral dissertation]. Curtin University.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- Nadelson, L. S., Heddy, B. C., Jones, S., Taasobshirazi, G., & Johnson, M. L. (2018). Conceptual Change in Science Teaching and Learning: Introducing the Dynamic Model of Conceptual Change. *International Journal of Educational Psychology*, 7(2), 151-195. <https://doi.org/10.17583/ijep.2018.3349>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, 163-183. <https://doi.org/10.1007/BF00869953>
- Ozdemir, G. (2007). Öğrencilerin kuvvet kavramına ilişkin bilgi yapılarının bir analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8, 37-54.
- Ozdemir, G., & Clark D. B. (2009). Knowledge structure coherence in turkish students' understanding of force. *Journal Of Research In Science Teaching*, 46,570–596. <https://doi.org/10.1002/tea.20290>
- Ozdemir, G. (2017). Utilizing concrete manipulatives in contextually distinct situations to assess middle school students' meanings of force. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(3), 187-202. <https://doi.10.18404/ijemst.99659>
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. B. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167–199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>
- Posner, G. J., Strike. K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci. Educ.*, 66, 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi M. T. H., & Resnick, L. B. (2000). Naïve physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1-34. https://doi.10.1207/S1532690XCI1801_01
- Reinfried, S., & Tempelmann S. (2014). The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, 36(2), 304–333. <https://doi.10.1080/09500693.2013.773598>
- Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 235-276. https://doi.10.1207/s15327809jls0203_1
- Rowlands, S., Graham, T., Berry, J., & McWilliam, P. (2007). Conceptual change through the lens of newtonion mechanics. *Sci Educ*, 16, 21-42. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-1339-7>

- Rusanen, A. (2014). Towards to an explanation for conceptual change: a mechanistic alternative. *Science & Education*, 23, 1413-1425. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9656-8>
- Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M., Eds. (1999). *New perspectives on conceptual change*. Pergamon.
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19, 479–541. https://doi.10.1207/S1532690XCI1904_3
- Samarapungavan, A., & Wiers, R. W. (1997). Children’s thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2), 147-177. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(99\)80021-4](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(99)80021-4)
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85, 328-348. <https://doi.org/10.1002/sce.1013>
- Stinner, A., & Williams, H., (1993). Conceptual change, history, and science stories. *Interchange*, 24, 87-103. <https://doi.org/10.1007/BF01447342>
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. Duschl, R. Hamilton (eds.), *Philosophy of science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147-176). Suny Press.
- Teichert, M. A., Tien, L. T., Anthony S., & Rickey D. (2008). Effects of context on students’ molecular-level ideas. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1095-1114. <https://doi.10.1080/09500690701355301>
- Turcotte, S. (2012). Computer-supported collaborative inquiry on buoyancy: A discourse analysis supporting the “pieces” position on conceptual change. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 808-825. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-012-9368-x>
- Tytler, R. (1998). Children's conceptions of air pressure: Exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20, 929-958. <https://doi.org/10.1080/0950069980200803>
- Ueno, N. (1993). Reconsidering p-prims theory from the viewpoint of situated cognition. *Cognition and Instruction*, 10, 239–248. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649010>
- Vaiopoulou, J., & Papageorgiou, G. (2018). Primary students’ conceptions of the Earth: Re-examining a fundamental research hypothesis on mental models. *Preschool and Primary Education*, 6(1), 23-34. <http://dx.doi.org/10.12681/ppej.14210>
- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, 219-237. <https://doi.org/10.1080/0022027910230302>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45 – 70. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.541.5078&rep=rep1&type=pdf>
- Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction*, 6, 95-109. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(96\)00008-4](https://doi.org/10.1016/0959-4752(96)00008-4)

- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61-76). Kluwer Academic Publishers.
- Vosniadou, S. (2007). *The conceptual change approach and its re-framing*. In S. Vosniadou, A. Baltas, & X. Vamvakoussi (Eds.), *Advances in learning and instruction series. Reframing the conceptual change approach in learning and instruction* (p. 1–15). Elsevier Science.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67. <http://www.jstor.org/stable/1170356>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- Vosniadou, S., & Matthews, D. B. (1992). *Elementary school children's comprehension of science text*. [Conference presentation]. The annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Vosniadou, S., & Kempner, L. (1993). *Mental models of heat*. [Conference presentation]. The biennial meeting of the Society for Research in Child Development, New Orleans.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90022-1)
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230. <https://doi.10.1080/0950069980201004>
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, F. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419. [https://doi.10.1016/S0959-4752\(00\)00038-4](https://doi.10.1016/S0959-4752(00)00038-4)
- Yildirim, A., & Simsek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seckin Yayınları.

SUYUN KALDIRMA KUVVETİNE YÖNELİK KAVRAMSAL DEĞİŞİM TEORİLERİ BAĞLAMINDA GÖRÜNGÜBİLİMSEL BİR İNCELEME

ÖZ

Araştırma beş lisans, altı lisansüstü, üç araştırma görevlisi ve bir alan öğretim üyesi olmak üzere toplam on beş katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı, katılımcıların suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik düşüncelerini, görüngübilimsel yöntemle çözümlenmektedir. Katılımcılar, suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik bir grup spesifik soru eşliğinde klinik görüşme sürecine dahil edilmişlerdir. Her bir katılımcıyla yaklaşık yirmi dakikalık bir görüşme gerçekleştirilmiş ve katılımcıların yanıtlarına göre doğaçlama sondaj sorular yönlendirilerek; bireylerin ilgili kavrama yönelik kapsamlı düşüncelerinin ne olduğu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Araştırmanın ham nitel verileri, kavramsal değişim teorilerinden diSessa'nın parçalı bilgi yapısı teorisine ve Vosniadou'nun teori benzeri bilgi yapısı teorisine göre çözümlenmiştir. Özellikle lisansüstü ve araştırma görevlisi katılımcıların yanıtlarında bir tutarsızlık belirlenmiştir. Bu yöndeki bir bulgu, diSessa'nın parçalı bilgi yapısı teorisine uyumludur. Alan uzmanı öğretim üyesi katılımcının yanıtlarının ise, tutarlı ve Vosniadou'nun teori benzeri bilgi yapısı teorisine uyumlu belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları ve sonuçları sınıf içi öğretme-öğrenme süreçlerine gönderme yapacak ve fen eğitiminde kullanılan deneysel etkinlik içeriklerinin niteliğine katkıda bulunacak biçimde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fen Eğitimi, suyun kaldırma kuvveti, kavramsal değişim teorileri, görüngübilimsel ilkseller.

GİRİŞ

Fen öğretiminde kavramsal değişim ve kavram temelli öğrenme, yaklaşık 50 yıldır üzerinde bilimsel araştırma çalışmaları yapılan bir alandır (Duit ve Treagust, 2003). Hewson'a (1992) göre, kavramsal değişim düşüncesini fen eğitimi alanında etkin bir biçimde kullanan ilk yazarlar; 1982'de fizik eğitiminde Posner, Strike, Hewson ve Gertzog ve 1985'de biyoloji eğitiminde Carey'dir. Hewson (1992), Amerikan Eğitim Araştırmaları Birliğinin de 1983 yılında başlattığı yıllık etkinliklerle, kavramsal değişim düşüncesinin gelişmesinde önemli bir katkısı olduğunu belirtmektedir. Bu sürecin ilk yıllarında çalışmaların temel yönelimi; fen öğrenme sürecindeki güçlüklerin ve öğrencilerin taşıdığı öncü kavram ya da kavramsallaştırmaların belirlenmesi şeklinde gerçekleşmiştir (Mayer, 2001). Yirminci yüz yılın ilk yarısına kadar dahi götürülebilecek bu süreçte, özellikle eğitim bilimciler, biliş bilimciler ve alan eğitimcileri daha çok bütünleştirici ve kapsayıcı tek bir öğrenme teorisi geliştirmenin arayışı içinde olmuşlardır (Mayer, 2001; Nersessian, 1989). Nersessian'a (1989) göre, bütüncül bir öğrenme teorisi ya da daha özelden bir kavramsal değişim teorisi ileri sürebilmek için; bir bilim alanındaki kapsayıcı temel bir kavrama yönelik kavramsallaştırma sürecinin tüm ayrıntılarıyla analizi gereklidir. Ancak günümüze daha yakın araştırma ve derleme niteliğindeki çalışmalar, öğrenme olgusuyla ilgili her tür öğrenmeyi içine alan, bir meta-teorinin geliştirilemeyeceğini ileri sürmektedirler (Mayer, 2001).

Öğrencilerin bilişlerindeki kavramsal yapıyı değiştirmeye yönelmek; temel olarak bilişsel öğrenme teorilerinin konu alanını oluşturmaktadır. Mevcut kavramsal değişim teorilerinin Piaget'ci bilişsel gelişim teorisi ve yapılandırmacı öğrenme teorisinden etkilendiğini ifade etmek olasıdır. Duit (1999), fen eğitimi dışındaki diğer alanlarda gerçekleştirilen çalışmaların da yapılandırmacı öğrenme teorisinden çok etkilendiğini belirterek; bu yaklaşımı desteklemektedir.

Kavramsal değişim olgusuyla ilgili zaman içinde çeşitli teorik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Her ne kadar bu teorilerin birbirleriyle ortak noktaları olsa da; her birinin kavramsal değişime yönelik özgün yaklaşımlar getirdikleri ifade edilebilir. Buna göre Carey'nin (1985) yeniden yapılandırma teorisi, Piaget'in bilişsel gelişim teorisinden farklı olarak; çocukların tamamen bağlamdan bağımsız ve alana yönelik içerik bilgisi öğrenmeleri ile akıl yürütme becerilerini sınırlandıran evrensel bir bilişsel gelişime sahip olmadıklarını ileri sürmektedir. Bu teoriye göre, öğrencilerin geliştirdikleri yeni zihinsel yapılandırmaların niteliği, alan bilgisinin giderek artmasıyla ve alan bilgisine aşinalıkla ilgilidir. Carey, iki farklı yapılandırma ön görmekte olup; zayıf yapılandırmaların, basit bir kavram yanılığını düzeltme; kuvvetli yapılandırmaların ise, tıpkı Kuhn'da olduğu gibi yeni bir kavramsal çerçeve, teori ya da paradigma kurgulama olduğunu ileri sürmektedir. Roschelle'in (1992) yakınsak kavramsal değişim teorisi, işbirlikli öğrenme süreciyle kavramsal değişim sürecini bütünleştirmeye yönelik bir yapı kurgulamaktadır. Dinamik kavramsal değişim modeline göre (Nadelson, Heddy, Jones, Taasobshirazi ve Johnson, 2018); kavramsal değişimin nirengi noktası, öğrencilerin benzer olguyla ilgili çoklu bir kavramsallaştırmaya sahip olduğu kabulüdür. Nersessian'a (1989) göre de, fenedeki temel kavramlarının öğretilmesinin önündeki en önemli zorluklardan biri kavramsal yapının büyük ölçüde bağımsız ve fakat birbiriyle ilişkili alt bileşenlerden oluşan karmaşık doğasıdır. Bir diğer benzer kavramsal değişim teorisi bilginin bilişsel

olarak yeniden yapılandırılması modeline göre ise, öğrencilerin karakterleriyle iletilerin (öğrenilecek olan kavramların) karakterleri arasındaki pozitif korelasyonun, öğrenmeyi veya kavramsal değişimi kolaylaştıran bir faktör olduğu ileri sürülmektedir (Dole ve Sinatra,1998). Bununla birlikte Strike ve Posner (1992) da, kavramsal değişim teorilerini yeniden kurgularken; benzer bir yaklaşımla öğrencilerin duyuşsal yapılarının, kavramsal ekolojilerinin önemli bir parçası olduğunu kabul etmişlerdir. Bağlantılı olarak Pintrich, Marx ve Boyle (1993) ise Posner ve ark.'nın (1982) salt bilişsel boyuta gönderme yapan kavramsal değişim teorilerine yönelik önemli bir kritik geliştirmişlerdir. Buna göre yazarlar, kavramsal değişim sürecinde sosyal bağlam ve motivasyon faktörlerinin oldukça önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yine Duit ve Treagust (2003) birçok araştırma sürecinin (Guizetti ve Hynd, 1998; Mason, 2001; Schnotz, Vosniadou ve Carretero, 1999; Vosniadou, 1994) kavramsal değişimi tek boyutlu değerlendirmeye çalıştığını belirterek; epistemoloji, ontoloji veya sosyal-duyuşsal boyutların birlikte değerlendirilmesinin önemine vurgu yapmışlardır.

Tüm bu açıklamalardan sonra aşağıdaki paragraflarda, fen eğitiminde görece daha öne çıkmış teorik yaklaşımlar detaylandırılacaktır.

Posner ve ark.'nın (1982), Chii ve Roscoe'nun (2002), Ivarsson, Schoultz ve Säljö'nün (2002) ve özellikle çalışmamıza teorik zemin teşkil edecek olan Vosniadou'nun (1994) ve diSessa'nın (1993) ileri sürdüğü teoriler günümüzde kavramsal değişim sürecini açıklamaya çalışan hakim teoriler olarak değerlendirilebilirler. Posner ve arkadaşlarının (1982) kavramsal değişim sürecini açıklamaya çalışan kavramsal ekoloji teorisi; sürecin bilişsel yetersizlik sonucu ortaya çıkan hoşnutsuzluk (dissatisfaction) algısıyla başladığını ileri sürmektedir. Hoşnutsuzluk terimi daha çok duyuşsal öğrenme alanına gönderme yapan bir terim olup, öğrenme sürecini tetikleyen olgusal koşulların özellikle hem bilişsel hem de duyuşsal öğrenme alanlarıyla ilişkili olduğunu da ima etmektedir. Bu bağlamda Posner ve arkadaşlarının (1982) teorik yaklaşımında yapılandırmacı öğrenme teorisinden izler görülebilir. Öyle ki yapılandırmacı öğrenme teorisine göre, öğrenme mental dengesizlikle başlar; bilişsel uyumsama ile sonlanır. Süreç bireysel bilişdeki değişime daha çok gönderme yaptığı için; Piaget'nin bilişsel gelişim teorisinin bağlamdan bağımsız yapısını çağrıştırdığı belirtilebilir. Yukarıda da ifade edildiği gibi Posner ve arkadaşları (1982) benzer kavramsal değişim teorilerinin çoğunda olduğu gibi, kavramsal yapının aniden değişiminden çok, bir sürecin varlığını ileri sürmektedirler. Kavramsal değişimi aşamalı ve birbirini önceleyen koşullara bağlamaları, bu durumun kanıtı niteliğindedir. Öğrencilerin bireysel deneyimlerinden kazandıkları ve çoğu zaman bilimsel kavramlarla çelişen öncü kavramsallaştırmaları; ancak yeni kavramlar anlaşılır, mantığa uygun, yeni problemlerin çözümünde daha kullanışlı ve uygulanabilir olduğunda değişime uğrayabilirler. Bu durum bir sürece işaret etmektedir. Nitekim Duit ve Treagust (2003) kavramsal değişimi, öğrencilerin öğretim öncesi kavramlarının bilimsel kavramlarla yer değiştirmesi olarak algılamayıp; bilimsel kavramların kazanılması için öğretim öncesi kavramların yeniden yapılandırılması olarak ifade etmektedirler. Böyle bir yaklaşım öğretim öncesi kavramlardan hareketle bilimsel kavramların öğrenilmesiyle ilgili bir yola yani bir sürece gönderme yapmaktadır.

Chi ve Roscoe'nun (2002) kavram yanılışı onarım teorisi, kavramsal değişim teorisi olarak daha çok ontolojik bir yaklaşım sergilemektedir. Buna göre öğrencilerin kavramsallaştırmalarıyla bilim insanlarının kavramsallaştırmaları arasında ontolojik bir farklılık bulunmaktadır. Öğrenciler çoğu zaman bilimin süreç temelli olgularını madde temelli bir ontolojik algıyla kavramsallaştırmaktadırlar. Fizikteki elektrik akımı ve termal denge olgusu, Kimyadaki kimyasal denge olgusu ve biyolojideki kalıtım, biyolojik adaptasyon, biyotik ve abiyotik çevre etkileşimi ve doğal seçim gibi olgular süreç temelli olgular oldukları halde, öğrenciler tarafından, ne yazık ki ders kitapları ve öğretmenlerin de katkılarıyla madde temelli statik olgular olarak kavramsallaştırılmaktadırlar. Böylece öğrenciler, kavramları kategorilendirme hatasına (miscategorization) düşmektedirler. Bu teorik yaklaşıma göre doğru kavramsallaştırmanın ya da istenen kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için; yanlış kategorilendirilmiş kavramların doğru kategorilerle ilişkilendirilmesi veya yeni kategorilerin oluşmasına imkân verilmesi gereklidir.

Ivarsson, Schoultz ve Säljö (2002) kavramsal değişimi sosyo-kültürel bir süreç olarak değerlendirmişlerdir. Buna göre, öğrenciler sosyal bir ortamda bilişsel (kavramsal terimler), fiziksel ve grafik yapılar şeklinde temsil edilen yeni materyallerle tanışır ve böylece bu materyallerle etkileşimleri ölçüsünde yeni kavramsal yapılar oluştururlar. Bu teorik yaklaşım, öğrenme sürecini ve dolayısıyla yeni kavramsallaştırmaları insan bilişinin sosyalleşmesi olarak değerlendirmektedir. Bilişsel yapının değişimini, sosyal ortama gönderme yaparak açıklamaya çalışmak; Vygotsky'nin sosyo-kültürel öğrenme teorisini çağrıştırmaktadır. Vygotsky'ye göre, öğrenme bireyin bilişinin içsel değişiminden çok; öğrenmenin en önemli aracı olan dilde oluşan, dolayısıyla sosyal ortamda etkileşimle gerçekleşen bir sürece karşılık gelir. Ivarsson ve ark.'larına (2002) göre, amaçlanan kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için; bireylerin uygun bilişsel araçlara (kavramsal terimler) ve fiziksel araçlara gereksinimi vardır. Bundan dolayı kavramsal değişim, uygun bir sosyal ortamda (okul/sınıf ortamı v.b.), uygun bir rehberlikle, yeterlilik olarak sergilenmesi amaçlanan bilişsel ve fiziksel araçları kullanabilme ustalığı biçiminde değerlendirilebilir.

Vosniadou'nun (1994; 1996 ve 2002) kavramsal değişime yönelik geliştirdiği sentetik anlam veya teori benzeri bilgi yapısı teorisi, öğrencilerin; bilim eğitimine maruz kalmadan önce, bilimin konusunu oluşturan olgulara yönelik deneyimlerinden hareketle oluşturduğu; kararlı yapılar olarak kendini gösteren ilkin kavramlara sahip olduklarını ileri sürmektedir. Buna göre, örgün eğitim sürecinde, ilgili olgulara yönelik bilimsel kavramsallaştırmalarla karşılaşan öğrenciler; her yaşı ve bilişsel düzeyi karakterize eden sentetik kavramlar oluştururlar. Öyle ki bu kavramlar, tıpkı bilim insanlarının teorik yapıları gibi belirli bir dönem için tutarlılık arz eden; neredeyse monolitik yapıdadırlar. Bu yapılar birer teorik çerçeve gibi davranırlar. Vosniadou'nun teorisine göre, aynı olguya ait farklı bilişsel düzeylerdeki, farklı sentetik kavramların yavaş yavaş bilimsel kavramsallaştırmalara yerini bırakması şeklinde gerçekleşen bir kavramsal değişim mevcuttur. Örneğin kuvvet kavramına yönelik okul öncesi dönemde, öğrenciler içsel (internal) kuvvet kavramsallaşmasına sahipken; ilkokulun ilk yıllarındaki öğrencilerin bilişsel yapılarının içsel kuvvet kavramı ile sadece hareketli cisimlerde bulunan kazanılmış kuvvet kavramını birlikte içerdiği; ortaokulda yine daha çok kazanılmış kuvvet kavramını

bulundurduğu ve daha ileri bilişsel düzeylerde ise itme-çekme kuvvetleriyle (Newton mekaniğine ait formel kuvvetler) melezleşmiş kazanılmış kuvvet kavramını ve kütle çekim kuvveti kavramını birlikte içerdiği belirlenmiştir (Ioannides ve Vosniadou, 2002; Vosniadou ve Brewer, 1992; 1994). Özetle Vosniadou'nun (1994) geliştirdiği teorik açıklamaya göre, öğrenciler belirli bir dönem için tutarlılık sergileyen; başka bir ifadeyle bağlam ya da olgusal örnek değişse de değişim göstermeyen; istikrarlı alternatif kavramsallaştırmalara sahiptirler. Bu teorik yaklaşım, öğrencilerin eski ve çoğunlukla bilimsel olmayan kavramsallaştırmalarını tamamen ortadan kaldırmanın olası olmadığını ileri sürmektedir. Bundan dolayı kavramsal değişim, belirli dönemler için tutarlılık gösteren melez yapıların değişimi sürecinden ibarettir.

diSessa'nın (1993) parçalı bilgi yapısı teorisi, kavramsal değişimi farklı yorumlayarak, öğrencilerdeki naif, öncü bilgilerin zaman içinde düzeltilerek bilimsel bilgiye dönüştüğü bir sürece gönderme yapar. Bu durumun nedenini, Vosniadou'nun (1994) teorisinden farklı olarak; öğrencilerin bilişsel yapılarının parçalı, bağlamsal tutarsızlığa sahip naif düşünce birimlerinden oluştuğunu ileri sürerek açıklar. Buna göre naif kavramlar, monolitik ve apaçık bir teorik çerçeve sınırına sahip değildir. Naif kavramsal yapı birbiriyle ilişkili, benzer olgusal örneklerde çağrışımsal olarak birbirlerini tetikleyebilecek, aşırı bağlam duyarlı ve henüz kavramsal düzeyde dahi temsil edilemeyen yapılardan oluşur. Bu yapılar görüngübilimsel ilkseller/phenomenological primitives (g-ilkseller/p-prims) olarak adlandırılırlar. Görüngü bilimsel ilkseller, naif bir kavramsal yapıyı eklemli hale getiren; her bağlam değişikliğinde kavramın farklı eklemelerinin harekete geçmesini sağlayan; dolayısıyla öğrencilerin bilişsel yapılarının olgusal örnekler değiştikçe değişmesine ve tutarsızlık sergilemesine neden olan yarı bağımsız naif düşünce birimleri olarak değerlendirilebilirler. Bu teorik yaklaşıma göre ise, araştırmaya konu kavramla ilgili bir görüngübilimsel soruşturma sürecinde, öğrencilerin yanıtları, bağlam ya da örnek sorular değiştikçe değişim göstermektedir.

Son olarak, özellikle diSessa, Gillespie ve Esterly'nin (2004) ve Ioannides ve Vosniadou'nun (2002) kuvvet kavramına yönelik çalışmalarının, yukarıda anılan diSessa ve Vosniadou yaklaşımlarının birer kamp oluşturmasını ivmelendirdiğini belirtmek; çalışmamızın konusuna atıfla yerinde bir tespit olacaktır.

Alanyazın

Alanyazın, hem Vosniadou hemde diSessa kamplarının teorik yaklaşımlarına uygun çalışmalar içermektedir. Buna göre, Vosniadou'nun (1994) kavramsal değişim teorisi ile uyumlu bir hayli çalışma örneği verilebilir (Chi, 1988; Chinn ve Brewer, 1993; Eshach, Lin ve Tsai, 2018; Greca ve Moreira, 2000; Harrison, Grayson ve Treagust, 1999; Ioannides ve Vosniadou, 1991; Ioannides ve Vosniadou, 2002; Jung, 1993; Nersessian, 1989; Vosniadou, 1991; Vosniadou ve Brewer, 1987; 1992; Vosniadou ve Matthews, 1992; Vosniadou ve Kempner, 1993; Vosniadou, & Brewer, 1994; Vosniadou, & Ioannides, 1998; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, & Papademetriou, 2001; Vosniadou, Baltas ve Vamvakoussi, 2007). Bununla birlikte fen öğretimi alanyazınında, çalışmamızın teorik çerçevesini oluşturan diSessa'nın (1993) parçalı bilgi yapısı teorisi (theory of knowledge in pieces) ve g-ilksellerle (p-prims) uyumlu yani öğrencilerin bilgi yapılarının tutarsızlık gösterdiğine yönelik

oldukça fazla araştırma bulgusunun varlığı da dikkat çekmektedir (Apaydın, 2014; Apaydın, Akman, Taş ve Peker, 2014; Apaydın, Çobanoğlu ve Ergül, 2018; Chiou ve Anderson , 2010; Clark, 2006; Furuta, 2000; Galili ve Hazan, 2000; Hamid ve Widodo, 2017; Jin, Zhan ve Anderson, 2013; Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler ve Yestness, 2019; Khishfe, 2017; Kirbulut ve Beeth, 2013; Leppavirta, 2012; Liu ve MacIsaac, 2005; McLure, 2018; Özdemir, 2007; 2017; Özdemir ve Clark, 2009; Reinfried ve Tempelmann, 2014; Southerland ve ark., 2001; Turcotte, 2012; Tytler, 1998).

Aşağıda ilgili araştırmalara yönelik bulgular özetlenmektedir. Buradan hareketle öncelikle diSessa'nın (1993) daha çok teorik nitelik taşıyan monografisinin nitel verilerini sağlayan öğrenci grubunun, parçalı bilgi yapısı teorisine uygun yanıtlar ortaya koyduğunu belirtmek gerekir. diSessa, özellikle bu çalışmanın bulgularını phenomenological primitive (p-prim) kavramıyla ilişkilendirmiştir. Alanyazında, Demastes, Good ve Peebles'ın (1996) çalışmaları da, öğrencilerin evrim teorisine yönelik kavramsallaştırmalarının, parçalı bilgi yapısında olduğunu destekler niteliktedir. Yine Tytler (1998), öğrencilerin hava basıncına ilişkin açıklamalarının üzerinde, madde ve hava olgularına yönelik bireysel deneyimlerinin büyük önemi olduğunu vurgulamış ve bu türden naif açıklamaların parçalı bilgi yapısı teorisini destekler nitelikte olduğunu ileri sürmüştür. Furuta'ya ait (2000) mental model gelişimine yönelik bir çalışma, öğrencilerde süreç içinde gelişen bilişsel farklılıklara odaklanmış, bir deneysel etkinlikte farklı öğrenme düzeylerinde kalan öğrencilerin farklı bilişsel yapılar sergilediğini belgelemiştir. Bulgulara göre, başarılı olmayan öğrencilerin bir mental model yapısına sahip olmadıkları ortaya konmuştur. Galili ve Hazan (2000), lise öğrencileri ve öğretmen lisesi öğrencileriyle gerçekleştirdikleri bir çalışmada öğrencilerin, düz aynada görüntü oluşumu konusunda bir hiyerarşi sergileyen alternatif bilgi yapılarına sahip olduklarını belgelemişlerdir. Southerland ve ark. (2001) bir diğer çalışmada, öğrencilerin biyolojik olgularla ilgili kavramsallaştırmalarının daha çok parçalı bilgi yapısı teorisine açıklanabilir bir nitelikte olduğunu ortaya koymuşlardır. Başka bir çalışmada, Liu ve MacIsaac (2005), Newton Mekaniğine yönelik katılımcıların hem tutarlı yanıtlar oluşturduğunu hem de tutarsız yanıtlar verdiğini ifade etmişlerdir. Bağlama yani sorunun içeriğine yönelik bir aşinalığın yanıtların tutarlılığını etkilediği; katılımcıların aşına oldukları sorulara tutarlı, aşına olmadıkları sorulara ise tutarsız yanıt verdiklerini belirtmişlerdir. Yazarlar, ayrıca g-ilkseller ve daha tutarlı mental modeller ile üzerinde geniş bir uzlaşma sağlanmış bilimsel teoriler arasında bir nitelik ilişkisinden ziyade; bir nicelik veya derecelilik ilişkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Clark (2006) da, termodinamik kavramıyla ilgili olarak, öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarına yükledikleri anlamların parçalı bilgi yapısı teorisine ve g-ilksellerle daha iyi açıklanabilir olduğunu belirlemiştir. Yine Özdemir (2007; 2017) ve Özdemir ve Clark'ın (2009) farklı dönemlerde yayınladıkları araştırma raporlarında, öğrencilerin farklı bağlamlarda kuvvet kavramına yükledikleri anlamların parçalı bilgi yapısı teorisine uyumluluğu belirlenmiştir. Chiou ve Anderson (2010), fizik ana dal öğrencileriyle yürüttükleri bir çalışmada, katılımcıların yanıtlarıyla ilgili bulguların her ne kadar Vosniadou and Brewer'ın (1992) teorileriyle uyumlu olduğunu belirtse de; öğrencilerin bir mental model çerçevesinde kestirimde (prediction) bulunamadıklarını ve aslında büyük oranda parçalı bilgi yapısına uygun naif kavramsallaştırmalara sahip olduklarını ima etmişlerdir. Çalışmada ilgili naif kavramların diSessa'nın g-ilksellerine (diSessa,1993; 2002 ve diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004) benzer davranış sergileme potansiyeline

de dikkat çekilmiştir. Turcotte (2012) çalışmasında öğrencilerin bir bilimsel olguyla ilgili açıklamalarını, yeni ve farklı bir bilimsel olguyu açıklamakta kullanabildiklerini göstermiştir. Çalışmada, serbest düşme, paraşütün serbest düşme üzerindeki etkisi ve hava direnci gibi kavramsallaştırmalar, suyun kaldırma kuvveti ve yüzme kavramlarıyla naif bir biçimde ilişkilendirilmişlerdir. Bu bulgu, parçalı bilgi yapısı teorisi ve g-ilksel kavramsallaştırmalarına daha yakındır. Leppavirta (2012), elektrik ve magnetizma kavramlarına yönelik çalışmasında, katılımcıların naif kavramsallaştırmalarının ne parçalı bilgi yapısı teorisini ne de teori teori'yi desteklemediğini ileri sürmüştür. Çalışmada diSessa 'nın ileri sürdüğü "Newtonien Ohm Yasası" g-ilkseli'nin tutarlılığı üzerinden bulgular değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak da Ohm g-ilkseli'nin özellikle Ohm yasasıyla ilgili elektrik kavramına yönelik soruların yanıtlanmasında tutarlı bir biçimde kullanıldığı belirtilmiştir. Kirbulut ve Beeth'in (2013) ABD'de yürüttükleri bir çalışmada da lise öğrencilerinin bir kısmının buharlaşma, kaynama ve yoğunlaşma kavramlarıyla ilgili bilgi yapılarının parçalı bilgi yapısı teorisiyle uyumluluğu belgelenmiştir. Jin, Zhan ve Anderson (2013) ilkököl ve liseye kadar farklı sınıf düzeylerindeki öğrencilerle gerçekleştirdikleri bir çalışmada, öğrencilerin akıl yürütme süreçlerinin görece olarak tutarlılık sergilediğini belgelemişlerdir. Apaydın (2014), ortaokul 8. sınıf öğrencileriyle yürüttüğü çalışmasında; öğrencilerin suyun kaldırma kuvvetine yönelik bilgi yapılarının, parçalı bilgi yapısı teorisine uygun olduğunu ortaya koymuştur. Reinfried ve Tempelmann (2014), ortaokul öğrencileriyle sera etkisi ve küresel ısınma kavramlarına yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma, mental model temelli olmasına rağmen, öğrencilerin bir kısmında tutarsızlık sergileyen ve bağlamsal duyarlılığa sahip öncü kavramsallaştırmaların varlığına yönelik bulgular da ortaya koymuştur.

Yakın dönem çalışmalarından birinde Eshach, Lin ve Tsai (2018) farklı sınıf düzeylerinden öğrencilerin, ses olgusuna yönelik kavramsallaştırmalarının madde ya da materyal temelli olduğunu ifade etmişler; ancak katılımcıların materyal temelli ses kavramsallaştırmalarının tutarlı olduğunu belirtmekle birlikte g-ilksel'e de göndermede bulunmuşlardır. Aynı şekilde, Özdemir (2017) ortaokul öğrencilerinin kuvvet kavramına yönelik kavramsallaştırmalarını değerlendirmeye yönelik bir çalışmada, Khishfe (2017) farklı okullardan 261 lise öğrencisiyle gerçekleştirdiği bir diğer çalışmada ve Hamid ve Widodo (2017) öğrencilerin, elektrik olgusuyla ilgili kavramsallaştırmalarına yönelik çalışmalarında; katılımcıların bilişsel tutarsızlık gösterdiğini ve yanıtlarına g-ilkselin yön verdiğini belgelemişlerdir. McLure (2018) ise, TFA yaklaşımını uygulamadan önce, elektrik akımı kavramına yönelik öğrencilerin yaklaşık yarısının teori benzeri bilgi yapısı teorisine uygun bir bilişsel yapıya sahip olduklarını; dörtte birinin ise parçalı bilgi yapısı teorisine uygun bir yapılandırma sergilediklerini bulgulamıştır. Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler ve Yestness (2019) fen öğrenme sürecinde öğrencilerin farklı örnek durumlara farklı açıklama düzeylerinde yanıt verdiklerini belirlerken; akıl yürütmelerinin de çeşitlilik arz ettiğini göstermişlerdir. Bulgulara göre sonuç olarak, her ne kadar literatüre göre, farklı iki kamp bulunsun da bir çok çalışma ve dolayısıyla araştırmacı; parçalı bilgi yapısı ve teori benzeri bilgi yapısı teorilerinin semantik ayrımının tam anlamıyla yapılamadığını da ileri sürmektedirler (Sherin, Krakowski, Lee, Bang ve Dam, 2006).

Yukarıdaki paragraflarda belirtildiği gibi Dünya'da özellikle fen öğretimi süreçlerinde kavramsal değişim teorilerinin ortaya koyduğu dinamiklerden yararlanılmakta ve bu dinamiklere göre program ve ders kitabı

içerikleri oluşturulmaktadır (Förtsch, Dorfner, Baumgartner, Werner, Kotzebue ve Neuhaus, 2018; National Research Council, 2012, p.230). Bu durum öğretmenlerin sınıf içi davranışlarını da yönlendirmektedir. Bu bağlamda oldukça yaygın bir araştırma süreci devam etmektedir. Bununla birlikte fen öğretimi kapsamında, özellikle kavramsal değişim teorilerine yönelik Türkiye kökenli yayın sayısı ise oldukça azdır (Apaydın, Akman, Taş ve Peker, 2014; Apaydın, 2014; Apaydın, Çobanoğlu ve Ergül, 2018; Özdemir, 2007; Özdemir ve Clark, 2009). Bundan dolayı, lisansüstü öğrenciler ve üniversite araştırma görevlilerinin ve fen eğitimiyle ilgili bir öğretim üyesinin katılımıyla gerçekleştirilen ve suyun kaldırma kuvveti hakkında kavramsallaştırmaları çözümlenmeye yönelik çalışmamızın; öncelikle Türkiye'deki fen eğitimi alan yazınına ve uluslararası alan yazına program ve ders içeriklerinin oluşturulması süreçlerinde katkılar sunabileceği düşünülmektedir.

YÖNTEM

Çalışma, nitel bir araştırma olup, görüngübilimsel (olgubilimsel) bir desene sahiptir. Görüngübilimsel desen, farkında olduğumuz, ancak derinlikli ve ayrıntılı bir anlayışa sahip olmadığımız olguları araştırma konusunda, önemli avantajlar sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Yazarların belirttiği gibi;

Olgular yaşadığımız dünyada; olaylar, deneyimler, algılar, yönelimler, kavramlar ve durumlar gibi çeşitli biçimlerde karşımıza çıkabilmektedirler. Bu olgularla günlük yaşantımızda çeşitli biçimlerde karşılaşabiliriz. Ancak bu tanışıklık, olguları tam olarak anladığımız anlamına gelmez. Bize tümüyle yabancı olmayan, aynı zamanda da tam anlamını kavrayamadığımız olguları araştırmayı amaçlayan çalışmalar için olgubilim uygun bir araştırma zemini oluşturur (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 69).

Böylelikle, olgulara ilişkin kavramlarımızın ilksel temellerini gün ışığına çıkartmak, örtük olanı, gizli olanı deşifre etmek olası hale gelir (Creswell, 1998). Çalışmamızda katılımcıların suyun kaldırma kuvvetine ve yüzme kavramlarına ve birbirleriyle olan örtük ilişkilerine yönelik algıları konu edinildiği için, derinlikli çözümlenmelere izin veren görüngübilimsel desen tercih edilmiştir.

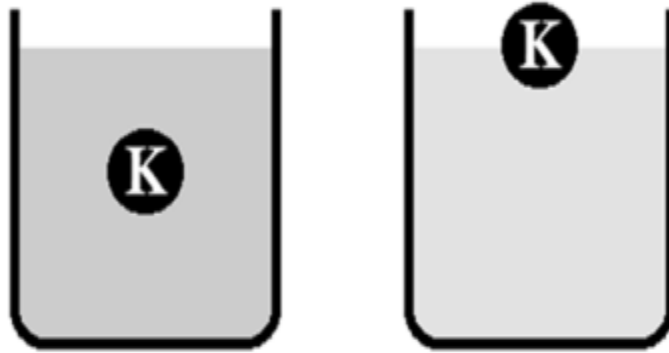
Katılımcılar

Çalışmanın katılımcılarını, Türkiye'de Karadeniz Bölgesindeki bir üniversiteden beş lisans öğrencisi, üçü araştırma görevlisi kadrosunda bulunan 9 lisansüstü öğrenci ve öğretim üyesi oluşturmaktadır. Çalışmanın lisans düzeyindeki katılımcıları 2017-2018 eğitim öğretim yılı güz yarıyılı fen ve teknoloji dersine kayıtlı öğrencilerdir. Lisansüstü grup aynı yarıyılıda Eğitim Bilimleri Enstitüsünde, Temel Eğitim Anabilim Dalı, Sınıf Eğitimi yüksek lisans programına kayıtlı ve "Öğrenme, Kavramsal Gelişim ve Bilim Eğitimi" dersini almakta olan öğrencilerdir. Araştırma görevlileri, aynı enstitünün aynı anabilim dalı ve programında kayıtlı ve ders aşamasını bitirmiş olan doktora öğrencileridir. Fen eğitimcisi katılımcı ise Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi anabilim Dalında öğretim üyesidir.

Veri Toplama Aracı, Verilerin Toplanması ve Analizi

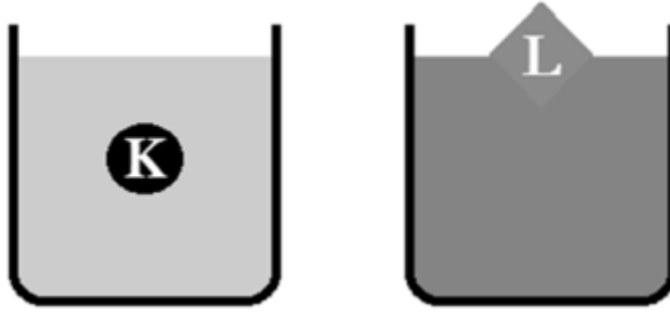
Klinik görüşmelerde kullanılan veri aracı, 7 adet sorudan oluşmaktadır. Ginsburg (1997), klinik görüşme yönteminin araştırmacıya; süreci anlama, amaç doğrultusunda oluşturulmuş etkinliklerle işe başlama, "neden, nasıl" sorularını sorma, bireyin açıklamalarına görüşme sırasında anında yanıt verme, hipotez oluşturma ve hipotezi anında test etme, doğaçlama yapma ve zaman sınırlaması olmadan çalışma olanaklarını sunduğunu belirtmiştir. Belirtilen avantajlarından dolayı bu araştırmada, klinik görüşme tercih edilmiştir. Veri aracının geçerliği için uzman görüşü alınmıştır. Katılımcıların düşüncelerinin önceden oluşturulmuş farkı bağlamalarla ilişkilendirilmesi, araştırmacı dışında bir uzman tarafında da irdelenmiştir. Bu anlamda, ham veride tekrarlanan katılımcı yanıtlarıyla suyun kaldırma kuvveti/kütle ile suyun kaldırma kuvveti/batan hacim bağlamalarını ilişkilendirmede iki uzman arasında, Miles-HUberman'ın (1994) " $\Delta = C \div (C + \partial) \times 100$ " formülü kullanılarak .89 oranında bir görüş birliği belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda suyun kaldırma kuvvetine yönelik farklı soru bağlamları ve ilişkili temel kavramsal açıklamalara yer verilmiştir.

Sunumda öğrencilerden, her bir sorudaki durumları yorumlamaları istenmiştir. Sorularda suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik farklı görsel bağlamlar oluşturulmuştur. Bu bağlamlardan biri, kaldırma kuvveti-kütle ilişkisine yönelik sorulardan oluşan birinci soru seti ve diğeri ise kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisine yönelik ikinci soru setidir. Böylece katılımcıların aynı kavramla ilgili farklı soru bağlamlarında yanıtlar oluşturmalarına fırsat sağlanmıştır. İlgili sunum ve uygulama soruları aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Birinci Soru

Soru 1) Şekilde farklı yoğunluktaki sıvılara K cismi bırakılıyor. Bu cisme her iki durumda da uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?



Şekil 2. İkinci Soru

Soru 2) Şekilde farklı yoğunluktaki sıvılara eşit kütleli K ve L cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?



Şekil 3. Üçüncü Soru

Soru 3) Şekilde aynı yoğunluktaki sıvılara eşit kütleli K ve M cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?



Şekil 4. Dördüncü Soru

Soru 4) Şekildeki sıvıda dengede duran bir K cismi bulunmaktadır. Bu sıvıya, kaptaki sıvıdan daha yoğun bir sıvı eklenince K cismine etki eden kaldırma kuvvetinin son durumu ne olur? Neden?



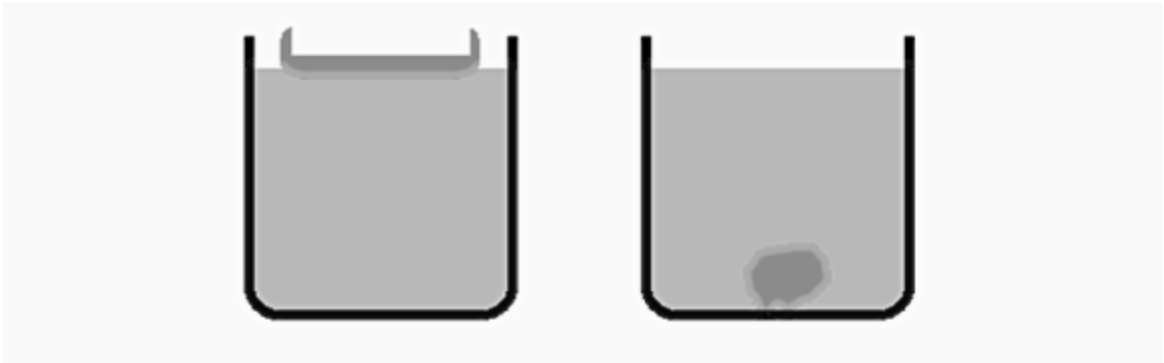
Şekil 5. Beşinci Soru

Soru 5) Şekildeki sıvıya eşit batan hacimli K ve N cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?



Şekil 6. Altıncı Soru

Soru 6) Kaptaki sıvıya askıda kalacak şekilde eşit hacimli K ve P cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?



Şekil 7. Yedinci Soru

Soru 7) Şekildeki oyun hamurundan yapılan kayık yüzmektedir. Aynı kayık sıkıştırılıp tekrar kaba atıldığında dibine batmaktadır. Bu kayığa her iki durumda da uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Bu uygulamalar yapılırken “ne demek istiyorsun?” ve “biraz daha açar mısın?” şeklindeki sorularla, katılımcıların yanıtlarının arkasındaki temel düşünce yapılarına ulaşmaya çalışılmıştır. Bütün görüşmeler, araştırmacı tarafından video kaydına alınmış ve kayıtların transkripsiyonu yapıldıktan sonra görüşme kayıtlarının analizine başlanmıştır.

Verilerin analizinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Temel olarak katılımcıların farklı bağlamlardan oluşan sorulara verdikleri yanıtlarda, bilişsel bir tutarlılık ve diSessa'dan hareketle görüngübilimsel ilkseller (phenomenological primitives) aranmıştır. Katılımcıların yanıtlarını gerekçelendirdiği açıklamalardan alıntılar yapılmıştır. Bilişsel tutarlılık ve g-ilksellerin belirlenmesine yönelik diSessa'nın kavramsallaştırmalarından ve analiz yönteminden yararlanılmıştır (diSessa, 1993 ve 2004).

Yanıtlarda Tutarlılık: Benzer ya da aynı bilişsel yapının bütün soru bağlamlarında çözüm önerisi olarak kullanılması; yani bütün sorulara aynı yanıtın verilmesidir. Bilişsel tutarsızlık ise sorulara farklı yanıtların verilmesidir.

Nominal Formlar: Yazar tarafından önerilen ve Sherin'in (2001) sembolik formları ile diSessa'nın (1993) g-ilksellerine atfen geliştirilen bir terimdir. Nominal formlar; formel dili temsil eden matematiksel bağıntı veya eşitliklerin, doğal dilin sözcükleri ve/veya sözel terimlerle önermesel düzeyde ifade edilmesidir. Nominal form düzeyindeki önermeler, problem niteliğindeki bir olguya yönelik geliştirilmiş bağıntı ya da eşitliklerin naif bilişlerce yeniden ve çoğunlukla bilimsel açıklamanın/formülün anlamından uzak olarak yorumlanmasıdır.

Görüngübilimsel İlkseller (g-ilkseller): Yazar tarafından "phenomenological primitives" teriminin Türkçeye çevrilmesiyle oluşturulan bir terimdir. Buna göre g-ilkseller; farklı soru bağlamlarında ortaya çıkan ve verilen yanıtın gerekçesini oluşturan sağ duyu bilgisi biçimindeki bilgi parçalarıdır. G-ilkseller, günlük deneyimlerimizle ilgili tatmin edici; çoğunlukla doğruymuş hissi uyandıran yanıtlar oluştururlar. Bu bilgi yapıları, çoğunlukla bilimsel/formel bilgiyle uyumlu değillerdir ve her bağlamsal (aynı içeriğe yönelik farklı sorular/problem durumları) değişiklikte sezgisel ve cevapları yönlendirici olarak ortaya çıkarlar. Böylesi bir durum da bilişsel tutarsızlığa neden olur.

Tablo 1. Soru Bağlamlarıyla İlişkili Temel Kavramlar

	Kütle	Cismin Hacmi	Batan Hacim	Sıvının Yoğunluğu
1. Farklı Yoğunluktaki Sıvılarda Özdeş Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	İki özdeş cismin kütleleri de aynı olacağından onlara etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.

Tablo 1. (devamı)

2. Farklı Yoğunluktaki Sıvılarda Eşit Kütleli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Eşit kütleli farklı cisimlere etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
3. Aynı Yoğunluklu Sıvılarda Eşit Kütleli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Eşit kütleli farklı cisimlere etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Bu soruda denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için cisimlerin kütle verisi yeterlidir	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
4. Sıvıya Eklenen Daha Yoğun Bir Sıvının Cisme Uyguladığı Kaldırma Kuvveti	Karışımın yoğunluğunun artması özdeş cisme uygulanan kaldırma kuvvetinin niceliğini değiştirmez	Bu soruda özdeşlik ve kütle verisi denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Bu soruda özdeşlik ve kütle verisi denge durumundaki cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Sıvının yoğunluğun artmasının kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
5. Aynı Sıvıda Eşit Batan Hacimli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Eşit batan hacimli cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetleri eşittir.	Bu soruda batan hacim verisi cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Bu soruda batan hacim verisi cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Bu soruda sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
6. Aynı Sıvıda Eşit Hacimli Askıda Kalan Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Eşit batan hacimli cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetleri eşittir.	Bu soruda batan hacim verisi cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Bu soruda batan hacim verisi cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Bu soruda sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
7. Oyun Hamurundan Yapılan Oyuncak Gemiyi Batırma	Bu soruda batan hacim verisi önemlidir.	Bu soruda batan hacim verisi cisimlere etkiyen kaldırma kuvvetinin belirlenmesi için yeterlidir.	Hamurun batan hacmi azaldığı için dibe batmıştır ve kaldırma kuvveti buna bağlı olarak azalmıştır.	Bu soruda sıvının yoğunluğu kaldırma kuvvetinin belirlenmesinde bir değişken değildir.

BULGULAR

Tablo 2'de çalışmada yer alan katılımcıların bilişsel tutarlılıkları verilmektedir.

Tablo 2. Katılımcıların Suyun Kaldırma Kuvvetine Yönelik Bilişsel Tutarlılıkları

Katılımcılar	İki Farklı Kısım İçin Bilişsel Tutarlılık					
	I. Kısım		II. Kısım		Her İki Kısım İçin Bilişsel Tutarlılık	
	Tutarsız	Tutarlı	Tutarsız	Tutarlı	Tutarsız	Tutarlı
Lisans	5	-	1	4	5	-
Yüksek Lisans	4	2	6	-	6	-
Araştırma Görevlisi	2	1	2	1	3	-
Öğretim Üyesi	-	1	-	1	-	1
					Toplam	Toplam
Toplam	11	4	9	6	14	1

Tablo 2'ye göre, suyun kaldırma kuvveti-kütle ilişkisini (I. Kısım) sorgulayan problem bağlamlarına verilen yanıtlarda toplamda 11 katılımcı bilişsel tutarsızlık sergilerken; 4 katılımcı bilişsel tutarlılık sergilemiştir. Suyun kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisini (II Kısım) sorgulayan problem bağlamlarına yönelik ise, 9 katılımcı tutarsızlıkla yanıt verirken; 6 katılımcı tutarlılık yanıtlarında tutarlılık göstermişlerdir. Tabloda farklı katılımcı düzeylerinin bilişsel tutarlılık durumları da verilmiştir. Her iki kısım için bilişsel tutarlılık bulgusu ise öğretim üyesi hariç, tüm katılımcılar için tutarsızlık lehindedir.

Tablo 3. Katılımcıların Sergilediği Görüngübilimsel İlkeller¹ (Phenomenological Primitives²)

Katılımcılar	G-İlkseller
Lisans	Hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet (suyun kaldırma kuvveti), aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, cismin şekli/biçimi.
Yüksek Lisans	Yüzme, hareket ettirici kuvvet, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, figürsel yaklaşım (cismin şekli/biçimi), nominal form.
Araştırma Görevlisi (Doktorant)	Hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, figürsel yaklaşım (cismin şekli/biçimi), farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, Ne kadar fazla yüzey alanı o kadar az cisim basıncı
Öğretim Üyesi	G-ilksel yok

1: Kısaltması, G-İlkseller

2: Kısaltması, P-Prims

Tablo 3'te katılımcıların yanıtlarında sergilediği g-İlkseller verilmiştir.

Tablo 4. Lisans Düzeyindeki Katılımcılara Yönelik Yanıtlar, G-İlkseller ve Alıntılar

Yanıtlar	G-İlkseller	Alıntılar
S1 Yanıt: $F_{K2} > F_{K1}$	Hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet	...Yoğunluk ne kadar fazlaysa, kaldırma kuvveti o kadar artıyor...
S2 Yanıt: $F_{K1} > F_{K2}$	Hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet	... L cisminin bulunduğu sıvının yoğunluğu diğerinden fazladır... Kaldırma kuvveti artıyor.... L daha yukarıdaydı...
S3 Yanıt: $F_{K1} = F_{K2}$	Figürsel yaklaşım (cismin şekli/biçimi), aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim hacmi	... Şeklin önemli olduğunu şey yaptım.... Hocam eşit yoğunluk.... K'nın hacmini şey yapabiliriz hacim kaldırır...
S4 Yanıt: $F_{K2} > F_{K1}$	Ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet hareket ettirici kuvvet Fk artar... sıvının yoğunluğu arttığı için hocam.... K cismi yükselir....
S5 Yanıt: $F_{K1} = F_{K2}$	Hareket ettirici kuvvet	...K cisminin ağırlığı daha fazla olduğu için daha aşağıda olabilir
S6 Yanıt: $F_{K1} > F_{K2}$	Hareket ettirici kuvvet K'nın ağırlığı daha fazla.... P ile eşit yerde olmaması.... K'ya uygulanan kaldırma kuvveti daha fazladır.
S7 Yanıt: $F_{K1} = F_{K2}$	Farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi oyun hamurunu sıkınca yoğunluk artar mı?... yüzey alanı.... Ağırlığı eşit olduğu için...

Tablo 5. Yüksek Lisans Düzeyindeki Katılımcılara Yönelik Yanıtlar, G-İlkseller ve Alıntılar

Yanıtlar	G-İlkseller	Alıntılar
S1 Yanıt $F_{K2} > F_{K1}$ $F_{K1} = F_{K2}$ İçsel bilişsel tutarsızlık	Ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, hareket ettirici kuvvet, yüzme,	... Akdenizin yoğunluğunu Karadenizden daha fazla olması.... Akdenizin cisme uyguladığı Fk Karadenizden daha fazla olur... Formüle göre eşit olur.... sol taraftaki kaldırma kuvveti daha az bana göre... yüzen pozisyonda olanın daha fazla... o sıvı daha yoğun.... yoğunlukları farklı olsa da etki eden kuvvet aynı cisim aynı öz kütleyle sahip olduğu için eşit yani kaldırma kuvveti o daha fazladır o daha azdır.... ikisine aynı etkiyi yapıyor

Tablo 5. (devam)

S2 Yanıt	$F_{K_K} > F_{K_L}$	Nominal form, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet hareket ettirici kuvvet.	... eğer ki birinci kaptaki sıvının öz kütlesi ikinci kaptaki sıvının öz kütlesinden faylıysa yani birine 3 diyelim birine 2 diyelim K ve L cisimlerinin hacimleri eşitse... K cismine uygulanan F_K 3a olur. L cismine uygulanan F_K ise yine batan şeyle orantılı şeyle orantılı.... ona (L cismine) uygulanan F_K daha küçük olur.
S3 Yanıt	$F_{K_K} = F_{K_M}$, $F_{K_K} > F_{K_M}$, $F_{K_K} < F_{K_M}$, İçsel bilişsel tutarsızlık	Nominal form, yüzme, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, hareket ettirici kuvvet M yüzdüğüne göre yoğunluğu düşük yani hacmi daha fazla, büyük bir hacmi var M cisminin ama K cisminin ne oranda büyük onu bilmiyorum... batan kısmının hacminin sıvının öz kütlesiyle çarpımı K cisminin hacminin sıvının öz kütlesiyle çarpımına eşit olabilir... burada bir eşitlik ihtimali var... M cisminin batan hacmi K cisminin hacminden küçükse... M cismine uygulan F_K daha az olur.... kütleleri eşitse ve aynı sıvıya atılıp biri yüzüp diğeri yüzmüyorsa birinin hacmi daha fazladır ya da yoğunluğu daha düşük aynı şey hacmi daha büyük olacağı için batan kısmının hacmi K'nın hacmine eşit olabilir.... eşit de olabilir, ikinci cisme uygulanan F_K büyük de olabilir, küçük de olabilir.
S4 Yanıt	$F_{K_{K1}} = F_{K_{K2}}$ $F_{K_{K2}} > F_{K_{K1}}$ İçsel bilişsel tutarsızlık	Hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, nominal form.	... yoğunluğu K cismini kaldıracak şekilde artacaktır... ııı... K cismi yüzeye çıkacaktır... F_K 'yı dengeleyecek şekilde yüzecektir bir kısmı... ııı... hacim azalacaktır (body) yoğunluk (liquid) artacaktır ama F_K değişmeyecektir.... Yoğunluğun d sıvı artacak d batan sabit kalacağı için F_K artacaktır. Eğer cisim yüzmese konumu değişirse sadece ama cisim yüzer ve batan hacmi değişirse o zaman iki değişkenim oluyor eşit de olabilir (symbolic form)
S5 Yanıt	$F_{K_K} = F_{K_N}$	Hareket ettirici kuvvet, (yoğunluğun eşitliğine atıf da, dolaylı olarak bu p-prim'e atıftır), aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet	...Kaldırma kuvvetleri uygulanan kaldırma kuvvetleri eşittir; çünkü su aynı su yoğunluğu aynı... F_K da aynı...
S6 Yanıt	$F_{K_K} = F_{K_P}$	Aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet.	... Sıvı yoğunluğu sabit... F_K 'lar eşit...

Tablo 5. (devam)

S7 Yanıt	$Fk_2 > Fk_1$ $Fk_1 = Fk_2$ İçsel bilişsel tutarsızlık	Nominal form, yüzme, farklı cisim yoğunluğu	İkinci fazla da olabilir derim... ııı... eşit de olabilir derim... yani diyelim ki 10 metre küp 10 a kadar genişlettiniz hacmi bunun 7 si battı 3 ü dışarıda. Yoğunluğu arttırmak için de cismi sıkıştırdınız orada 7 ye kadar sıkıştırdınız 10 du.... Bu sefer batmış olan şekle daha fazla kaldırma kuvveti hacim daha fazla olduğu için orada orda daha fazla Fk uygulanıyor olabilir.... Sağdakine daha fazla Fk etki ediyor da olabilir. İkisine aynı kuvvet etki ediyor da olabilir. Soldakine daha fazla Fk da etki ediyor olabilir.
----------	--------------------------------------------------------------	---------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tablo 6. Araştırma Görevlileri (Doktorant) Katılımcılara Yönelik Yanıtlar, G-İlkseller ve Alıntılar

Yanıtlar	G-İlkseller	Alıntılar
S1 Yanıt	$Fk_{K1} = Fk_{K2}$	Hareket ettirici kuvvet, farklı cisim yoğunluğu.
S2 Yanıt	$Fk_{K2} > Fk_{K1}$	Hareket ettirici kuvvet, yüzme.
S3 Yanıt	$Fk_{K1} = Fk_{K2}$, Fk'lar farklıdır, İçsel bilişsel tutarsızlık	Figürsel yaklaşım (cismin şekli/biçimi)
S4 Yanıt	$Fk_{K2} > Fk_{K1}$, $Fk_{K1} = Fk_{K2}$, İçsel bilişsel tutarsızlık	Hareket ettirici kuvvet, Ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet
S5 Yanıt	$Fk_K = Fk_N$	Farklı cisim yoğunluğu
S6 Yanıt	$Fk_K = Fk_P$, $Fk_K \neq Fk_P$ İçsel bilişsel tutarsızlık	Figürsel yaklaşım, Farklı cisim hacmi, farklı cisim yoğunluğu.

Tablo 6. (devamı)

S7 Yanıt	$Fk_1 = Fk_2$, $Fk_2 \neq Fk_1$ İçsel bilişsel tutarsızlık	Figürsel yaklaşım, Ne kadar çok cisim yüzey alanı o kadar az cisim basıncı, Hareket ettirici kuvvet, yüzme,	O zaman şekli etkiliyor kaldırma kuvvetinin eşit olduğunu düşünüyorum, birinin yüzeyde kalıp birinin batmasına da yüzey alanı genişledikçe uygulayacağı basınç daha azalıyor... III ... sivri bir şeyin uygulayacağı basınç...III...basınç daha küçük ya, onun uygulayacağı basınç daha fazla olacağı için o batmıştır diyorum öteki daha geniş olduğu için de uygulayacağı basınç daha az olduğu için sıvının içinde daha yüzeyde kalmıştır diyorum
----------	-------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tablo 7. Öğretim Üyesi Katılımcıya Yönelik Yanıtlar, G-İlkseller ve Alıntılar

Yanıtlar	G-İlkseller	Alıntılar
S1 Yanıt	$Fk_{K1} = Fk_{K2}$	G-ilksel yok
		Formel Dil: $m_1 = m_2$ $\rho_1 \neq \rho_2$ $Fk_{K1} = m_1g = V_{b1}\rho_1g$ $Fk_{K2} = m_2g = V_{b2}\rho_2g$ » $V_{b1}\rho_1 = V_{b2}\rho_2$ » $Fk_1 = Fk_2$
S2 Yanıt	$Fk_K = Fk_L$	G-ilksel yok
		Formel Dil: $m_K = m_L$ $\rho_1 \neq \rho_2$ $Fk_K = m_Kg = V_{bK}\rho_1g$ $Fk_L = m_Lg = V_{bL}\rho_2g$ » $V_{bK}\rho_1 = V_{bL}\rho_2$ $Fk_K = Fk_L$
S3 Yanıt	$Fk_K = Fk_M$	G-ilksel yok
		Formel Dil: $m_K = m_M$ $\rho_1 = \rho_2$ $Fk_K = m_1g = V_{bK}\rho g$ $Fk_M = m_2g = V_{bM}\rho g$ » $V_{bK}\rho = V_{bM}\rho$ » $Fk_K = Fk_M$
S4 Yanıt	$Fk_{K1} = Fk_{K2}$	G-ilksel yok
		Formel Dil $m_1 = m_2$ $\rho_2 > \rho_1$ $Fk_{K1} = m_Kg = V_{bK1}\rho_1g$ $Fk_{K2} = m_Kg = V_{bK2}\rho_2g$ » $V_{bK1}\rho_1 = V_{bK2}\rho_2$ » $Fk_{K1} = Fk_{K2}$

Tablo 7. (devamı)

S5 Yanıt	$F_{K_K} = F_{K_N}$	G-ilksel yok	Formel Dil $V_{bK} = V_{bN}$ $F_{K_K} = m_{K_K}g = V_{bK}\rho g$ $F_{K_N} = m_{N_N}g = V_{bN}\rho g$ » $V_{bK}\rho = V_{bN}\rho$ » $F_{K_K} = F_{K_N}$
S6 Yanıt	$F_{K_K} = F_{K_P}$	G-ilksel yok	Formel Dil $V_K = V_P$ $F_{K_K} = m_{K_K}g = V_{bK}\rho g$ $F_{K_P} = m_{P_P}g = V_{bP}\rho g$ » $V_{bK}\rho = V_{bP}\rho$ » $F_{K_K} = F_{K_P}$
S7 Yanıt	$F_{K_1} > F_{K_2}$	G-ilksel yok	Formel Dil $V_{b1} \neq V_{b2}$ $F_{K_1} = m_{K_1}g, F_{K_2} < m_{K_2}g$ ve $F_{K_1} = V_{b1}\rho g$ $F_{K_2} = V_{b2}\rho g$ » $F_{K_1} > F_{K_2}$

Tablo 4, 5, 6 ve 7 yedi soruluk bir set dahilinde farklı gruplardaki katılımcıların, yanıtlarına göre bilişsel durumlarını (tutarlılık veya tutarsızlık), g-ilkselleri ve veri olarak sunulan temel nitel alıntılarını göstermektedir.

TARTIŞMA

Çalışma, nitel araştırma yöntemiyle yürütülmüş olmakla birlikte, katılımcılarla sınırlı kalmak koşuluyla ve bir genelleme kaygısı güdülmeden betimsel düzeydeki nicel bulguları da kullanmıştır. Öyle ki katılımcılara ait bilişsel tutarlılık durumu, varyasyonel olup basit sayısal ifadeler üzerinden belirtilebilmektedir. Dolayısıyla tartışmanın bilişsel tutarlılıkla ilgili ilk bölümü, nitel alıntılarının desteğiyle bu sayısal sembollerle yürütülecektir. Bu bağlamda ilgili nicel bulgulara göre, öğretim üyesi katılımcı dışında, diğer katılımcıların bilişsel yapısı tutarsızlık lehinde bir örüntü ortaya koymaktadır (Tablo 2). Tablo 2'deki bulgular detaylandırıldığında, kütle ve suyun kaldırma kuvvetini sorgulayan I. kısım için; 11 katılımcının bilişsel tutarsızlığa sahip olduğu; 4 katılımcının ise bilişsel tutarlılık gösterdiği belirtilebilir. Yine batan hacim ve suyun kaldırma kuvveti arasındaki ilişkiyi sorgulayan II. kısım için; 9 katılımcı bilişsel tutarsızlık sergilerken; 6 katılımcının ise bilişsel tutarlılığa sahip olduğu görülmektedir. Bu yöndeki bulgular diSessa'nın (1993) parçalı bilgi yapısı teorisiyle uyumlu niteliktedir. Bununla birlikte ilgili bulguların katılımcı kategorileri arasında da varyasyon gösterdiğini ifade etmek olasıdır. Buna göre, I. kısım için lisans öğrencisi statüsündeki katılımcıların tamamının, yüksek lisans öğrencilerinin 4'ünün ve

araştırma görevlisi doktorantların da 2'sinin bilişsel tutarsızlık sergilediği görülmektedir. II. kısım için; lisans öğrencilerin 1 tanesinin, yüksek lisans öğrencilerinin 6'sının ve araştırma görevlisi doktorantların yine 2'sinin tutarsızlığa sahip olduğu görülebilir. Her iki kısım için suyun kaldırma kuvvetine yönelik yanıtlar birlikte değerlendirildiğinde ise; öğretim üyesi katılımcı dışındaki tüm katılımcıların bilişsel tutarsızlık lehinde yanıtlar oluşturduğunu görmek mümkündür (Tablo 2). Yanıtların değişen sorulara göre bir tutarlılığa sahip olmaması, parçalı bilgi yapısı teorisinin naif bilişler için ön gördüğü, bağlam duyarlılığı yaklaşımıyla uyumlu bir bulgu olarak değerlendirilmektedir (diSessa, 1993; 2002; diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004). Bilişsel tutarlılık analizinde, yanıtların bilimsel doğruluğundan ziyade, bağlamsal varyasyonu dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, bilişsel tutarsızlık gösteren yanıtlar, çoğunlukla yanlışlı öncü kavramlar ya da kavram yanlışlarından oluşmaktadır. Parçalı bilgi yapısı teorisinin terminolojisine göre, bu türden tutarsızlık ve yanlışlıların ortaya çıkmasına neden olan yapılar g-ilkseller olarak tanımlanırlar. G-ilkseller doğal dünyanın veya fiziksel evrenin algılanması ve yorumlanmasında doğallık hissi yaratan, parçalı yapıda yani birbirleriyle yarı bağımsız ilişki içinde olan eklektik bilişsel yapılar olarak değerlendirilmektedirler. Bu yaklaşım, bir doğa olayına veya fiziksel evrenin bir parçasına yönelik naif bir bilişsel yapı sergileyen bireylerin, g-ilkseller üzerinden yanıtlar vermelerinin bilişsel tutarsızlığa neden olduğunu ifade etmektedir. Alanyazında, bu yaklaşımı destekleyen çalışmalar oldukça fazladır (Apaydın, 2014; Apaydın, Akman, Taş ve Peker, 2014; Apaydın, Çobanoğlu ve Ergül, 2018; Chiou ve Anderson , 2010; Clark, 2006; Eshach ve Schwartz, 2006; Furuta, 2000; Galili ve Hazan, 2000; Hamid ve Widodo, 2017; Jin, Zhan Anderson , 2013; Jin, Rijn, Moore, Bauer, Pressler ve Yestness, 2019; Khishfe, 2017; Kirbulut ve Beeth, 2013; Leppavirta, 2012; Liu ve MacIsaac, 2005; McLure, 2018; Özdemir, 2007; 2017; Özdemir ve Clark, 2009; Reinfried ve Tempelmann, 2014; Southerland ve ark., 2001; Turcotte, 2012; Tytler, 1998).

Apaydın'ın (2014), ortaokul öğrencilerinin suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik çalışmasında, katılımcıların bilgi yapılarında tutarsızlık bulunduğu ve özellikle yüzme olgusuna yönelik kavramsallaştırmanın bir g-ilksel olarak davrandığı belirlenmiştir. Çalışmamızın nitel bulguları değerlendirildiğinde; farklı bilişsel aşamalar ve öğrenim düzeylerinde olan katılımcılarda dahil yüzme olgusuna yönelik bir kavramsallaştırmanın bir g-ilksel olarak davrandığı görülmektedir. Bu yöndeki bulgular öğrencilerin *yüzme* g-ilkseli sergilemelerinde belirleyici faktörün; yaş, farklı bilişsel aşama ve öğrenim düzeylerinden bağımsız olarak fen öğretimi niteliğinin olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle, suyun kaldırma kuvvetiyle ilgili öğrenim süreçlerinde bağlamsal çeşitlilik sağlanması veya içerik bilgilerinin farklı örnekler bakımından zenginleştirilmesi; öğrencilerin bilimsel açıklamalara yakın bir kavramsal tutarlılığa ulaşmasını hızlandıracaktır. Uneo (1993) da g-ilksellerin, yalnızca bireysel bilişimizle ilgili olmayıp sosyal bir yönünün olduğunu ve fen kavramlarına yönelik bağlamsal örnek çeşitliliği ile bağlantılı olarak akran etkileşiminin artırılmasının, g-ilksellerin yönlendiriciliğini azaltacağını iddia etmektedir. Tekrarlamak gerekirse g-ilkseller, bilişsel yapıyı yönlendiren ve dolayısıyla bilişsel tutarsızlığa neden olan bileşenler olarak değerlendirilmelidirler. Çalışmamızdaki *yüzme* kavramsallaştırması da bir g-ilksel olarak katılımcıların bilişsel etkinliklerini yönlendirmiş ve bir bilişsel tutarsızlığın ortaya çıkmasının temel nedeni olmuştur (Tablo 3). Apaydın ve ark.'ları (2014) beşinci sınıf öğrencilerinin ışık kavramına yönelik bilgi yapılarının kavramsal değişim teorilerine göre analizi isimli araştırmalarında; görme ve ışık ilişkisi, gölge ve ışık ilişkisi,

saydamlık ve ışık ilişkisi gibi olgularla ilgili katılımcıların büyük bir kısmının bilişsel tutarlılık sergilediklerini; ancak ışığın hareketi olgusuna yönelik kavramsallaştırmalarında ise büyük bir tutarsızlığa sahip olduklarını belirlemişlerdir. Yazarlar, bu yöndeki bir bulguyu; ilk üç olgunun makro büyüklükler dünyasıyla ve dolayısıyla doğrudan kanıtlarla ilişkili olgular olduğunu belirterek ve fakat ışığın hareketine yönelik olguyu ise mikro büyüklükler dünyası ve dolayısıyla dolaylı kanıtlarla ilişkilendirerek açıklama yoluna gitmişlerdir. Böylesi bir ilişkilendirmeye göre, doğrudan kanıtlarla ilişkili, kapsamı dar, betimsel kavramlara yönelik olarak, bilişsel bir tutarlılık beklenirken; dolaylı kanıtlar yani doğrudan gözlenemeyen, ışık hızı gibi fotonlar boyutunda mikro dünyayı ilgilendiren teorik kavramlarda, tutarsızlığın ortaya çıkması beklenen durumdur (Halloun, 2006; Lawson, 1995; Lawson, Alkhoury, Benford, Clark ve Falconer, 2000). Çalışmamızın konusunu oluşturan suyun kaldırma kuvveti, etkileri bakımından doğrudan gözlenebilen bir olgu iken; yoğunluk ve dolayısıyla kütle, hacim/batan hacim olgularıyla ilişkisi bağlamında maddenin tanecikliliği ve atom teorisi gibi doğrudan gözlenemeyen mikro olguları açıklayan teorilerle ilişkilidir. Bundan dolayı suyun kaldırma kuvvetinin, ışığın hareketi olgusu gibi teorik kavramsallaştırmalarla ilişkili olduğu ve bu durumun da, katılımcılarda bilişsel tutarsızlık oluşmasına neden olduğu belirtilebilir. diSessa'nın parçalı bilgi yapısı teorisi, teorik nitelikteki kavramlara yönelik naif bilişsel yapılandırmaları açıklamada oldukça işlevsel görünmektedir. Bu işlevsellik, teorik nitelikteki kavramların yine diSessa'nın (2002) *eşgüdüm sınıfları* olarak adlandırdığı; kapsamlı ve bir çok bileşenden oluşan, bir kavramsal çerçeveye sahip olmasıyla da ilişkilidir. Dolayısıyla birden fazla kavramsal bileşenin kompleks ilişkisinin bir sonucu olarak, naif bir bilişe sahip uzman olmayan katılımcıların teorik kavramlarla ilgili farklı soru bağlamlarında tutarsızlık göstermesi parçalı bilgi yapısı teorisini destekler niteliktedir. Russanen (2013) kavramsal değişim teorilerinin, büyük boyutlu karmaşık ve farklı alt bileşenleri olan olgusal sistemleri açıklamaya çalıştığını ve bağlı olarak kavramsal değişim sürecinin ise bireylerin günlük kavramsallaştırmalarından çok, akademik ve teorik kavramlar üzerinden betimlendiği eleştirisini getirmektedir. Bu açıklama; öğrencilerin bilimsel kavramlara yönelik günlük deneyimlerinden hareketle oluşturdukları kavramsallaştırmalarla, ilgili kavramların formel açıklamalarını ilişkilendirerek bir analiz yöntemi kullanan parçalı bilgi yapısı teorisinin yaklaşımını desteklemektedir. Öyle ki parçalı bilgi yapısı teorisi, öğrencilerin naif bilişlerindeki g-ilkcellere ve böylece bireysel günlük kavramsallaştırmalarına odaklanmaktadır. Yine Apaydın ve ark.'larının (2018) ortaokul öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişim olgularıyla ilgili bilgi yapılarının analizine yönelik bir diğer çalışmalarında, katılımcıların özellikle kimyasal değişim olgularıyla ilgili sorularda tutarsız yanıtlar verdikleri belirlenmiştir. Bu yöndeki bir bulgu da; katılımcıların anılan nedenlerden dolayı kimyasal değişim özelindeki teorik kavramsallaştırmalarla ilişkili olgularda, tutarsız yanıtlar verebileceğini tespit etmesi bakımından önemlidir. Chiou ve Anderson (2010) ısı iletimiyle ilgili araştırmalarında, her ne kadar mental model ya da çerçeve teorisine uygun yanıtlar bulduklarını ileri sürseler de; öğrencilerin ısı iletimine yönelik kavramsallaştırmalarının yalnızca tutarlı ontolojik elementlerle veya inançlarla açıklanamayacağını ifade etmektedirler. Bu nedenle yazarlar, öğrencilerin bağlamlara bağlı akıl yürütmelerinin birebir onların mental modelleriyle uyum içinde olmadığını da vurgulamaktadırlar. Chiou ve Anderson'ın (2010) mental modeller yaklaşımına dayanan çalışmalarının dahi, katılımcı öğrencilerin naif bilgilerinin tam olarak tutarlı olmadığını ima etmesi çalışmamızın sonuçlarıyla uyumu bakımından önemlidir. Clark (2006) boylamsal bir çalışmasında

ortaokul öğrencilerinin termal dengeyle ilgili bilgi yapılarının değişimini incelemiş olup; katılımcıların termal denge kavramına yönelik parçalı bilgi yapıları sergilediğini ve yanıtlarının g-ilksellere sahip olduğunu belirlemiştir. Galili ve Hazan (2000), lise öğrencileri ve öğretmen lisesi öğrencileriyle gerçekleştirdikleri bir çalışmada öğrencilerin, düz aynada görüntü oluşumu konusunda bir hiyerarşi sergileyen alternatif bilgi yapılarına sahip olduklarını belgelemişlerdir. Bulgulara göre, öğrencilerin bilgi yapıları, çeşitli bilgi görünümleri ve bilgi tasarımları olarak kendini göstermekte ve bilgi tasarımları, tıpkı g-ilkseller gibi, bağlam duyarlı ve sağduyu temelli bir açıklama yapısı sergilemektedirler.

Çalışmanın nicel bulgularına göre, özellikle II. kısım için 5 katılımcı lisans öğrencisinden 4'ünün bilişsel tutarlılık sergilemesi, g-ilksellere sahip olmadığı anlamına gelmemektedir. İlgili lisans öğrencisi katılımcıların, II. kısım için de çeşitli g-ilksellerin etkisinde yanıtlar oluşturdukları gösterilmiştir (Tablo 3 ve Tablo 4). Ayrıca katılımcıların bir çalışma kapsamında ilgili soru setine tutarlı yanıtlar vermesi, bu yöndeki olgunun genel geçer olduğu anlamına gelemez. Aynı araştırmacı ya da araştırmacı grubu, aynı soru seti için farklı katılımcılarla yürüttükleri bir başka çalışmada bilişsel tutarlılık yakalayabilirler. Nitekim Vosniadou ve Brewer'in (1992) temel eğitim düzeyindeki öğrencilerle gerçekleştirdiği bir çalışma, katılımcıların dünyamızın şekline yönelik belirli kronolojik dönemler için tutarlı mental modellere sahip olduğunu iddia ederken; Vaiopoulou ve Papageorgiou (2018) ise aynı yaş grubuyla gerçekleştirdikleri bir çalışmada, katılımcıların dünyanın şekline yönelik kavramsallaştırmalarının hiç de bilişsel bir tutarlılık sergilemediğini ortaya koymuşlardır. Böylece bu çalışmanın bulgularına göre de, katılımcıların dünyamızın şekline yönelik parçalı yapıda naif ve g-ilksel benzeri bilgi yapılarına sahip oldukları kanıtlanmıştır. Bu durum, bir çalışmada katılımcıların, bir fen kavramı için tutarlı bir bilişsel yapı sergilemelerinin, g-ilkseller tarafından yönlendirilmedikleri anlamına gelmediğini göstermesi bakımından önemlidir. Öyle ki çalışmamızın bulguları da, lisans düzeyindeki 5 katılımcının en azından II. soru setine verdikleri yanıtlar üzerinden; benzer yaklaşımı desteklemektedir. Buna göre, belki de aynı katılımcılar sınırların kaldırma kuvvetine yönelik farklı formüle edilmiş sorulara bilişsel tutarsızlık göstererek ve fakat yine g-ilksellerin etkisinde yanıtlar verebileceklerdir. Leppavirta (2012), elektrik ve magnetizma kavramlarına yönelik çalışmasında katılımcılara ait bulguları, diSessa 'nın ileri sürdüğü ohm g-ilkseli'nin tutarlılığı üzerinden değerlendirmiştir. Buna bağlı olarak da Ohm g-ilkseli'nin özellikle Ohm yasasıyla ilgili elektrik kavramına yönelik soruların yanıtlanmasında tutarlı bir biçimde kullanıldığı belirtilmiştir. Eshach, Lin ve Tsai'nin (2018) farklı sınıf düzeylerinden öğrencilerin katılımcı olduğu çalışmalarında, her ne kadar bir bilişsel tutarlılık sergilense de yine de g-ilksellere atıfta bulunulmuştur. Yani ilgili çalışma bulguları, bilişsel tutarlığın olduğu durumlarda da g-ilksel gibi davranan naif kavramların olduğunu desteklemektedir. Bu bağlamda, Tablo 3'te, Lisans öğrencilerinin, *hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, figürsel yaklaşım* biçiminde ifade edilebilecek g-ilksel örnekleri sergilediği görülmektedir. Yüksek lisans öğrencileri de, *yüzme, hareket ettirici kuvvet, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, nominal form* şeklinde terimleştirilebilecek g-ilksel örneklerine sahipken; araştırma görevlisi doktorant katılımcıların ise benzer biçimde, *hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet,*

figürsel yaklaşım, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi, ne kadar çok cisim yüzeyi o kadar az cisim basıncı terimleriyle ifade edilebilecek g-iksel örneklerine sahip oldukları gösterilmektedir. Öğretim üyesi katılımcı ise, önündeki görsel soru senaryolarının bir süre etkisinde kalarak, mimikleriyle bilişsel tutarsızlığı çağrıştıracak davranışlar sergilemişse de; kısa sürede formel dili kullanmaya yönelmiş ve sorulara bilişsel bir tutarlılık içinde yanıt vermiştir. Öğretim üyesi katılımcının yanıtlarında, g-ikseller ile ilişkilendirilebilecek nitel verilere rastlanmamıştır. Bundan dolayı diğer katılımcıların yanıtlarında g-iksellere gönderme yapmalarının; parçalı bilgi teorisinin, naif bilişin; tutarlı bir kavramsal çerçeveye sahip olmadığı ve g-iksillerden oluşan yarı bağımsız ve eklektik bir yapı sergilediği görüşüne katkı sağladığı ifade edilebilir.

Hareket ettirici kuvvet ve ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet g-ikselleri, diSessa (diSessa, 1993; 2002 ve diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004) tarafından geliştirilen terimler olup; çalışmanın katılımcılarında da bu g-iksellere ait çarpıcı yanıtların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Katılımcıların bu çalışmaya özgü ve ortaklaştıkları g-ikseller de belirlenmiştir. Buna göre, *hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim yoğunluğu, farklı cisim hacmi*, terimlerinin her katılımcı grubu için ortak g-ikseller oldukları rahatlıkla görülebilmektedir (Tablo 3). Katılımcıların ortaklaştığı g-ikseller arasında diSessa'nın (diSessa, 1993; 2002 ve diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004) *hareket ettirici kuvvet* ve *ne kadar çok bağımsız değişken büyüklüğü o kadar çok kuvvet* g-ikselleri ile ilişkili ve bu çalışmaya özgü g-ikseller de mevcuttur. Çalışmamıza özgü ve katılımcıların ortak başvuru yaptığı , *ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet* g-ikseli, doğrudan diSessa'nın *ne kadar çok bağımsız değişken büyüklüğü o kadar çok kuvvet* g-ikseliyle ilişkilidir. *Figürsel yaklaşım* teriminin bu çalışma kapsamında lisans öğrencileri ve araştırma görevlisi doktorantlar; *nominal form* teriminin, yüksek lisans öğrencileri ve *ne kadar çok cisim yüzeyi o kadar az cisim basıncı* teriminin ise araştırama görevlisi doktorantlar için özgün g-ikseller olduğu belirtilebilir.

Nitel bulgulara göre katılımcılarımızın soru setine verdiği yanıtların irdelenmesi oldukça önemlidir. Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7; yanıtlara göre bilişsel tutarsızlığı, g-ikselleri ve veri olarak kullanılan temel nitel alıntıları ilişkilendirmektedir. Bu bağlamda, g-iksel bulguları detaylı incelendiğinde; bilişsel tutarsızlık ve g-iksel ilişkisini açıkça görmek olasıdır. Lisans öğrencilerinin yanıtlarını temsil eden temel g-iksel kodlamaları ve alıntı örüntüsü bakımından, S1, S2, S4, S6, S7 kodlu sorulara yönelik, suyun kaldırma kuvvetiyle ilgili birinci ve ikinci durum karşılaştırmalarında kuvvet büyüklüklerinde bir eşitsizlik olduğu ifade edilirken; S3 ve S5 kodlu sorularda kuvvet büyüklüklerinde eşitlik olduğu belirtilmektedir (Tablo 4). Yanıtlardaki bu farklılık bilişsel tutarsızlığa işaret etmektedir. Burada ilginç olan bulgu türü ise, sorulara verilen yanıtların g-iksellerin kontrolünde verilmesidir. Buna göre; S1'le ilgili senaryoda $F_{k2} > F_{k1}$ eşitsizliği ileri sürülmüştür. Bu yanıtı özetleyen alıntı, "... *Yoğunluk ne kadar fazlaysa, kaldırma kuvveti o kadar artıyor...*" şeklinde olup; yoğunluk ve kaldırma kuvveti arasında, cismin pozisyon farklılığı ve hareket etmesi üzerinden ilişki kurulmuştur. Böylesi bir ilişkilendirme açık olarak, yanıtların, *hareket ettirici kuvvet, yüzme, ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet* g-ikselleri kontrolünde olduğunu belgeler niteliktedir. Aynı şekilde; S2, S4, S6 ve S7 senaryolarına yönelik yanıtların da benzer g-iksellerin kontrolünde oluşturuldukları görülmektedir. S2 irdelenirse; "*hareket ettirici kuvvet ve ne*

kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet" g-ilksellerinin, "... L cisminin bulunduğu sıvının yoğunluğu diğerinden fazladır..." alıntısıyla ilişkili ve "yüzme" g-ilkselinin, "... L daha yukarıdaydı..." alıntısıyla ilişkili olduğunu görmek mümkündür. S4 için; " ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet " g-ilkselinin, "... Fk artar... sıvının yoğunluğu arttığı için hocam..." alıntısıyla ilişkilendirilebileceği, yine S6 için ise; "... K'nın ağırlığı daha fazla.... P ile eşit yerde olmaması.... K'ya uygulanan kaldırma kuvveti daha fazladır." alıntısının, "hareket ettirici kuvvet" g-ilkselinin kontrolünde olduğu ifade edilebilir. S3 ve S5 senaryolarına yönelik yanıtlarda bir eşitlik ilişkisi ortaya konya da; bu yanıtlarda da g-ilksellerin kontrolünün olduğu aşikardır. Buna göre S3 için; "...Şeklin önemli olduğunu şey yaptım Hocam eşit yoğunlukK'nın hacmini şey yapabiliriz, hacim kaldırır...." alıntısı, "figürsel yaklaşım, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet, farklı cisim hacmi" g-ilksellerinin etkisi altındayken; S5 için; "...K cisminin ağırlığı daha fazla olduğu için daha aşağıda olabilir." alıntısı; yanıtta, "hareket ettirici kuvvet" g-ilkselinin etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Katılımcılardan biri, S3'te cismin şekline gönderme yaparak "... şeklin önemli olduğunu şey yaptım...." biçiminde yanıt vermiş ve bu yanıt da yazar tarafından, "figürsel yaklaşım" terimleriyle ifade edilebilecek bir g-ilksel ile ilişkilendirilmiştir. Aynı şekilde "K'nın hacmini şey yapabiliriz, hacim kaldırır...." alıntısı da, "farklı cisim hacmi" g-ilkseliyle ilişkilendirilmiştir (Tablo 4). Bu çalışmada ilk olarak ifade edilen bu g-ilkseller'in, diSessa'nın Newton fiziğindeki etki-tepki kuvvetlerinden ve ohm yasasından hareketle ileri sürdüğü "ohm g-ilkseli" ile bağlantılı olduğunu belirtmek olasıdır. "Ohm g-ilkseline" göre; naif bir biliş, "ne kadar fazla dirençle karşılaşırsanız o kadar fazla kuvvet üretirsiniz" biçiminde bir algı oluşturmaya eğilimlidir (diSessa, 1993; 2002). Buradan hareketle bütün g-ilkseller birbirleriyle doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili olup benzer bağlam ve soru senaryolarında farklı düzeylerde orta çıkarlar (Apaydın, 2014). Bundan dolayı, "figürsel yaklaşım" ve "farklı cisim hacmi" g-ilksellerinin, diSessa'daki "hareket ettirici kuvvet" ve "ne kadar çok bağımsız değişken miktarı o kadar çok kuvvet" g-ilkselleri ile de dolaylı olarak bağlantılı olduğu belirtilebilir. Bulguların bu yönde değerlendirilmesi, benzer bağlamın benzer g-ilkselleri harekete geçireceğini ve g-ilksellerin, öncelik sonralık ilişkisi içinde yeni g-ilksellerin ortaya çıkmasına neden olabileceğini göstermesi bakımından önemlidir (diSessa, 1993; 2002).

Yüksek lisans düzeyindeki katılımcıların bulguları değerlendirildiğinde de, benzer yorumlarda bulunmak olasıdır (Tablo 5). S1 için; katılımcıları temsil eden tipik bir alıntı, tutarsızlık ve g-ilksel ilişkilendirmesinde soru içinde dahi bir içsel bilişsel tutarsızlık olduğunu ortaya koymaktadır. Öyle ki; ilgili soruda, birinci ve ikinci bağlamlar karşılaştırıldığında, hem kuvvetlerin eşitliği hemde eşitsizliği üzerinden yorumlar getirilmiş olduğu görülmektedir (Tablo 5). Buna göre, "...Formüle göre eşit olur.... sol taraftaki kaldırma kuvveti daha az bana göre... yüzen pozisyonda olanın daha fazla..." alıntısı ilgili durumu özetler niteliktedir. S2 ile ilgili alıntıda; "...eğer ki birinci kaptaki sıvının öz kütlesi ikinci kaptaki sıvının öz kütlesinden faylaysa yani birine 3 diyelim birine 2 diyelim K ve L cisimlerinin hacimleri eşitse... K cismine uygulanan Fk 3a olur. L cismine uygulanan Fk ise yine batan şeyle orantılı şeyle orantılı.... ona (L cismine) uygulanan Fk daha küçük olur." şeklinde katılımcının formüle yeni bir anlam katması; Sherin'in (2001) sembolik formlarına atfen *nominal form* geliştirdiğini destekler niteliktedir. Bu yazıda ilk olarak ifade edilen *nominal formlar*, tıpkı g-ilkseller gibi bağlam duyarlılığına sahip; daha deneyimli ya da yarı deneyimli bireylere ait yarı bağımsız, karmaşık ve atomistik bilgi elemanlarını temsil

etmektedirler. S3, S4 ve S7 bağlamlarında da *nominal form* örnekleriyle karşılaşmak olasıdır. "... *M cismine uygulan Fk daha az olur.... kütleleri eşitse ve aynı sıvıya atılıp biri yüzüp diğeri yüzmüyorsa birinin hacmi daha fazladır ya da yoğunluğu daha düşük aynı şey, hacmi daha büyük olacağı için batan kısmının hacmi K'nın hacmine eşit olabilir.... eşit de olabilir, ikinci cisme uygulanan Fk büyük de olabilir, küçük de olabilir.*" biçimindeki bir alıntı, her ne kadar "yüzme" g-ilkseline de gönderme yapsa; formülü yorumlama çabası içerdiği için bir *nominal form* örneği olarak da değerlendirilebilir. Yine "... *Yoğunluğun???... d sıvı artacak d batan sabit kalacağı için Fk aratacaktır. Eğer cisim yüzmezse konumu değişirse sadece; ama cisim yüzer ve batan hacmi değişirse o zaman iki değişkenim oluyor eşit de olabilir....*" ifadeleri de, S4 için formülün nominal düzeyde yorumlandığı şeklinde ve *nominal form* örneği olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte S7 bağlamı için de; "... *yani diyelim ki 10 metreküp 10 a kadar genişlettiniz hacmi bunun 7 si battı 3 ü dışarıda.Yoğunluğu arttırmak için de cismi sıkıştırdınız orada 7 ye kadar sıkıştırdınız 10 du... Bu sefer batmış olan şekle daha fazla kaldırma kuvveti hacim daha fazla olduğu için orada orda daha fazla Fk uygulanıyor olabilir....*" ifadeleri bir *nominal form* örneğidir. *Nominal form* dışında, S3, S4 ve S7 bağlamlarında ilginç olarak içsel bilişsel tutarsızlık örneklerini de görmek mümkündür. "... *kütleleri eşitse ve aynı sıvıya atılıp biri yüzüp diğeri yüzmüyorsa birinin hacmi daha fazladır ya da yoğunluğu daha düşük aynı şey hacmi daha büyük olacağı için batan kısmının hacmi K'nın hacmine eşit olabilir.... eşit de olabilir, ikinci cisme uygulanan Fk büyük de olabilir, küçük de olabilir....*" biçimindeki bir alıntı S3 bağlamında ortaya çıkan içsel bilişsel tutarsızlığı göstermesi bakımından oldukça önemlidir. S4 bağlamı için; "*ııı... K cismi yüzeye çıkacaktır... Fk'yı dengeleyecek şekilde yüzecektir bir kısmı... ııı... hacim azalacaktır (cisim için) yoğunluk (sıvı için) artacaktır ama Fk değişmeyecektir.... Yoğunluğun d sıvı artacak d batan hacim sabit kalacağı için Fk artacaktır. Eğer cisim yüzmezse konumu değişirse sadece ama cisim yüzer ve batan hacmi değişirse o zaman iki değişkenim oluyor eşit de olabilir....*" alıntısı bir içsel bilişsel tutarsızlık örneğidir. S7 bağlamı için ise; "*....İkinci fazla da olabilir derim... ııı... eşit de olabilir derim.... Sağdakine daha fazla Fk etki ediyor da olabilir. İkisine aynı kuvvet etki ediyor da olabilir. Soldakine daha fazla Fk da etki ediyor olabilir.*" ifadeleri yine bir içsel bilişsel tutarsızlığa karşılık gelmektedir. Tüm soru seti bakımından bilişsel tutarlılık irdelendiğinde; aslında farklı sorularda içsel bilişsel tutarsızlık örneklerinin varlığı tüm soru setinde de bir bilişsel tutarsızlığın varlığını işaret etmektedir (Tablo 5).

Yüksek lisans düzeyindeki katılımcıların bilişsel durumu, g-ilkseller bakımından değerlendirildiğinde; yukarıda belirtilen *nominal formlar* dışında "*hareket ettirici kuvvet, ne kadar çok bağımsız değişken o kadar çok kuvvet, yüzme, farklı cisim hacmi, farklı cisim yoğunluğu, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet*" şeklinde farklı g-ilksellerin varlığı belirlenmiştir (Tablo 5). Buna göre, "... *sol taraftaki kaldırma kuvveti daha az bana göre... yüzen pozisyonda olanın daha fazla... o sıvı daha yoğun....*" ifadelerinden oluşan S1'e ait bir alıntı; hem "*hareket ettirici kuvvet*" hem "*yüzme*" hemde "*ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet*" g-ilkselleri için bir örnek niteliğindedir. Diğer soru bağlamlarında da aynı g-ilksellere gönderme yapan alıntılar vardır. S3'ten bir alıntı, "... *M yüzdüğüne göre yoğunluğu düşük yani hacmi daha fazla, büyük bir hacmi var M cisminin ama K cisminin ne oranda büyük onu bilmiyorum... batan kısmının hacminin sıvının öz kütlesiyle çarpımı K cisminin hacminin sıvının öz kütlesiyle çarpımına eşit olabilir... burada bir eşitlik ihtimali var... M cisminin batan hacmi K cisminin*

hacminden küçükse... M cisminin uygulanan Fk daha az olur...." biçiminde olup; kütlelerin değişken olarak değerlendirilmesi gereken bir bağlamda cismin hacmine ve yoğunluğuna gönderme yapılması, "*farklı cisim hacmi*" ve "*farklı cisim yoğunluğu*" g-ilksellerinin etkisinde yanıt verildiğini destekler niteliktedir. S5'ten, "... *Kaldırma kuvvetleri... uygulanan kaldırma kuvvetleri eşittir; çünkü su aynı su yoğunluğu aynı... Fk da aynı...*" alıntısı ile S6'dan "... *Sıvı yoğunluğu sabit... Fk'lar eşit...*" alıntısında; batan hacmin değişken olarak kullanılması gereken bağlamlarda, sıvı yoğunluklarının özdeşliğine gönderme yapılarak Fk'lar değerlendirilmiştir. Bu yanıtlar ise "*aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet*" varlığıyla ilişkilendirilebilir. Bu g-ilksel, ilgili sorular bağlamında sıvı yoğunluklarının Fk'lar üzerinde belirleyici bir değişken olduğunu ortaya koyarak aslında "*ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet*" g-ilkseli (Apaydın, 2014) ve daha genelde ise "*ne kadar çok bağımsız değişken miktarı o kadar çok kuvvet*" g-ilkselleriyle ilişkilendirilebilir (diSessa, 1993; 2002).

Araştırma görevlisi katılımcıları temsil eden nitel bulgularda da bilişsel bir tutarsızlığın mevcut olduğunu görebiliriz (Tablo 6). Tüm soru seti için bir bilişsel tutarsızlık olduğu gibi, bir tek soru bağlamı için de içsel bilişsel tutarsızlığı destekleyen bulgular vardır. Aynı zamanda bütün soru bağlamlarına g-ilksellerin etkisi altında yanıtlar üretildiği görülmektedir. S1 bağlamına ait bulgularda her iki durum için de, "... *Fk aynıdır. Yoğunluğa göre, onlar ortada üstte altta kalır.... ben şeyi cismin yoğunluğu onun... ııı... kaldırma uygulanan kaldırma kuvveti eşittir cismin yoğunluğunun fazlılığına ya da azlığına göre onun seviyesi değişir....*" alıntısından hareketle, Fk'ların eşitliğine göndermede bulunulmakta; ancak yalnızca kütlelerin değişken olarak değerlendirilmesi gereken bir bağlamda, "*farklı cisim yoğunluğu*" g-ilkseli ve üstü örtük olarak "*hareket ettirici kuvvet*" g-ilkselinin etkisi altında yanıt verildiği değerlendirilmesi yapılabilir. S2 bağlamındaki karşılaştırmada, "... *o zaman yüksekte kalanın kaldırma kuvveti daha fazladır.... yoğunlukları aynı kütleleri aynı o zaman kaldırma kuvveti farklıdır....*" alıntısına göre ve "*hareket ettirici kuvvet*" ve "*yüzme*" g-ilksellerine dayanılarak Fk'ların eşitsizliğinin vurgulanmakta olduğunu belirlemek olasıdır. Yeri gelmişken S2 bağlamında çok açık olarak görüldüğü gibi, tüm g-ilksel değerlendirmeleri; katılımcının ilgili soru bağlamındaki figürün etkisinde bir karşılaştırma yaptığı ve bu yöndeki karşılaştırmasını da yanıtlarına yansıttığı kabulüyle gerçekleştirilmektedir. Aslında bu yöndeki kabuller yanıtlarda karşılığını bulan birer veri olarak kendini göstermektedirler. S2 bağlamında, "... *o zaman yüksekte kalanın...*" ifadesi "*hareket ettirici kuvvet*" ve "*yüzme*" g-ilkselleri için bir nitel veridir. S3 bağlamında, "... *şimdi sıvılar var ya şekiller kaldırma kuvvetini etkiliyorsa kaldırma kuvvetleri eşittir şekille alakalıdır o.... Şimdi aynı yoğunlukta ve eşit kütleli ise şeklin de kaldırma kuvvetine etki etmediğini bildiğim için kaldırma kuvvetleri farklıdır...*" alıntısına dayanarak; açık bir içsel bilişsel tutarsızlık görülmekte olup; yanıtın "figürsel yaklaşım" g-ilkseli etkisinde oluşturulduğu belirtilebilir. "...*kaldırma kuvvetleri eşittir.... kaldırma kuvvetleri farklıdır.*" ifadeleri içsel bilişsel tutarsızlığa, "... *şekille alakalıdır o...*" ifadesi ise, "*figürsel yaklaşım*" g-ilkseline gönderme yapmaktadır. S4'te, "... *yoğunluk artacak doğal olarak yoğunluk artınca içindeki kaldırma kuvveti de artar diye düşünüyorum.... Şimdi yoğunluğu daha fazla geliyorsa kaldırma kuvveti aynı kalsa dahi gelen cismin yoğunluğuyla o sıvı yukarı çıkacaktır.... kaldırma kuvveti aynı kalacaktır.*" alıntısından anlaşıldığı üzere, yine bir içsel bilişsel tutarsızlık mevcut olup; "*hareket ettirici kuvvet*" ve "*ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet*" g-ilksellerinin yönlendirici olduğu ifade edilebilir. S5 bağlamında, bir eşitlik ilişkisi

kurgulanmış; ancak "... yani cismin yoğunluğu kaldırma kuvveti ... yani cismin ... ııı ... suyun içindeki durumuna etki ediyor...." alıntısı, yanıtın yine bir g-ilsel etkisinde oluşturulduğunu destekler niteliktedir (Tablo 6). S6 ve S7 bağlamlarında da g-ilsellerin etkisi altında yanıtlar oluşturulduğu ve özellikle bir içsel bilişsel tutarsızlık olduğunu Tablo 6'da ilgili soruların sütunlarında görmek olasıdır. S6 ve S7 bağlamlarında, "*figürsel yaklaşım, farklı cisim hacmi, farklı cisim yoğunluğu ve ne kadar çok cisim yüzeyi/yüzey alanı a kadar az cisim basıncı, hareket ettirici kuvvet, yüzme*" g-ilsellerinin etkisinde yanıtların oluşturulduğunu okuyucunun yine Tablo 6'dan izlemesi imkan dahilindedir. İlgili bulguları destekler nitelikte; Teichert, Tien, Anthony ve Rickey (2008), öğrencilerin moleküler düzeydeki kavramsallaştırmalarının bağlamdan etkilendiğini ve yanıtlarındaki tutarlılığın ortadan kalktığını bulgulamışlardır. Hammer, Elby, Scherr ve Redish (2005) öğrencilerin farklı bağlamlarda akıl yürütmelerinin farklılaşmasının, bir bağlamda öğrenilen ya da öğrenildiği iddia edilen bir bilgi bütünlüğünün başka bir bağlama doğrudan transferiyle açıklanamayacağını; daha ziyade farklı bilişsel kaynakların devreye sokulmasıyla açıklanabileceğini ileri sürmektedirler. Özdemir (2017) ortaokul öğrencilerinin kuvvet kavramına yönelik kavramsallaştırmalarını değerlendirmeye yönelik bir çalışmada, katılımcıların kuvvet kavramıyla ilgili anlamlandırmalarının aşırı bağlam duyarlı olduğunu ve farklı bağlamsal örneklerin beklenmeyen ve daha önce literatüre geçmemiş bilgi parçalarını tetiklediğini belgelemiştir. Khishfe (2017) farklı okullardan 261 lise öğrencisiyle gerçekleştirdiği çalışmada, öğrencilerin yanıtlarının bağlam ya da örnek çeşitliliğinin fazla olduğu sosyo-bilimsel konularda tutarsızlık sergilediğini ve okul ortamında öğrenilen bilimsel kavramların, aşına olunmayan durumlara tutarlı bir biçimde aktarılmadığını belgelemiştir. Hamid ve Widodo (2017) öğrencilerin, elektrik olgusuyla ilgili kavramsallaştırmalarının günlük deneyimlerinden çok etkilendiğini; bağlam duyarlı ve oldukça tutarsız bir yapıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Belirtilen bulguya dayalı açıklamaların tamamının diSessa'nın parçalı bilgi yapısı teorisinin önerdiği g-ilsel yaklaşımıyla örtüştüğü izlenebilmektedir.

Çalışmamızın bulgularında tutarlılık sergileyen katılımcıların olduğunu tekrarlamak oldukça önemlidir. Yine bu yöndeki bulgular, katılımcıların g-ilsellerin etkisinde yanıtlar oluşturmadığı anlamına gelmemektedir. Öyle ki araştırma görevlisi katılımcılar arasında da bilişsel tutarlılık sergilenen soru kalıplarında, yanıtların bilimsel açıklamalar olmayıp; g-ilsellerin yönlendiriciliğinde açıklamaların yapılandırıldığı gözlenmiştir. Fk ve kütle ilişkisini irdeleyen soru kalıplarında, katılımcılardan biri, bilişsel bir tutarlılık sergilemiş; ancak bilimsel olmayan açıklamalara başvurmuştur. Buna göre, ilk soru setinde bulunan soru örneklerinde, kütlenin özdeşliğinden dolayı Fk'nın eşitliğine gönderme yapılması gerekirken; sıvının yoğunluğundaki değişime bağlı olarak, "*ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet*", "*hareket ettirici kuvvet*" ve "*yüzme*" g-ilsellerinin etkisinde yanıtlar oluşturulmuştur. Bulgular detaylandırılacak olursa, ilk soru setini oluşturan S1, S2, S3 ve S4 soruları için ikinci durum Fk'larının daha büyük olduğu yanıtı verilerek bir bilişsel tutarlılık örneği sergilenmiştir; ancak S1 için; "... yoğunluk bence ordaki yoğunluk, içindeki maddenin yoğunluğu....", S2 için; "... diğerini daha fazla kaldırmış diğeri askıda...", S3 için; "... o zaman yüksekte kalanın kaldırma kuvveti daha fazladır..." ve S4 için; "*Artar, bence artar... yoğunluğu arttığı için...*" şeklindeki alıntılar açıklamaların, özellikle "*ne kadar çok sıvı yoğunluğu o kadar çok kuvvet*", "*hareket ettirici kuvvet*" ve "*yüzme*" g-ilsellerinin yönlendirmesiyle oluşturulduğunu destekler niteliktedir (Tablo 6). Aynı zamanda teknik açıdan doğru yanıtların verildiği sorularda dahi, örneğin;

lisans öğrencilerinden bir katılımcı, S5 ve S6 için Fk'ların eşit olduğunu ifade etmekte ve fakat yanlış bir gerekçelendirmenin kontrolünde bilimsel olana uygun yanıtlar oluşturulduğu tespit edilebilmektedir. Buna göre, S5 için " ... eşittir diye düşünüyorum hocam çünkü sıvının yoğunluğu aynı kalıyor aynı sıvı olduğu için sıvının zaten belli bir kaldırma kuvveti var ikisine eşit uyguluyor (aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet g-ilkseli) ile N daha az olduğu için yüzeye çıkıyor K da eşit olduğu için askıda kalıyor (hareket ettirici kuvvet,yüzme, farklı cisim yoğunluğu g-ilkselleri)..." ve S6 için "... yine eşit olduğunu düşünüyorum çünkü sıvı aynı. Pozisyonlarla ilgili P daha yukarıda bırakılmış aslında sıvıyla yoğunluğu eşit, K birazcık daha aşağıda bırakılmış ama ikisi de askıda kalmış sonuçta (hareket ettirici kuvvet, yüzme, aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet g-ilkselleri)..." şeklindeki alıntılar katılımcının hala g-ilksellerin etkisi altında kaldığını özetler niteliktedir (Tablo 4). Başka bir ifadeyle doğru yanıtların verilmesi, g-ilksellerin etkisi altında olunmadığını garantileyememektedir. Bu soru örneklerinde doğrudan, batan hacim ilişkilendirmesi yapılmıyken ve eş güdüm sınıfları olarak görev yapan formel dile ($F_k = V_b \rho_d$ formülü) gönderme yapılarak yanıtlar gerekçelendirilmeliyken; g-ilksel görevi yapan sıvı yoğunluğu benzerliğine atıfla "aynı sıvı yoğunluğu aynı kuvvet" ve hatta pozisyonlara atıfta bulunularak "yüzme ve hareket ettirici kuvvet" g-ilksellerinin kontrolünde yanıtlar oluşturulduğu açık edilmiştir. Benzer biçimde, Eshach, Lin ve Tsai (2018), üniversite düzeyinde fen bilimleri eğitimi alan öğrencilerin bile, ses olgusuyla ilgili hala materyal temelli çoklu düşüncelere sahip olduklarını belirterek, g-ilksel temelli bir yönlendirmenin olabileceğini ima etmektedirler. Katılımcıların g-ilksel yönlendiriciliğinde yanıtlar oluşturmasının altında, karşılaştıkları soru bağlamlarının görsel etkisi olabilir. Nitekim g-ilkseller günlük yaşamda karşılaşılan görsel temaların etkisiyle, yani bağlamdan hızlıca etkilenecek harekete geçen bilişsel yapılar olarak değerlendirilebilirler (diSessa, 1993; 2002). McLure (2018) TFA yaklaşımını uygulamadan önce, elektrik akımı kavramına yönelik öğrencilerin yaklaşık yarısının teori benzeri bilgi yapısı teorisine uygun bir bilişsel yapıya sahip olduklarını; dörtte birinin ise parçalı bilgi yapısı teorisine uygun bir yapılandırma sergilediklerini bulgulamıştır. Aslında parçalı bilgi yapısı teorisyenleri, McLure'un bulgusuna farklı bir yaklaşım sergileyerek; öğrencilerdeki bilgi yapılarının parçalılığından çok bağlam duyarlılığına gönderme yapıp; parçalı yapının ve dolayısıyla g-ilkseller benzeri bilişsel yapıların aşırı bağlam duyarlılıktan kaynaklanabileceğini belirtmektedirler. Diğer taraftan fiziğin mekanik alanındaki kadar günlük yaşamla ve bağlamsal çeşitlilikle ilgili olmayan daha teorik disiplin alanlarında öğrencilerin bilgi yapıları görece daha tutarlı da olabilir (Samarapungavan ve Wiers1997). Bununla birlikte öğrencilerin farklı alanlardaki bilgi yapılarının görece tutarlı olabileceği iddiası, (Chi ve Slotta, 1993; Ioannides ve Vosniadou, 2002; Reiner, Slotta, Slotta, Chi ve Resnick 2000); aslında onların bilgi yapılarının yeterince tutarlı olmadığını yani görece tutarsız olduğunun da bir itirafı niteliğindedir. Nitekim Jin, ark.'larının (2019), çalışma bulgularını oluşturan öğrencilerin yanıtlarını, mahcup bir biçimde ve görece tutarlı olarak yorumlamaları da bunun bir örneği olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızın katılımcısı fen eğitimi uzmanı öğretim üyesinin, formel dile başvurduğu ve yanıtlarında herhangi bir g-ilkselin etkisinde kalmadığı bulgulanmıştır (Tablo 7). Bu yöndeki bir bulgu da, parçalı bilgi yapısına ait, bilişsel tutarsızlığın ve g-ilksellerin etkisinde yanıt verme eğiliminin; naif bilişlerin özelliği olduğu yönündeki yaklaşımını destekler niteliktedir. diSessa, parçalı bilgi yapısı teorisiyle; öğrenme olgusunun ve dolayısıyla

kavramsal değişimin, tutarsız ve g-ilkselelerin yönlendiriciliğinde naif bilişsel yapılardan zaman içinde evrilerek tutarlı bilişsel yapıların oluşmasına neden olduğuna gönderme yapar. Bu bağlamda öğretim üyesi katılımcı, 7. soru dışında kalan ve denge durumlarını içeren diğer tüm sorulara yönelik formel dili işletip Fk olgusunun ilgili bağlamlarda değişmeyeceği gerçeğini ortaya koymuştur. Bazı soru bağlamlarına verilen yanıtlar ise şöyledir:

S1 için;

Formel Dil

$\rho_1 \neq \rho_2$, ise

$F_{k1} = m g = V_{b1} \rho_1 g$

ve

$F_{k2} = m g = V_{b2} \rho_2 g$

»

$V_{b1} \rho_1 = V_{b2} \rho_2$

»

$F_{k1} = F_{k2}$ 'dir.

Yukarıdaki formel dilde, Fk'nın denge durumunda, kütleyle eşit olduğü gerçeğliği üzerinden bir dedüksiyonla iki farklı bağlamda farklı pozisyonlardaki özdeş cisimler için Fk'ların eşitliği çıkarımında bulunulmuştur.

S4 için;

Formel Dil

$m_1 = m_2$

$\rho_2 > \rho_1$

$F_{k1} = m_k g = V_{bk1} \rho_1 g$

ve

$F_{k2} = m_k g = V_{bk2} \rho_2 g$

»

$V_{bk1} \rho_1 = V_{bk2} \rho_2$

»

$F_{k1} = F_{k2}$ 'dir.

Formel yapısı verilen üstteki çözümlemede de; aynı cisme farklı iki bağlamda ve fakat denge durumunda eşit nicelikte Fk'ların uygulandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu örnekte de görüldüğü gibi formel dilin etkin bir biçimde kullanıldığı bir bilişsel pozisyon, ilgili teorik çerçevenin kendisine sunduğu imkanları kullanıp gerçeğlikle tutarlı bir açıklamaya ulaşabilmektedir.

Bir diğer örnek, denge durumunda batan hacimlerin verili olduğü bir bağlamı işlemektedir. Buna göre S6 için;

Formel Dil

$$V_K = V_P$$

$$F_{K_K} = m_{K_K}g = V_{b_K}\rho g$$

ve

$$F_{K_P} = m_{P_P}g = V_{b_P}\rho g$$

»

$$V_{b_K}\rho = V_{b_P}\rho$$

»

$$F_{K_K} = F_{K_P}$$

şeklinde olup; denge konumunda olan farklı cisimlerin hacimlerinin ve dolayısıyla batan hacimlerin eşitliği, yine sıvı yoğunluğunun eşitliği ile batan hacim ve sıvı yoğunluğunun çarpım eşitliği üzerinden Fk'ların eşitliği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu örneklerde de görüldüğü gibi uzman bir biliş, sıvıların kaldırma kuvveti olgusuna yönelik problem durumlarını açıklamada; bir teorik çerçeveyi etkin biçimde kullanarak; her soru bağlamında yani farklı bağlamsal durumlarda bağlam bağımsız bir akıl yürütme işletmekte ve benzer sonuçlara ulaşmaktadır. Sıvıların kaldırma kuvvetini belirleyen değişkenlerin eşitliği ve denge durumun formel dile transferi sayesinde tutarlı bir bilişsel yapı sergilenmektedir. Bir uzmanın bilişsel yapısının, bağlamsal değişikliğe karşın tutarlılık sergilemesi; diSessa'nın (1993; 2002), eş güdüm sınıfları olarak tanımladığı istikrarlı bir kavramsal çerçeveyi her bağlama transfer edebilmesi ve alan bağımsız bir kavramsal şablona sahip olmasıyla ilişkilendirilebilir (Clair-Thompson, Overton, and Botton, 2010). Bu yöndeki bulgular, öğrencilerin bilgi yapıları (naif bilgi) ile uzmanların bilgi yapılarının farklılığını bağlamsal bir sorgulama sürecinde, çok açık bir biçimde ortaya koyması bakımından oldukça önemlidir. Son çalışmalardan birinde, Özdemir (2017), katılımcı öğrencilerin fizikle ilgili bilgi yapılarının parçalı bir bilgi yapısı sergilediğini ve katılımcıların çeşitli g-ilkselelerin etkisinde yanıtlar ortaya koyduğunu belirlemiştir. Buna göre diSessa and Sherin'in (1998) önerdiği gibi, etkileşimsel boyutlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, sıvıların kaldırma kuvvetini tanımlayan formel dil olan formül, teorik bir kavram olup; uzman bir biliş için eş güdüm sınıfı olarak görev yapmıştır. Eş güdüm sınıfları (diSessa and Sherin, 1998) iki temel bileşenden oluşmakta olup; *veriyi okuma stratejisi*, karşılaşılan olgusal bir durumla ilişkili bilgilerin hangi bilgiler olduğunu belirleyebilme kapasitesine gönderme yaparken; *nedensel ilişki kurma* ise, mevcut olgusal durumla ilgili bilgilerden hareketle bir neden sonuç ilişkisi kurarak sonuç çıkarma yeteneğine gönderme yapmaktadır. Çalışmamızdaki olgusal durum ya da problem, sıvıların kaldırma kuvvetidir. Sıvıların kaldırma kuvvetiyle ilgili kavramsallaştırma teorik bir kavramsallaştırma olup; ilgili problem durumla ilişkili verili kavramlar ya da bilgiler kütle (m) ve batan hacim (V_b) kavramlarıdır. Uzman biliş karşılaştığı probleme yönelik olarak (m) ve (V_b) kavramlarının ilişkisini kurabilme becerisini göstermiş; başka bir ifadeyle veriyi okuma stratejisini işletebilmiştir. Eş anlamlı ve/veya ardışık olarak bu kavramlarla sıvıların kaldırma kuvveti arasında gerçeklikle tutarlı bir neden sonuç ilişkisi kurgulayabilmiş ve doğru çıkarımlara ulaşabilmiştir. Böylesi bir bilişsel işlev de nedensel ilişki kurma olarak değerlendirilir. Tüm bu ilişkilerin gerçeklikle tutarlı ve istikrarlı bir biçimde işletilebilmesi ise; F_k=

V_b.p.g eşitliğinin ilgili uzman tarafından bir eş güdüm sınıfı olarak kullanılabilmesinden geçmektedir. Bu bulgu ve açıklamalara göre, öğrenci ya da öğrenen konumundaki bireyler, naif bir bilişsel yapıya sahip olup; aşırı bağlam duyarlı, kavramsal istikrarı olmayan ve yarı bağımsız, eklektik bir yapı sergileyen g-ilkselelerin etkisinde tutarsız yanıtlar verirlerken; uzman bir birey, diSessa ve Sherin'in (1998) eş güdüm sınıfları olarak tanımladığı; istikrarlı bir kavramsal çerçeveden hareketle, her bağlam değişikliğinde tutarlı çözümler üretebilme becerisini ortaya koyabilmiştir.

Aşağıdaki paragraflarda, eğitim ve öğretim süreçlerini içine alan ve kaynaklarla da uyumluluğu gösterilen öneriler ileri sürülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızın bulgularından hareketle ve Lawson'dan (1995) esinlenilerek; sınırların kaldırma kuvveti özelinde, temel eğitim ve orta öğretim fen bilimleri öğretim programlarında ve üniversite düzeyinde, öğrencilerin bilişsel pozisyonları dikkate alınıp bir içerik bilgisi oluşturulmalı ve içerik bilgisi ile süreç bilgisinin iç içeliğini dikkate alan kapsam yapılandırılmasına gidilmelidir.

Öğrenme sürecinde, öğrencilerin bilişsel pozisyonlarına göre bir dilin kurgulanması oldukça önemlidir. Hemen her fen kavramı farklı bilişsel düzeylerde ele alınabilir; ancak burada önemli olan kullanılan dildir. Bilimsel bir terminolojinin pedagojiyle ilişkilendirilmesi; fen öğretiminde farklı bilişsel düzeylerde kullanılması gereken dilin "neliğinin" farkında olmaktan geçmektedir. Bilişsel gelişimin daha erken aşamalarında, *nominal dilin* kullanılması; öğrenilen fen terimleriyle ilgili sözcüklerden hareketle oluşturulan sözel önermeler aracılığıyla, olgusal dünyanın neden sonuç ilişkilerinin kurgulanması anlamına gelmektedir (Halloun, 2006).

Akademik süreç içinde, dereceli ve orantılı ilişkilerin yine sözcüklerin hakim olduğu nominal düzeyde kurgulanarak farkındalık yaratılması ve bilişsel düzeyin daha ileri aşamalarında formel dile ulaşılması; öğrenme sürecinin verimliliğini olumlu yönde etkileyecektir.

Öğrencilerden fen bilimlerinin her kavramına yönelik ve bilişsel düzeylerine uygun doğru akıl yürütmeler beklenebilir. Örneğin, Newton mekaniği oldukça teorik bir alan olduğu halde, fen öğrenimin erken aşamalarında doğru nominal dil kullanılsa; öğrencilerin doğru akıl yürütmelere ulaşmasını sağlamak o ölçüde kolay olacaktır. Böylesi bir öğrenme kazanımına erişmek için, öğrencilerin okul ortamına getirdikleri g-ilkselelerce zengin bilişsel yapılarının analiz edilerek belirlenmesi önemlidir.

Öğretme-öğrenme süreçlerinde bilişsel düzeylere uygun dil kullanımının tercih edilmesi ve akıl yürütme becerilerine odaklanması öğrencilerin bilişsel gelişimin erken aşamalarında fen terimlerini *eş güdüm sınıfları* olarak kullanma yeteneğinin gelişmesine katkı verebilecektir. Öğrencilerin çeşitli fen kavramları bağlamında farklı dil düzeyleriyle (nominal dil, formel dil vb.) karşılaşmalarının anlamlı öğrenmeyle sonuçlanacağı ileri sürülebilir. Eshach, Lin ve Tsai'nin çalışmaları (2018), üniversite düzeyinde fen bilimleri eğitimi alan öğrencilerin

bile, ses olgusuyla ilgili hala materyal temelli çoklu düşüncelere sahip olduklarını bulgulararak; üniversitede bilimle ilgili olmanın dahi tutarsız yanıtları ortadan kaldırmadığını göstermiştir. Bu durum ilgili yazarlarca, öğrencilerin yalnızca matematiksel yani formel dille ilgili olmalarıyla ilişkilendirilmiştir. Bu değerlendirmenin fen öğretiminde kullanılması gereken dillerin aşamalılığı yönündeki önerimizle uyum içinde olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda sergilenen bağlamsal soru durumlarının, öğretme/öğrenme süreçlerinde kullanılmasının ve hatta bu bağlamlar eşliğinde deneysel süreçlerle ilişkilendirme yapılmasının; başkaca g-ilkelerin ortaya çıkmasına da neden olacağı ve böylece deneysel etkinliklerin manipüle edilmesinin formel dil gelişimini hızlandıracağı ileri sürülebilir. Öyle ki, Özdemir (2017) ortaokul öğrencilerinin kuvvet olgusuyla ilgili bilgi yapılarına yönelik bir çalışmasını, somut sorular eşliğinde farklı bağlamsal durumları örnekleyen bir soruşturma süreciyle yürütmüştür. Kuvvet olgusunu içeren farklı ve öğrencilerin aşına olduğu durumlara yönelik bir soruşturmanın öğrencilerin başkaca g-ilkeller oluşturmalarına katkı vermesinin yanı sıra, akıl yürütmelerini de tetiklediğini bulgulardan hareketle ileri sürmüştür. Bu yöndeki bir bulgu; fen kavramlarına yönelik öğretme/öğrenme süreçlerinde, çalışmamızda kullanılan bağlamsal soru örneklerinin tutarlı kavramsallaştırmaların geliştirilmesine katkı vereceğinin bir örneğini sergiler niteliktedir. Bilim tarihi temelli fen öğretimi de bağlamsal öğretme-öğrenme süreçlerinin önemine göndermede bulunmaktadır. Stinner ve Williams'ın (1993) fen öğretimine yönelik bilim tarihi temelli çalışmaları, gelenekel ders kitabı içeriklerinin öğrencilerin bilimsel olmayan görüşlerini ortadan kaldırmadığını ortaya koymaktadır. Bu görüşten hareketle de *algoritma tekrarı* tekniğini aşan bağlamsal öğretme-öğrenme süreçlerinin, hem akıl yürütme becerilerini hemde içerik bilgilerini geliştirmeyi hedefleyen anlamlı öğrenmeye neden olabileceği önerilebilir.

Vosniadou (2019) dahi, öğrencilerin sezgisel bilgilerinin parçalı olduğuna göndermede bulunarak; etkili bir fen eğitiminin gerçekleştirilebilmesi için; öğrencilerin sezgisel bilgilerinin farkında olmalarının önemine vurgu yapmaktadır. Aynı zamanda ona göre, fen eğitiminin öğrencilerin akıl yürütme becerileri ve beraberinde uygulama becerilerini de destekler nitelikte olması gerekir. Bu yöndeki bir yaklaşım, çalışma bulgularımızın fen öğretim süreçlerinin nasıl olması gerektiğine yönelik çıkarım ve tavsiyeleriyle uyum içindedir.

ETİK METNİ

Bu makalede dergi yazım kurallarına, yayın ilkelerine, araştırma ve yayın etiği kurallarına, dergi etik kurallarına uyulmuştur. Makale ile ilgili doğabilecek her türlü ihlallerde sorumluluk yazara aittir. Etik Kurul Onayı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu 30.10.2020 tarihli, 2020/661 sayılı karardır.

KAYNAKÇA

Apaydın, Z. (2014). The knowledge structures about buoyancy concept of secondary school students: Phenomenological primitive flotation. *Education and Science*, 39 (174), 402-424. <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3258>

- Apaydın, Z., Akman, E., Taş, E., & Peker, Aymen, E. (2014). Analysis of knowledge structures about light concept of first level elementary students according to conceptual change theories. *Journal of Computer and Educational Research*, 2(3), 44-68.
- Apaydın, Z., Çobanoğlu, E. O., & Ergül, S. (2018). Change! physical or chemical? phenomenological analysis of secondary school 7th grade students' structure of knowledge related to the concepts of physical and chemical change. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 9(33), 1919-1953.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press.
- Chi, M. T. H. (1988). Children's lack of access and knowledge reorganization: An example from the concept of animism. In F. Weinert, & M. Perlmutter (Eds.), *Memory development: Universal changes and individual differences* (pp. 169-194). Erlbaum.
- Chi, M.T.H., & Slotta, J.D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 249-260. <https://www.jstor.org/stable/3233728>
- Chi, M. T. H., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3-27). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Chiou, G. L., & Anderson, R. (2010). A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology-process analysis. *Sci. Ed.*, 94, 825-854. <https://doi.org/10.1002/sce.20385>
- Clair-Thompson, H. St., Overton, T., & Botton, C. (2010) Information processing: a review of implications of Johnstone's model for science education. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 131-148. <https://doi.org/10.1080/02635141003750479>
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24, 467-563. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_3
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of research in science teaching*, 33, 407-431. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199604\)33:4<407::AID-TEA4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199604)33:4<407::AID-TEA4>3.0.CO;2-W)
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008>
- diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (1998) What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191. <https://doi.org/10.1080/0950069980201002>

- diSessa, A. A. (2002). Why "conceptual ecology" is good idea. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 29-60). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900. <https://doi.org/10.1016/j.cogsci.2004.05.003>
- Dole, J. A., & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2-3), 109-128. <https://doi.org/10.1080/00461520.1998.9653294>
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Pergamon.
- Duit, R. H., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Eshach, H., & Schwartz, J. L. (2006) Sound stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28(7), 733-764.
- Eshach, H., Lin, T., & Tsai, C. (2018). Misconception of sound and conceptual change: a cross sectional study on students' materialistic thinking of sound. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 664-684.
- Förtsch, C. Dorfner T., Baumgartner J., Werner S., Kotzebue L., & Neuhaus B. J. (2020). Fostering students' conceptual knowledge in biology in the context of german national education standards. *Res Sci Educ* 50, 739-771. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9709-8>
- Furuta, T. (2000). The impact of generating spontaneous descriptions on mental model development. *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 247-256. <https://doi.org/10.1023/A:1009495601365>
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learner's knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88. <https://doi.org/10.1080/095006900290000>
- Ginsburg, H. P. (1997). *Entering the Child's Mind: The Clinical Interview in Psychological Research and Practice*. Cambridge University Press.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11, <https://doi.org/10.1080/095006900289976>
- Guzetti, B., & Hynd, C., Eds. (1998). *Perspectives on conceptual change*. Lawrence Erlbaum.
- Halloun, (2006). *Model theory in science education*. Springer.
- Hamid, R., & Widodo, A. (2017). Students' conceptual change in electricity. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, 57, 48-52. <https://drive.google.com/file/d/0B7n6W8g9wAuvU0IIN1dpZ1U5YnM/view>
- Hammer, D. M., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp. 89-120). Information Age Publishing.

- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55–87. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P)
- Hewson, P. W. (1992). *Conceptual change in science teaching and teacher education*. National Center for Educational Research. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.459.7855&rep=rep1&type=pdf>
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (1991). *The development of the concept of force in Greek children*. [Conference presentation]. Biennial meeting of the European Society for Research on Learning and Instruction, Turku, Finland.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5–61. https://www.researchgate.net/publication/241128731_The_Changing_Meanings_of_Force/citations
- Ivarsson, J., Schoultz, J., & Säljö, R., (2002). Map reading versus mind reading: revisiting children's understanding of the shape of the earth. In M. Limón, & L. Mason (eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (p. 77-100). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_1
- Jin, H., Zhan L., & Anderson, C. W. (2013). Developing a fine-grained learning progression framework for carbon-transforming processes. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1663–1697. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.782453>
- Jin, H., Rijn, P., Moore, J. C., Bauer, M. I., Pressler, Y., & Yestness, N. (2019). A validation framework for science learning progression research. *International Journal of Science Education*, 41(10), 1324-1346. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1606471>
- Jung, W. (1993). Uses of cognitive science to science education. *Science & Education*, 2 (1), 31-56. <https://doi.org/10.1007/BF00486660>
- Khishfe, R. (2017). Consistency of nature of science views across scientific and socio-scientific contexts, *International Journal of Science Education*, 39(4), 403-432. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1287976>
- Kirbulut, Z. D., & Beeth, M. E. (2013). Consistency of students' ideas across evaporation, condensation, and boiling. *Research in Science Education*, 43, 209-232. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9264-z>
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Watsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 906-1018. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200011\)37:9<996::AID-TEA8>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200011)37:9<996::AID-TEA8>3.0.CO;2-J)
- Lee, V., Krakowski, M., Sherin, B., Bang, M., & Dam, G. (2006). *Methodological challenges for identifying and coding diverse knowledge elements in interview data*. [Conference presentation]. The 2006 Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

- Leppävirta, J. (2012). The effect of naïve ideas on students' reasoning about electricity and magnetism. *Res. Sci. Educ.*, 42,753–767. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9224-7>
- Liu, X., & MacIsaac, D. (2005). An investigation of factors affecting the degree of naïve impetus theory application. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 101-116. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2738-x>
- Mason, L. (Ed.). (2001). Instructional practices for conceptual change in science domains. *Learning and Instruction*, 11, 259–429.
- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McLure, F. I. (2018). *A Critical Evaluation of the Thinking Frames Approach as a Teaching Strategy for Multidimensional Conceptual Change in the Science Classroom* [Unpublished doctoral dissertation]. Curtin University.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- Nadelson, L. S., Heddy, B. C., Jones, S., Taasobshirazi, G., & Johnson, M. L. (2018). Conceptual Change in Science Teaching and Learning: Introducing the Dynamic Model of Conceptual Change. *International Journal of Educational Psychology*, 7(2), 151-195. <https://doi.org/10.17583/ijep.2018.3349>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, 163-183. <https://doi.org/10.1007/BF00869953>
- Özdemir, G. (2007). Öğrencilerin kuvvet kavramına ilişkin bilgi yapılarının bir analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8, 37-54.
- Özdemir, G., & Clark D. B. (2009). Knowledge structure coherence in Turkish students' understanding of force. *Journal Of Research In Science Teaching*, 46,570–596. <https://doi.org/10.1002/tea.20290>
- Özdemir, G. (2017). Utilizing concrete manipulatives in contextually distinct situations to assess middle school students' meanings of force. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(3), 187-202. <https://doi.10.18404/ijemst.99659>
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. B. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167–199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>
- Posner, G. J., Strike. K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci. Educ.*, 66, 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi M. T. H., & Resnick, L. B. (2000). Naïve physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1-34. https://doi.10.1207/S1532690XCI1801_01

- Reinfried, S., & Tempelmann S. (2014). The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, 36(2), 304–333. <https://doi.10.1080/09500693.2013.773598>
- Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 235-276. https://doi.10.1207/s15327809jls0203_1
- Rowlands, S., Graham, T., Berry, J., & McWilliam, P. (2007). Conceptual change through the lens of newtonian mechanics. *Sci Educ*, 16, 21-42. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-1339-7>
- Rusanen, A. (2014). Towards to an explanation for conceptual change: a mechanistic alternative. *Science & Education*, 23, 1413-1425. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9656-8>
- Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M., Eds. (1999). *New perspectives on conceptual change*. Pergamon.
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19, 479–541. https://doi.10.1207/S1532690XCI1904_3
- Samarapungavan, A., & Wiers, R. W. (1997). Children's thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2), 147-177. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(99\)80021-4](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(99)80021-4)
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85, 328-348. <https://doi.org/10.1002/sce.1013>
- Stinner, A., & Williams, H., (1993). Conceptual change, history, and science stories. *Interchange*, 24, 87-103. <https://doi.org/10.1007/BF01447342>
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. Duschl, R. Hamilton (eds.), *Philosophy of science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147-176). Suny Press.
- Teichert, M. A., Tien, L. T., Anthony S., & Rickey D. (2008). Effects of context on students' molecular-level ideas. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1095-1114. <https://doi.10.1080/09500690701355301>
- Turcotte, S. (2012). Computer-supported collaborative inquiry on buoyancy: A discourse analysis supporting the “pieces” position on conceptual change. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 808-825. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-012-9368-x>
- Tytler, R. (1998). Children's conceptions of air pressure: Exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20, 929-958. <https://doi.org/10.1080/0950069980200803>
- Ueno, N. (1993). Reconsidering p-prims theory from the viewpoint of situated cognition. *Cognition and Instruction*, 10, 239–248. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649010>
- Vaiopoulou, J., & Papageorgiou, G. (2018). Primary students' conceptions of the Earth: Re-examining a fundamental research hypothesis on mental models. *Preschool and Primary Education*, 6(1), 23-34. <http://dx.doi.org/10.12681/ppej.14210>

- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, 219-237. <https://doi.org/10.1080/0022027910230302>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45 – 70. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.541.5078&rep=rep1&type=pdf>
- Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction*, 6, 95-109. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(96\)00008-4](https://doi.org/10.1016/0959-4752(96)00008-4)
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61-76). Kluwer Academic Publishers.
- Vosniadou, S. (2007). *The conceptual change approach and its re-framing*. In S. Vosniadou, A. Baltas, & X. Vamvakoussi (Eds.), *Advances in learning and instruction series. Reframing the conceptual change approach in learning and instruction* (p. 1–15). Elsevier Science.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67. <http://www.jstor.org/stable/1170356>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- Vosniadou, S., & Matthews, D. B. (1992). *Elementary school children's comprehension of science text*. [Conference presentation]. The annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Vosniadou, S., & Kempner, L. (1993). *Mental models of heat*. [Conference presentation]. The biennial meeting of the Society for Research in Child Development, New Orleans.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90022-1)
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230. <https://doi.10.1080/0950069980201004>
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, F. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419. [https://doi.10.1016/S0959-4752\(00\)00038-4](https://doi.10.1016/S0959-4752(00)00038-4)
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seckin Yayınları.

Ek: Etik Kurul Kararı



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURUL KARARLARI

KARAR TARİHİ	TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI
30.10.2020	9	2020/661

KARAR NO: 2020/661
Üniversitemiz Eğitim Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Zeki APAYDIN'ın "Suyun Kaldırma Kuvvetine Yönelik Kavramsal Değişim Teorileri Bağlamında Görüngübilimsel Bir İnceleme" isimli Öğretim Üyesi Araştırmasına ilişkin mülakat ve ses kaydı çalışmalarını içeren 33629 sayılı dilekçesi okunarak görüşüldü.

Üniversitemiz Eğitim Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Zeki APAYDIN'ın "Suyun Kaldırma Kuvvetine Yönelik Kavramsal Değişim Teorileri Bağlamında Görüngübilimsel Bir İnceleme" isimli Öğretim Üyesi Araştırmasına ilişkin mülakat ve ses kaydı çalışmalarının kabulüne oy birliği ile karar verildi.