

**Quality of Energy in Education: Students conceptions of exergy analysis in the topic of
sustainability**

Erika E. Broekema

Utrecht University

Science education and communication: teacher track chemistry

Student number: 4071247

Research project 30 ECTS

Quality of Energy in Education:**Students conceptions of exergy analysis in the topic of sustainability**

Supervisor:

Dr. Ir. A.M.W. Bulte

Freudenthal institute Utrecht University

Second examiner:

Dr. G.T. Prins

Freudenthal institute Utrecht University

Erika E. Broekema

Student number: 4071247

e.e.broekema@students.uu.nl

Master science education and communication: teacher track chemistry

Utrecht University: Freudenthal institute

Amount of words: approximately 8900

Date of handing in: 20 January 2019

Table of contents

Abstract	5
Introduction.....	5
Theoretical framework.....	9
Sustainability	9
Exergy	10
Displaying exergy analysis	12
Citizenship in education	13
Students conceptions	14
Methods	14
Sample/participants	14
Instruments	16
Setting	20
Data collection and analysis	21
Results	21
Sustainability	23
Energy.....	25
Exergy and exergy analysis.....	27
Conclusion	30
Discussion.....	33
Recommendations	35
References.....	36
Appendix 1: The interview protocol.....	40
Appendix 2: Interview 1	44
Appendix 3: Interview 2	54
Appendix 4: Interview 3	61
Appendix 5: Interview 4	72
Appendix 6: Interview 5	79
Appendix 7: The coding book.....	84

Abstract

For the last few years sustainability has been a growing topic of interest. Action has to be taken to save the earth and the following generations. However, society is not able to live sustainably if the knowledge about sustainability is missing. The chemistry curriculum in the Netherlands is slowly changing to contain the necessary concepts in connection to sustainability. Therefore the topic of exergy has been introduced in the exam programs of both HAVO and VWO. In the school materials, however, the topic is not yet present. To reach the goal of making good lesson materials, this first exploration study is done. The aim of this exploration study is to see what the students already know about the concepts of sustainability, energy, exergy and exergy analysis. To accomplish this goal an interview was conducted with small groups of students around the age of 15. The participants were selected by using maximum variation sampling, to gather information as broad as possible. From these interviews certain responses were noteworthy. The students tend to explain a lot of concepts and relations by using examples or applications. The pupils have some knowledge about the definition of sustainability, but there are still gaps to fill. Also a language mistake and stereotype was perceived regarding the use of the word energy. Also, the students reason by means of merely a piece of the exergy analysis diagram and not by using the whole diagram. These results lead to certain recommendations for further research.

Introduction

Sustainability and green energy are important concepts nowadays. The polar ice is melting, we are running out of fossil fuels and as a result of the enhanced greenhouse effect the sea level rises. In the present, we all need to take action in order to provide the next generation with a liveable planet. The measures we are already taking now, such as making use of renewable energy sources and production processes using green technology, are not enough to save the future generation (IPCC, 2014). The first step, to provide the next generation with a liveable planet, is to raise awareness. Improving education is the first necessary condition to give knowledge, skills and attitudes to the next generation. When that first step is taken, the future generation should be

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

able to take his or her responsibility. The first step lies in the hands of publishers, schools and teachers.

A teacher has certain roles, one of these roles is the role of a pedagogue. Students are prepared at school for their own role in our society. Therefore, teachers play an important role in teaching students how our society functions and how the students should adapt to the world outside school (Geurts & Meijers, 2006, p. 9). The social problem in the topic of sustainability is that society cannot make sustainability practical, one of the causes for this is that people do not know enough about the topic sustainability (IPCC, 2014). Next to knowledge human behaviour is relevant. Especially the relation between having the knowledge and acting accordingly is of uttermost importance, but this relation is very complex (Vallerand, Deshaies, Cuerrier, Pelletier, & Mongeau, 1992). Therefore, the students should be taught what sustainability is and how to adapt their behaviour to the changing conditions of our planet. When they are taught how to live sustainably, the students should be motivated to actually use this information in their lives. To teach the students about citizenship is very important, because the students will only make a difference in the social problem when they are aware of their duty in society (Banks, 2001). A more societal and multi-dimensional approach in chemistry education can lead to a better understanding of sustainable issues (Burmeister, Rauch, & Eilks, 2012). Actively learning about the different chemistry processes will help develop chemistry skills. Therefore, involving the students in real life chemistry processes is a great opportunity for the students to learn. Around the world multiple researches were done on the topic of education of sustainability. The results of these researches lead to very different ways of dealing with sustainable issues. Burmeister, Rauch and Eilks (2012) suggest using one of the four different basic models. The first of which is implementing the principles of green energy in the lab work. The second is implementing sustainability strategies to the chemistry lessons. The third is the use of sustainability issues as socio-scientific issues in

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

chemistry education. The fourth is to become an education for sustainability development school, an ESD school.

In the Dutch chemistry education, however, there is little attention for the subjects of sustainability and green energy. The chemistry methods deal with the topic of sustainability superficially, the methods are not directed at understanding the concepts, but on the lower cognitive levels (Pilot, & van Driel, 2001). The carbon cycle, for example, is integrated in the chemistry curriculum, but is only scratched on the surface. The concept quality of energy is present in the exam program for both HAVO and VWO in the Netherlands (College voor toetsen en examens, 2017), but is not specified enough for teachers to understand what should be taught. Most chemistry methods only mention the quality of energy shortly, instead of explaining what is meant with it (Driessen, Rietman, Scholte & Velzeboer-Breeman, 2014). The materials that are already available in the topic sustainability just shortly go over the concept of quality of energy, but without truly explaining what the effects of the quality of energy are.

The overarching aim of this research is that the contents of the curriculum concerning the topics of sustainability and energy should be elaborated, so the concepts quality of energy and exergy will be more clearly explained in relation to sustainability. This will require adaptations to the contents of lesson materials, which is a first step to improve education in the subjects of sustainability and green energy.

For students it is important that their pre-existing knowledge is connected to the learning of a new topic (Vosniadou, 1994). Besides, the knowledge and skills the students learn should be relatable to their live world experiences. Therefore, the topics of the lessons need to be meaningful to them (Ebbens & Ettehoven, 2013, p. 18). A context which is related to the students' life would very likely lead to a higher learning outcome (Ebbens & Ettehoven, 2013, p. 18). For this reason, this study

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

uses a context in the food industry; the production of starch and milk, this is a topic all students can probably relate to.

This study is a second step in a series of researches. When new topics are introduced to the curriculum, firstly a conceptual analysis is done, then the conceptions of students are explored and finally new instructions or lesson materials can be designed to use in the classroom. The first step in these series of researches was taken by Tim van Luit. A concept analysis is already done on the topic of exergy (Luit van, 2018). In this prior research five core concepts to describe exergy have been determined: system, energy, Carnot cycle, efficiency and visualisation. Tim did not study the students' thoughts about this topic, so there is no information about the students' conceptions yet. This study will look at the students' existing pre-knowledge and their way of reasoning about the concepts quality of energy and exergy. It is essential to map the intuitive knowledge of the students. When it is known what the intuitive knowledge of the students is, it can be determined whether it can be used to develop new lesson materials. The learning materials should be improved based on the level and prior knowledge of the students. So that the curriculum will not only connect with them, but will also extend their knowledge in a practical manner (Geerts & Van Kralingen, 2014, p. 35).

This study is a first exploration. Only a few years ago the term quality of energy was introduced in the exam program. Therefore, there is not much known about the prior knowledge of high school students on this topic. The aim of this research is to investigate what pre-existing notions students already can elaborate on the topic of exergy. The research question that follows is:

What are students' pre-existing conceptions concerning exergy analysis in the topic of sustainability?

Theoretical framework

Introduction to theoretical framework

In relation to the research question the following topics are subsequently addressed in the theoretical framework: sustainability, exergy, displaying exergy analysis and students' conceptions. Secondly, this section discussed citizenship in education, because this should be connected to sustainability education.

Sustainability

The definition of sustainability used in this research is:

“A development that meets the needs of now, without having a negative influence on the ability of future generations to measure up to their needs.” (World Commission on Environment and Development, 1987)

There are three conditions that must be met before a process can be called sustainable. These three conditions are: the process needs to be able to be economically achievable, the environment must be protected and it must have a civilised value (Glavic & Lukman, 2007). These conditions combined form the essential core of sustainability (Adams, 2008). The three conditions are shown in *figure 1*.



Figure 1 The three sectors that combined will lead to sustainability. ("Sustainability, Society and You," n.d.)

The chemistry curriculum touches only the surface of the concept sustainability, especially the environmental part of sustainability. Therefore for the first sub-question the responses from the students will be expected to be along the line of the environmental part, but only responses that scratch the surface of the concept are expected. To give the students a complete image of sustainability all three parts should be present in the chemistry curriculum. Consequently the concept exergy will be a good addition in the curriculum, but what is exergy exactly?

Exergy

The most important concept in this research is exergy. To understand what exergy means we have to look at the laws of thermodynamics. The first two laws of thermodynamics state that mass and energy will never be destroyed or created. When applied to different situations, these laws seem less straightforward. Consider for example an oven; the energy comes from the power cord of an electrical plug and is subsequently transformed to heat to cook dinner. When you reverse the process, that is; you put the warm dinner in the oven, however, the heat will not be transformed into electrical energy again. The energy is downgraded, the quality of the energy has become lower when cooking in the oven. Therefore, energy can be downgraded, as in the example of the oven, but energy cannot be upgraded again.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

The quality change of energy, compared to the environment, is defined as exergy. Boom (2017, p. 4-4) states that exergy is defined in the following way:

“Exergy can be defined as the degree of disequilibrium with the environment”

There are three kinds of energy that influence the equilibrium of the environment: thermal, mechanical and chemical. When there is total equilibrium, thermally, mechanically and chemically, the value of exergy is zero. Consequently, when the value of exergy is nonzero, work can be extracted from the system.

Therefore, to make use of the concept exergy, a standardised environment must be defined. This environment is a so called ‘dead state’. Imagine a large basin that cannot exchange thermal energy, mechanical energy or chemical energy with its surroundings. Then the environment is in complete equilibrium. The exergy thus is the amount of disequilibrium between system and environment in complete equilibrium as stated above.

In this research the focus on the use of exergy will be mainly on the production of food. With this choice, it is expected that students can make a better connection between their daily life experiences and the rather abstract concepts of energy and exergy. When the lessons will have a relation to the world of the students, the students are bound to learn more than when the context does not relate to the students (Ebbens & Ettehoven, 2013, p. 18). The production of food requires a disequilibrium between system and environment. The disequilibrium could be related to chemical, mechanical, electrical or thermal disequilibrium. When the disequilibrium is large, the production of food will be inefficient. That means, a design in which food is produced by using the smallest disequilibrium will be the more sustainable design.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

As stated before, according to the first two laws of thermodynamics energy will be preserved during a production process: energy could be transformed from one kind of energy to another, but the overall amount will stay the same. That is different for the amount of exergy. As seen in *figure 2*, the amount of exergy will decrease in a (real-world irreversible) production process.

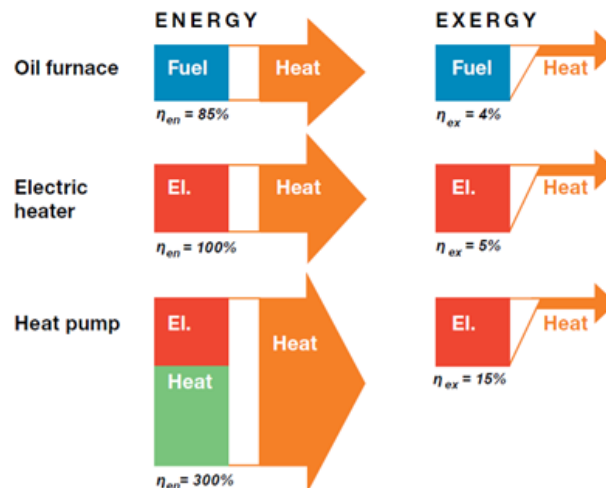


Figure 2 The energy and exergy streams in different industrial processes.

Displaying exergy analysis

Exergy analysis could be displayed with a Sankey-diagram, or more specific with a Grassmann diagram. The Grassmann diagram is a variant of the Sankey-diagram, which specifically shows exergy flows and exergy losses. In the Grassmann diagram, the total flow of exergy that goes into a process and the total flow of exergy that comes out of the process are displayed by means of arrows. The broader the arrow, the more exergy goes in or out. (Stenum GmbH, 2018) A Grassmann diagram helps to identify whether a process could be considered efficient or inefficient. *figure 3* shows a general Grassmann diagram. These Grassmann diagrams will be used to investigate whether the students are able to reason with this kind of diagrams.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

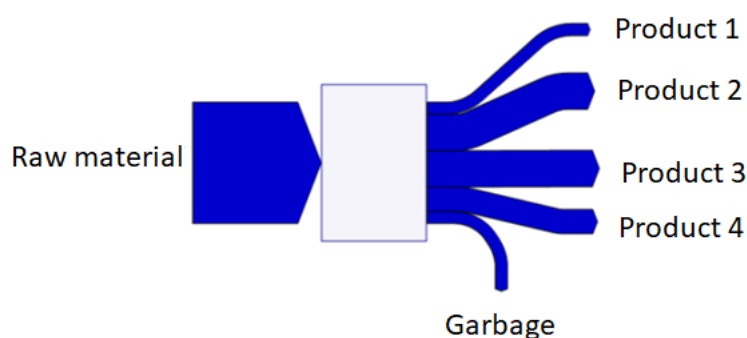


Figure 3 A general Grassmann diagram, in which can be seen that the exergy that goes into the process will not all come out of the process as a useful product. (Van der Goot, 2016)

Citizenship in education

To enhance the relevance of education in science multiple aspects need to be taken into account (Eilks & Hofstein, 2014). First of which is the personal lives of the students, then the career chances and finally the status within and relationship with society. Therefore, it is clear that working on citizenship in science is necessary for the relevance of science education. The societal dimension will spread across the present and the future. Both intrinsic and extrinsic motivation are addressed in the societal dimension.

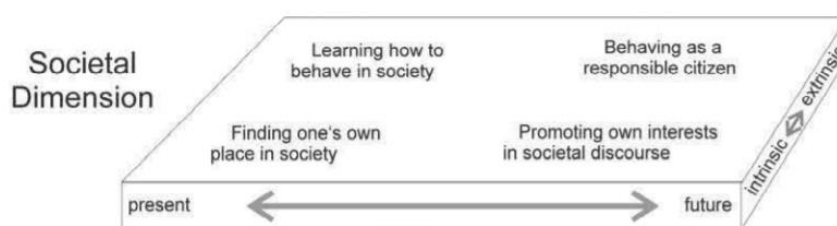


Figure 4 The societal dimension of relevance in science education. (Eilks & Hofstein, 2014)

To teach the students about citizenship, an interdisciplinary approach should be used (Eilks & Hofstein, 2014). This means that the different beta subjects like biology, chemistry and physics should collaborate, but non science subjects like economy, social sciences and ethics are just as important, if not more important and should be integrated (Eilks & Hofstein, 2014).

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Students conceptions

The curriculum has a few lasting topics, which have been there for quite a while (Driessen, Rietman, Scholte & Velzeboer-Breeman, 2014). Not very often new topics are introduced to the curriculum, let alone the exam program. These new topics need to be explored first. In this exploration it is very important that the students' conceptions are being mapped. Research has shown that the prior knowledge of the students is determining the results of the learning (Tomic & Span, 1993).

Before learning, students start with a certain amount of knowledge, the prior knowledge. This prior knowledge can consist of scientific conceptions, but also of misconceptions, alternative conceptions or pre-conceptions (Dochy, Segers, & Buehl, 1999). Inaccuracies or misconceptions in the prior knowledge are hard to overcome. When talking to the students, certain ideas or perspectives can be evoked. The students already have a lot of pre-existing knowledge that they have learned from their environment, they can already reason quite well with this informal daily life knowledge.

To answer the research question a few sub-questions must be answered. The first of which is: How do students reason within the topic of sustainability? The second sub-question is: How do students reason within the topic of energy? And the final sub-question is: How do students reason when analysing exergy diagrams? The structure of the interview is consistent with the order of the three sub-questions.

Methods

Sample/participants

The research is a qualitative research, because the outcome of the research must map the pre-existing knowledge of the students about the concept exergy. For a first exploration, the sample can be small. The participants in this research consist of a group of 11 students. These are all 4

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

VWO (grade 10) students. This group is chosen because the aim of the research is related to the upper-secondary chemistry exam. The prior knowledge of the students in the 4 VWO class is therefore more important than the knowledge of the students in the first and second classes (seventh and eighth grade). The interviews are taken early in the school year; so the results can be considered as the starting point for the upper school students. In this investigation, the participants have to speak freely. Accordingly, the group with the most talkative students is asked to participate. The group of students in 4 VWO varies in interest in science and in their backgrounds. The students which are interviewed represent other 4 VWO students. Therefore, it is important that the students are able to talk freely, they are able to express everything they are thinking. The interview will be taken in pairs or threesomes to make the participants feel comfortable, so that they will speak freely. In total there are two groups of three females, one group of two females, one group of two males and one male who wants to participate alone. The groups are numbered as follows:

- Interview group 1 : group of three females
- Interview group 2: group of three females
- Interview group 3: group of two females
- Interview group 4: group of two males
- Interview group 5: one male

The students have some say in with whom they will do the interview. This is done to create the safest environment for them to speak.

The students are chosen according to their different backgrounds, this is a form of purposive sampling. The form of purposive sampling which will be used is maximum variation sampling (Coyne, 1997). The students are chosen according to their social economic background, their abilities in school and their interest in science. By looking at the students in a broad spectrum, the outcomes of the research lead to a good understanding of the students' pre-existing knowledge of

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

the concept exergy. In each group there is a student that is selected because of his or her social economic background and a student that is selected for his or her abilities in school and a student that is selected for his or her interest in science. The background of the students is checked with a learner tracking system. The information about the parents is in the system and most of the time additional information is available at school. This way of sampling will help design the curriculum in a way that the curriculum will be better adapted to the different prior knowledge of the students.

Looking at the specifically chosen participants, there is quite a variety in the group. In the group are eight female and three male students. All students are enrolled in the nature and technology profile, that means that the students have both chemistry and physics as their school subjects. Nine of the students live in a town and two of the students live in a small town. One of the students is an immigrant from Nigeria. The students are fifteen years old except for one who is sixteen years old. Most of the parents of the students are working, there are two students who have only one working parent. One student has divorced parents. Seven participants have siblings, which varies between one or three siblings. One of the students has an insufficient mark for chemistry and two students have an insufficient mark for physics. Especially the females showed interest in science, the males considerably less. Information about the socio-economic background is not available.

Instruments

A semi-structured interview is constructed to gather the data. This interview contains a student task that is specifically designed to induce student reasoning. The students need to be able to tell freely what they know about the topic exergy. To obviate the possibility that the conversation ends early, some questions will be written down beforehand, so if the interview tends to falter preliminary, the conductor of the interview can always fall back on those questions. The interview will cover in the first place the general knowledge of the students about sustainability. Then the interview will be steered towards the concept of energy and eventually the concept exergy. This

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

structure is consistent with the three sub-questions mentioned in the theoretical framework. The concept exergy is elaborated with a student task specifically designed for the purpose of this study. The duration of one interview is approximately an hour. The structured part of the interview consists of the task and of multiple questions that are written down beforehand, the interview protocol is present in appendix 1 and a general setup of the protocol can be seen in *table 1*.

Table 1 The general setup of the interview protocol.

Question	Topic	Question is about
1	Sustainability	Thoughts about sustainability
2	Sustainability	The relation between pre-existing knowledge and source
3	Sustainability	Relation between sustainability and energy
4	Energy	Different types of energy
5	Energy	Meaning of energy in daily life and way of teaching in chemistry and physics
6	Exergy	Meaning of word exergy
7	Exergy analysis	Sustainability two processes
8	Exergy analysis	Way of reading diagrams
9	Exergy analysis	Parts of diagram that stands out
10	Exergy analysis	Big lines of the diagram
11	Exergy analysis	Meaning of different parts of the diagram
12	Exergy analysis	Meaning of width arrows
13	Exergy analysis	Summarizing diagram
14	Exergy analysis	The sustainability of the process
15	Exergy analysis	Making the process more sustainable

The student task in the interview consists of three different parts that need to relate to the students' world of experience. The students make the task while talking out loud about their thought processes. In the first part of the task, the two general Grassmann diagrams of *figure 5* are given. The first of which has a small arrow of garbage, while the second diagram has a broader arrow of garbage. The two diagrams are otherwise totally the same.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

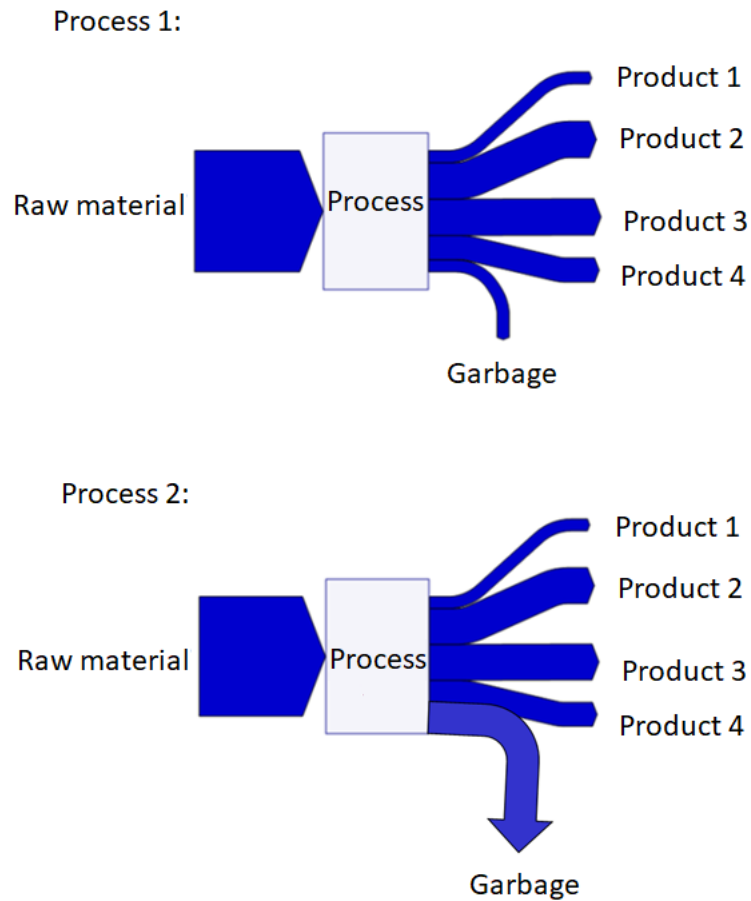


Figure 5 The figures used in the first part of the task. These are general Grassmann diagrams, but the second process has a broader arrow of garbage.

The second part of the task consists of two Grassmann diagrams on the production of starch from flour as can be seen in *figure 6*. The difference between the two diagrams comes from a difference in the processes. The starch is produced differently, thus the diagrams look different.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

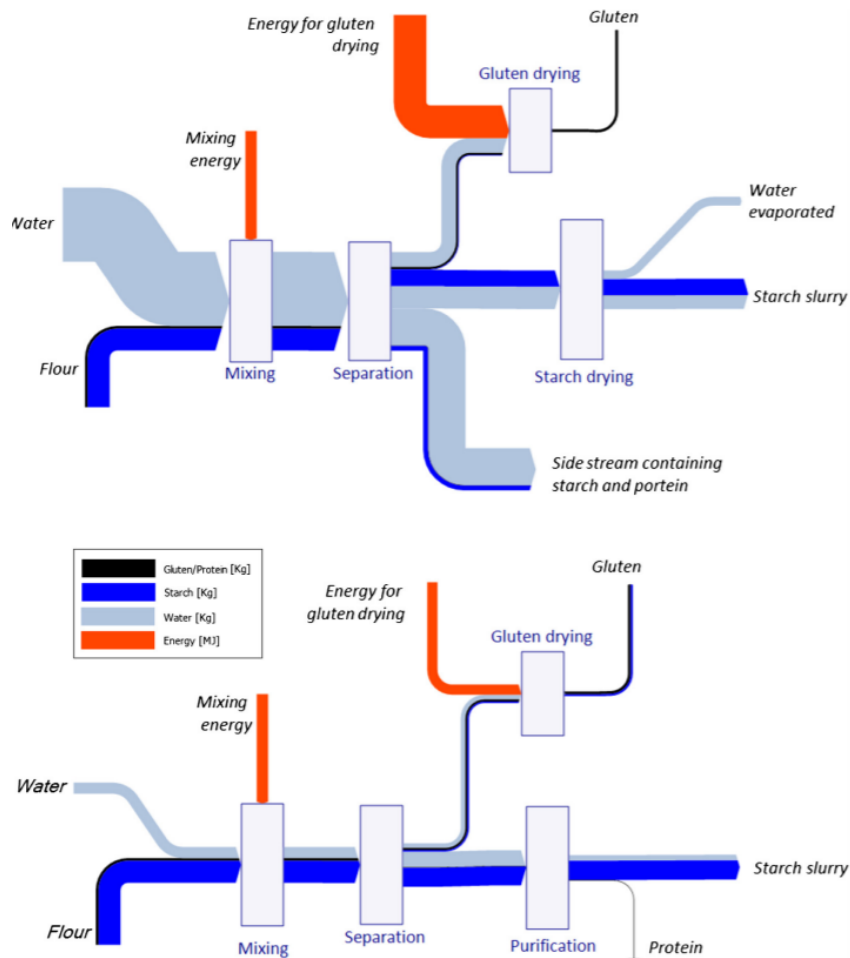


Figure 6 The figures used in the second part of the student task. These are two Grassmann diagrams of the production of starch, with each a different process.

The last part of the task consists of one larger Grassmann diagram, which can be seen in *figure 7*. This diagram shows the production of milk for consumption. The process consists of two parts; the first part is in the cow and the second part is in the factory. The second part of the process, in the factory, is enlarged. This is done to show what is happening inside the factory regarding the energy, in the process of producing milk. The students will be asked to explain what the diagram presents and to think about the sustainability of the processes.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

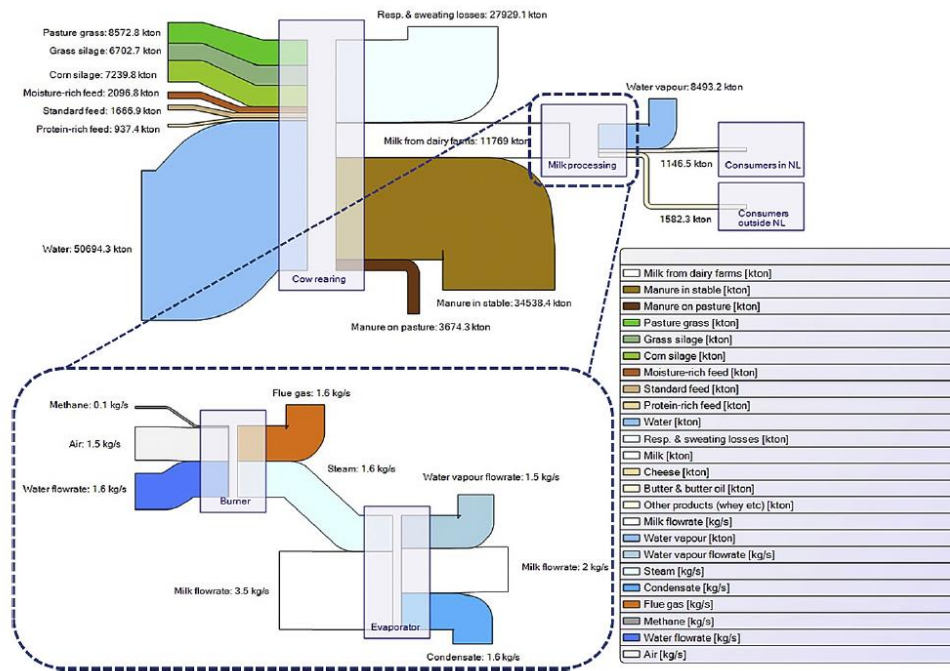


Figure 7 The figure used in the third part of the task. This is a Grassmann diagram of the production of milk.

The students can be directed with help of the task. In that way the students will not stray too far from the topic. These three parts of the task were chosen for different reasons. Firstly, the general way of thinking in these Grassmann diagrams is important to map. If it is known how the students read a general diagram, it can be investigated whether the student really understands these diagrams or needs an example with it. The last two parts of the student task, the process of producing starch and the process of producing milk, are chosen to connect to the life experiences of the students. When the students are confronted with a topic they can relate to, it should be easier to understand the diagrams. To ensure there was a close connection to the experiential world of the participants, two different applications were chosen; the making of starch and the making of milk. The responses of the students must lead to a better understanding of the reasoning of the students concerning exergy analysis. A pilot of the interview was done.

Setting

The interviews take place in a classroom without disturbances from other students, teachers or other disruption factors. The recording on the audio tape is also the clearest when there is no disturbance from outside the classroom. The students have to feel at ease, so the setting is

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

informal (Sutton & Austin, 2015). Therefore, the audio recorder lies out of sight, but still at a place where it can record. During the interview, the interviewer does not take notes, because the students can get nervous as if they are being reviewed (Jacob & Furgerson, 2012). Because the students need to feel at ease the interview is taken in pairs or threesomes. The students can have support from each other, therefore it is more likely that the students will talk freely thinking aloud.

Data collection and analysis

The data is collected by recording the audio of the conversations. These audio fragments are closely listened to and, afterwards, are written out for the analysis. The interviews are transcribed verbatim. Data analysis takes place according to a bottom-up approach. The responses of the interview are coded, to be able to compare the responses of students (Sutton & Austin, 2015). For the analysis of the data the program Nvivo 12 will be used (Welsh, 2002). The open coding option of the data analysis program is used to code the responses. Different themes are determined from the coding. The conversations are compared, by using the coding, to see differences or similarities between the students.

Results

The research question to be answered is:

What are students' pre-existing conceptions concerning exergy analysis in the topic of sustainability?

In this chapter, the answers to the sub-questions will be given. The three sub-questions were:

1. How do students reason within the topic of sustainability?
2. How do students reason within the topic of energy?
3. How do students reason when analysing exergy diagrams?

The results will be divided in three parts, each of them answering one of the sub-questions. In each results section, one part of the interview will be discussed.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

The responses of the students were coded according to the codes described in the coding book.

The coding book is available in appendix 3. The different codes are clustered in certain themes.

These themes are:

- Student ideas
- Using applications and examples
- Looking at processes

In this results section will be referred to the code frequencies, which are displayed in *table 2*. Some paraphrases from the interviews are being given in this section as well. These paraphrases are used in a summarizing way or to illustrate a response that stands out. Since the interviews are in Dutch, the paraphrases are translated for this results chapter.

While analysing the data, the responses in the interviews seemed to be quite different sometimes. Especially the difference between the males' and the females' interviews are noteworthy. The participants in the first three interviews were all females. The participants in the last two interviews were all males. The female participants were more talkative than the male participants, which can also be seen in the coding frequencies. The way the students reason is, depending on the question, quite different. The female participants seem to have more pre-existing knowledge to check their stories or to give a more elaborate explanation. It seems that the male participants do not have much pre-existing knowledge. Therefore, the responses given by the male participants were often responses full of doubt.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Table 2: The frequencies of the codes for each interview and for the total of five interviews as well.

Code	Interview 1	Interview 2	Interview 3	Interview 4	Interview 5	Total
Assumption	15	4	6	9	6	40
Misconception	8	1	10	2	7	28
Stereotype	3	1	3	1	0	8
Definition guessing	1	2	0	3	0	6
Because there is asked for an application or example	9	15	18	9	5	56
To clarify response	16	10	24	6	19	75
To explain a concept or relation	11	8	11	9	2	41
Going into the process	17	26	18	19	10	90
Coming of the process	39	33	30	32	9	143
Making balance of in and out going	14	11	9	9	2	45
Recycling	7	5	11	4	0	27
Lessening the garbage	3	2	7	5	0	17
Lessening the initial substances	0	3	5	3	2	13
Shorten process	0	0	0	0	1	1
Remove process altogether	0	0	0	0	2	2

Sustainability

In this part of the results section, the first of the sub-questions is being answered:

How do students reason within the topic of sustainability?

To be able to answer the question, the first part of the interview will be analysed. In the first part of the interview the students were asked for their pre-existing knowledge of the concept sustainability.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

The first question in the interview was asked to discover what the students' initial thoughts were when hearing the word sustainability. Almost all the students gave immediately an example of a renewable energy source. When asked where the participants learned about sustainability the students gave a mixture of sources. Frequently, their home situation was mentioned or the news.

In the theoretical framework, the following definition of sustainability was found:

"A development that meets the needs of now, without having a negative influence on the ability of future generations to measure up to their needs." (World Commission on Environment and Development, 1987)

When the participants were asked to give the definition of sustainability their responses were full of doubt, some mentioned they did not know exactly. The responses often included something about generating energy or using less materials or compounds. See for example a paraphrase from the interview group 1:

"I think that you generate energy with as little as possible harm to the environment"¹

The response of interview group 3 and interview group 4, mentioning the use of less materials, was:

"To deal more consciously with consumption."²

"Just that you efficient... that you do not use more compounds than is necessary, or something like that."³

From these responses it becomes clear that the students already know that harming the environment plays an important role in the definition of sustainability. The amount of initial compounds is remarked as an important part of sustainability as well. The student do not mention, in the first part of the interview, that sustainability is also about the amount of products and waste that comes out of processes. The future generation is a topic that is not mentioned either. In the

¹ Translated from Dutch. The original text was: "Ik denk dat je energie opwekt met zo min mogelijk schade voor het milieu."

² Translated from Dutch. The original text was: "Bewuster omgaan met verbruik."

³ Translated from Dutch. The original text was: "Gewoon dat je efficiënt.. dat je niet meer stoffen gebruikt dan nodig is zoiets. Zo weinig mogelijk."

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

theoretical framework is spoken about the three parts of sustainability, namely the environmental, economical and social aspects. The students focus the most on the environmental aspects of sustainability. The economical part is mentioned a few times. The social part of the sustainability is not expressed by the participants.

To give an answer to the sub-question, the students were able to name the most important elements of the definition of sustainability. The students still need to learn more about the concept of sustainability, but a certain foundation is present. Most of the time students tend to explain their responses or the concepts by using examples or applications. This seems to make it easier for them to respond to the questions.

Energy

The second part of the interview is about energy. The sub-question that will be answered in this paragraph is:

How do students reason within the topic of sustainability?

The participants were asked whether they could name the different types of energy that they learned in physics the year before. Almost all the participants named a few examples or applications within these different types, like wind energy or nuclear energy. The energy types heat and electrical energy were known best among the students. Chemical energy was always the last type of energy mentioned and sometimes the students did not name this type of energy. If they could not name it or just did not think about mentioning it cannot be said.

When asked about the relationship between sustainability and energy vague responses were given. The students mentioned, again, applications of sustainable sources. A good example of such a response can be found from interview group 2:

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

“Coal-fired power plants with less coal, less atmospheric damage and natural gas will be exhausted less.”⁴

The responses were not exactly an explanation of the relationship between sustainability and energy. So it is likely that the students do not know what the relation is.

Then the participants were asked what energy meant for them in their day-to-day life. Almost all of them responded with an example of how they use energy. An example of such an example is seen from interview group 3:

“Well, you eat and your body makes energy out of that and without food you will die, so you live on energy.”⁵

With interview group 1 it became clear that the students do not always use the correct words and have a certain stereotype regarding energy. From the following paraphrase it becomes clear that the student uses the word ‘energy’, but actually meant to use the word ‘electricity’. They have a stereotypical view about the western countries compared to the third world countries. That is made clear in the following paraphrase from interview group 1:

“participant 2: Actually, the whole world lies still as the energy is turned off. Or at least, that I noticed, I think.

Participant 1: Yes, in the western world.

Interviewer: Why only in the western world?

Participant 1: I think because, we apply a lot of energy here and if you, we built so many things on energy and current and electricity and in third world countries, for example, they are less far in that, so they have less things which are based on that.”⁶

⁴ Translated from Dutch. The original text was: “Kolencentrales minder kool, minder atmosfeer schade ja en aardgas wordt minder uitgeput enzo.”

⁵ Translated from Dutch. The original text was: “Nou je eet en daar maakt je lichaam energie van en zonder eten ga je dood dus eigenlijk leef je op energie.”

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Lastly, the participants were asked if they could find a difference in the teaching on the topic of energy in the school subjects chemistry and physics. The general vision of the students was that chemistry is mostly about the way energy is produced. Physics was according to the students focussed more on the bigger picture, not very much upon details but on the application of energy. Therefore, it can be concluded that the students notice a difference between chemistry and physics regarding the teachings of the topic of energy.

The participants reason about energy using multiple examples or applications. The relation between sustainability and energy seems to be unclear to the students. It seems the students see no difference between the types of energy and these types applied to processes. Furthermore, the participants have a clear picture in their mind about the way of teaching of the topic of energy in chemistry and physics. In the subject chemistry students learn how energy is produced, and in the subject physics students learn about the application of energy.

Exergy and exergy analysis

To answer the last sub-question the student tasks from the interview were used. The sub-question is:
How do students reason when analysing exergy diagrams?

Firstly the students were asked in the last part of the interview if they knew the word 'exergy', whether they had heard of it before. None of the participants recognized the word 'exergy'. In three of the interview groups, respectively interview groups one, four and two, the participants

⁶ Translated from Dutch. The original text was: "Leerling 2: Eigenlijk ligt de hele wereld stil als de energie uit staat. Of tenminste dat heb ik gemerkt, dat denk ik. Leerling 1: Ja, in de westerse wereld. Interviewer: Waarom alleen in de westerse wereld? Leerling 1: Ik denk omdat we hier heel veel energie toepassen en als je, we hebben zoveel dingen gebouwd op energie en stroom en elektriciteit en dat hebben ze bijvoorbeeld in derde wereldlanden zijn ze daar veel minder ver in dus ze hebben daar veel minder dingen die daarop berusten."

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

tried to guess what the meaning was. There were actually two different options given by the students:

“Exergy? Out energy or something.”⁷

“That is, well I think energy is about endotherm as in, inside and exo- is about outside then...”⁸

“Are those (energy and exergy) opposites of each other?”⁹

The first paraphrase is from interview group 1, the second paraphrase is from interview group 4 and the last paraphrase is from interview group 2. The participants saw the ex- of exergy as a sign of something going out or outside and some others thought it was the opposite of energy. However, as said before these were merely guessed meanings of the students, but valuable to take them in mind when implementing the concept exergy in education.

Then the students were shown some diagrams. These diagrams can be seen in *figures 5, 6 and 7* in the methods section. The first pair of diagrams only had a difference in the arrow of garbage that came out of the process. The students focussed in this case mostly on this arrow, because it was the only difference between the diagrams. From the question what the width of the arrows meant the students responded often that it was the amount of substances, the broader the arrow the more of the compounds was used. There was one participant in interview group 5 that gave a different response:

“How much energy is present”¹⁰

When the participant was asked again what the arrows presented in the last diagram he had changed his response to the amount of materials.

In the second part of the student task, the students were asked which process they thought was more sustainable. Two of the participants thought that the bottommost process was more

⁷ Translated from Dutch. The original text was: “Exergie? Uit energie ofzo. Nee”

⁸ Translated from Dutch. The original text was: “Dat is nou ik denk energie gaat dan over endotherm als in binnen en exo gaat dan over buiten..”

⁹ Translated from Dutch. The original text was: “Zijn dat tegenovergesteld van elkaar?”

¹⁰ Translated from Dutch. The original text was: “Hoeveel energie er is.”

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

sustainable, while six of them thought that the uppermost process was more sustainable. The participant from interview group 5 came with a remarkable response. He compared the figures to the process of generating nuclear energy, this comparison was not made before:

“the bottommost process generates more garbage, but wait a minute. With nuclear energy, which is a sustainable form of energy, also nuclear garbage is generated.”¹¹

He used the opinion that nuclear energy is sustainable, which is according to the three parts of sustainability not the case. Nuclear energy does not conform the three conditions, economically achievable, environment protective and has a social value, to call a process sustainable (Glavic & Lukman, 2007). Some scientist, however, do think the process can be called sustainable. There is no clear answer to the question whether nuclear energy is or is not sustainable. The student reasons here in line with the scientists that think it is a sustainable process.

When looking at the different processes, the participants focused on the width of the arrows going into the process or coming out of the process. In total the students mentioned the arrows going into the process 90 times and the arrows coming out of the process 143 times. Therefore it can be said that the compounds coming out of the process play a more important role in analysing a process by a student. 45 times the students talked about the compounds that were coming out of the process in respect to the compounds going into the process. Thus, looking at the differences of incoming and outgoing materials is also considered important by the students.

The participants were asked what they would respond if a company asked them to think of a way to make the last process more sustainable. The students mostly replied by giving ways to recycle certain materials, such as manure or sweat that comes from the cow. In total the recycling of materials is mentioned 27 times by the participants. The lessening of garbage is, next to the recycling, mentioned

¹¹ Translated from Dutch. The original text was: “Dit [proces twee] is meer afval, maar wacht effe. Maar bij kernenergie is wel duurzaam maar ook kernafval.”

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

17 times, whereas the lessening of the initial materials is mentioned 13 times. It seems again that the students find what is coming out of the process a more important factor for determining the sustainability of the process than what is going into the process. Only the last interviewee proposed to shorten the process or to remove the process altogether. His reasoning was in fact very different than the reasoning of the other participants. He ignored the diagram more than the others and trusted the knowledge he had about the process. Before reaching the final point of removing the whole process he said that the process could be made more sustainable:

“Well you could drink milk just out of the cow.”¹²

He kept saying that the amount of water the cow drank was not sustainable, for example:

“but, cows are not sustainable at all, because of all the water that is used. That is on one anyway.”¹³

From this thought he went toward the view that the cow is not sustainable, so the process would not be sustainable. It would be better to have no cows at all, just slaughter them.

To answer the last sub-question all three parts of the task in the interview should be taken into account. The students do not know the exact meaning of the arrows and their width in the diagrams. Therefore the reasoning in these diagrams is a lot harder for them. When they cannot understand the abstract, they assign a concrete idea to it. It is clear that most students find the materials that come out of the process the most important part of the processes. Most of their reasoning is based on these materials. The students have a clear view of what happens during such a process, hence they could tell quite well what was happening during the process in the third part of the task.

Conclusion

In this chapter the research question will be answered. The research question was:

What are students' conceptions concerning exergy analysis in the topic of sustainability?

¹² Translated from Dutch: The original text was: “Nou je zou gewoon melk uit de koe kunnen drinken.”

¹³ Translated from Dutch. The original text was: “maar koeien zijn totaal niet duurzaam, door al dat water dat er wordt gebruikt. Dat staat op één.”

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Firstly, the students have a partial knowledge about the concept of sustainability. They understand that according to the concept of sustainability the environment should not be harmed and the amount of initial materials, products and garbage is important for determining the sustainability of a process. The amount of used initial materials and garbage should be lessened, but the amount of products should stay the same or become even larger. However, the students still need to learn more about sustainability. For example they do not mention the future generation.

Secondly, the participants were not able to name all types of energy, even though they had to learn them the year before. The relationship between sustainability and energy seems to be unclear to the students. The meaning of energy in the lives of the participants was again described by the students by giving examples and applications. A language mistake was found, the students tend to use the word 'energy' as if it means 'electrical energy' sometimes. The students also noticed that in the chemistry curriculum students are specifically taught about the production of energy and in the physics curriculum students are specifically taught about the application of energy.

Thirdly, the word exergy was entirely new for the participants. The students attempted to guess the meaning of the word as being out- energy or being the opposite of energy. It is valuable to know how students reason when hearing a word they do not know, this must be taken into account when developing new lesson materials. When watching the diagrams the students did not know the meaning of the different arrows, so they considered it to be a flow of matter. When the students do not know an abstract concept they attempt to make a concrete concept of it. This makes reading the Grassmann diagrams more complicated. The participants spoke mostly about the materials coming out of the processes, this was clearly considered the most important part of the diagram for them. This was for one participant linked to a known energy source, he compared his thoughts with what he already knew about nuclear energy. The initial materials were for some

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

students also very important, and the difference between the incoming and outgoing materials was considered less important. When looking at a way to make the processes more sustainable the students gave a few different options. The mostly named option was the recycling of materials like manure. After that came the lessening of garbage that comes out of the process and the lessening of initial substances of the process. Only one participant offered to shorten the process or remove it altogether.

When looking at the research question we can conclude the following. The students have some basic knowledge about sustainability, energy and exergy analysis, but do not have the whole picture. This makes it hard for them to give a good analysis of the exergy diagrams. The students attempt to understand sustainability, energy and exergy analysis by using multiple examples and applications. The students performed the analysis by focussing on single parts in the diagram, like the materials that come out of the process instead of looking at the bigger picture, the whole process. The concept of exergy evokes among most of the students the meaning of something out or outside. The exergy analysis diagrams evoke with the students a concrete approach, looking at matter instead of energy. The matter should be used efficiently and out-coming materials that are not being used in the process, should be recycled for use in other processes. The students do not keep in mind the bigger picture, but will look at parts of a process. Not all students reason from their pre-existing knowledge it seems.

To work towards a formal concept of this topic in education, attention should be paid to the following; further studies should take a broader sample of students from other grades to get a better picture of the pre-existing knowledge of the students in the lower classes of secondary education, the interview can be elaborated to make the view on the pre-existing knowledge of the students better, the reasoning in words, figures and concepts should be taken into account in developing new lesson materials.

Discussion

The group of participants used in this study is too small to represent the whole country let alone, the whole school. This research was not focussed on completeness, it was only a first exploration, therefore the endings of this study need a further confirmation with a broader sample of students. The idea of maximum variety sampling is a good idea, but not really accomplishable at one school. The students chosen for this research have presented the broadest sampling possible in the age and education level chosen. The results are within the lines of expectation. The observation that the females talked more openly could be connected to a research about social scientific research in Sweden (Christenson, 2011). They found as a result of their research that females tend to give more reasons and give a better explanation.

The interview was semi-structured. It was not elaborate. A few questions were written down to help steer the students, but while interviewing and analysing the data more questions that could have been in the interview came up.

During the interviews the students were too much steered towards the required direction by me. This may have influenced their way of thinking or talking. I believe I mixed the role of researcher and teacher too much.

The students responded, on the topic of sustainability, often with a response concerning the environmental part of sustainability. One of the results from a Swedish study (Berglund, 2014), was that students who give priority to environmental decisions in a sustainability problem showed more sustainability consciousness. This was in contrast to students who chose to make economical decisions. This result could be paired with the responses of the students in the interviews. We can conclude that these Dutch students have a stronger sustainability consciousness, than if they would look at sustainability from economical view.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

While analysing the data, the question arose whether the diagrams were chosen correctly, did they really connect to the day-to-day life of the student? Especially considering the second part of the task, the process of making starch, this seems little doubtful. Perhaps this process is not very familiar to the students, so maybe it was not the best process to choose. The last task, the process of making milk, seemed to be a better choice. The students knew the process. The students gave a lot more elaborate responses on this last task than on the second one. From another research (Christenson, 2011) comes forth that students do not often speak from personal experience. They will only speak from personal experience if they use the application or experience a lot. The students do not use much knowledge, it seems that value is more important to them. With this in mind, if this research is to be repeated it may be better to choose a different task. For example a task about the production of bread or yoghurt would be a better choice, because they use it almost daily.

Lastly, the timing of the interview should be discussed. The interview was taken at the beginning of the schoolyear. Accordingly, the data represents the knowledge the students have gained in the lower classes. The aim of this research was to look at the pre-existing notions of students that can be elaborated on in the topic of energy. Therefore it may be better to interview students from lower secondary education. If the pre-existing knowledge of the lower secondary students is mapped, the curriculum in the upper secondary school could be adapted to that. Also the students that were interviewed, had recently gotten an assignment for social studies to watch the news for several weeks. So the students remembered a lot of examples and applications just from doing that assignment. If the interview was done at a different time, this may have changed the responses and thus the results.

Recommendations

When exploring more in this topic the sample should be taken a lot bigger, this enables the group of participants to represent the whole school, region or country.

The interview should be more elaborated. More questions arose with the data analysis, which could be added to get a better overview and to be able to answer the research question more extensive. The second task should be changed towards a process that is more familiar to the students. When the task is better connected to the participants' day-to-day life, they should be able to give more elaborate responses.

The interview could be better done at the lower classes. In the lower classes of secondary education the students can show better what pre-existing knowledge they have of the topic sustainability. This is the starting point for the upper secondary education and therefore the best basis to develop new lesson materials.

To conclude, a note about the development of new lesson materials. When developing new lesson materials, there should be more attention for the way sustainability and energy are displayed. If the concepts sustainability and energy are better displayed, the students can understand the exergy analysis better. This can be done by taking into account the association of the students with the different words such as exergy when developing new lesson materials. Also the parts that are right now too abstract should be adapted or elaborated in the new materials, this would help understanding the bigger process. To conclude, by using a multidisciplinary approach we are able to provide the students with a more complete foundation to tackle problems such as environmental issues and help them understand the concepts of sustainability, energy and exergy.

References

- Adams, W. (2008). *The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century*. Retrieved from http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustainability.pdf
- Banks, J. A. (2001). Citizenship Education and Diversity: Implications for Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 52(1), 5–16. <https://doi.org/10.1177/0022487101052001002>
- Berglund, T. (2014). *Student 'sustainability consciousness' and decision-making on sustainability dilemmas: Investigating effects of implementing education for sustainable development in Swedish upper secondary schools*. Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:754603/FULLTEXT01.pdf>
- Boom R.M. (2017). *Sustainable food and bioprocessing*. Reader Wageningen University.
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59-68.
- Coyne, I. T. (1997). Sampling in qualitative research. Purposeful and theoretical sampling; merging or clear boundaries?. *Journal of advanced nursing*, 26(3), 623-630.
- Christenson, N. (2011). *Knowledge, Value and Personal experience: Upper secondary students' resources of supporting reasons when arguing socioscientific issues* (Doctoral dissertation, Karlstads universitet).

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

College voor toetsen en examens (2017). *Scheikunde vwo: syllabus centraal examen 2019*.

Retrieved from: https://www.examenblad.nl/examenstof/syllabus-2019-scheikunde-vwo/2019/vwo/f=/scheikunde_2_versie_vwo_2019.pdf

Dochy, F., Segers, M., & Buehl, M. M. (1999). The Relation Between Assessment Practices and Outcomes of Studies: The Case of Research on Prior Knowledge. *Review of Educational Research*, 69(2), 145–186. <https://doi.org/10.3102/00346543069002145>

Driessen H., Rietman W., Scholte H., Velzeboer-Breeman M. (2014). *Chemie 5 havo leerboek*. Groningen, the Netherlands: Noordhoff.

Eilks, I., & Hofstein, A. (2014). *Combining the question of the relevance of science education with the idea of education for sustainable development*. Science education research and education for sustainable development, 3-14.

Energy and Economics (n.d.). *What is exergy?* Retrieved from <https://exergyeconomics.wordpress.com/exergy-economics-101/what-is-exergy/>

Friese, S. (2014). *Qualitative data analysis with ATLAS. ti*. Sage.

Geerts, W., & Van Kralingen, R. (2014). *Handboek voor leraren*. Bussum: Uitgeverij Coutinho.

Geurts, J., & Meijers, F. (2006). *Burgerschap en beroepsvorming. Beter balanceren tussen individuele en sociale vorming. Wereldstedelingen. Bijdragen over burgerschap uit de lectoraten van De Haagse Hogeschool/TH Rijswijk*, 189-218.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Glavic, P., & Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definition. *Journal of Cleaner Production*, 1875-1885.

IPCC (2014). *Summary for Policymakers, in: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Luit van, T. (2018). *Exergie, duurzaamheid en het voortgezet onderwijs: Onderzoek naar de toepassing van exergieanalyse om invulling te geven aan het begrip duurzaamheid*.

Jacob, S. A., & Furgerson, S. P. (2012). Writing interview protocols and conducting interviews: Tips for students new to the field of qualitative research. *The Qualitative Report*, 17(42), 1-10.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (n.d.). *Examenprogramma Scheikunde Havo*. Retrieved from https://www.examenblad.nl/examenstof/scheikunde-havo-3/2018/f=/examenprogramma_scheikunde_havo_2014_2015.pdf

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (n.d.). *Examenprogramma Scheikunde Vwo*. Retrieved from https://www.examenblad.nl/examenstof/scheikunde-vwo-3/2018/f=/examenprogramma_scheikunde_vwo_2015_2016.pdf

Pilot, A., & van Driel, J. (2001). Ontwikkeling van een vernieuwd vak scheikunde in het voortgezet onderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der Betawetenschappen*, 18, 41-58.

Stenum GmbH. (2018, Februari 22). *What is a Sankey-Diagram*. Retrieved from <http://www.stenum.at/en/?id=software/sankey/sankey-glossar>

Sustainability, Society and You. (n.d.). Retrieved from

<https://www.futurelearn.com/courses/sustainability-society-and-you/0/steps/4618>

Sutton, J., & Austin, Z. (2015). Qualitative research: data collection, analysis, and management. *The Canadian journal of hospital pharmacy*, 68(3), 226.

Tomic, W., & Span, P. (1993). *Onderwijspsychologie*. Utrecht: Lemma.

Vallerand, R. J., Deshaies, P., Cuerrier, J. P., Pelletier, L. G., & Mongeau, C. (1992). Ajzen and Fishbein's theory of reasoned action as applied to moral behavior: A confirmatory analysis. *Journal of personality and social psychology*, 62(1), 98.

Van der Goot, A.J. (2016). *Exergetic analysis in the food industry*. Retrieved from

<https://www.wur.nl/nl/artikel/Exergetic-analysis-in-the-food-industry.htm>

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.

Welsh, E. (2002, May). Dealing with data: Using NVivo in the qualitative data analysis process.

In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 3, No. 2).

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.

Appendix 1: The interview protocol

Research Project Interview

- Kunnen jullie me vertellen wat jullie weten over duurzaamheid?
 1. Waar denk je aan bij het begrip duurzaamheid op dit moment? Weten jullie een voorbeeld te noemen waarin we duurzaam bezig zijn?
 2. Kunnen jullie een relatie leggen tussen de kennis die jullie van duurzaamheid hebben afkomstig van het nieuws, van thuis en van het vak scheikunde of het vak natuurkunde?
 3. Kunnen jullie de relatie tussen energie en duurzaamheid uitleggen?

- Kunnen jullie me vertellen wat jullie weten over energie?
 4. Welke vormen van energie kunnen jullie benoemen?
 5. Waar is het begrip van energie eigenlijk allemaal goed voor?
 - o Wat betekent het gebruik van energie voor jullie in het dagelijks leven?
 - o Hoe kijken we naar energie bij het vak scheikunde?
 - o Hoe kijken we naar energie bij het vak natuurkunde?

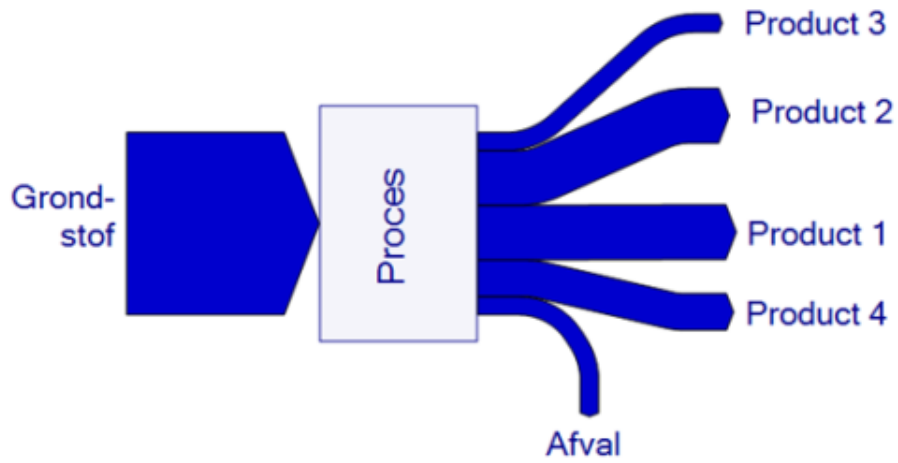
- Wat weten jullie over de term exergie? (exergie diagrammen)
 6. Hebben jullie ooit de term exergie gehoord?

- Diagrammen:
 7. Welk van de twee processen is duurzamer?
 8. Hoe lees je het diagram af?
 9. Zijn er onderdelen die evt. opvallen?

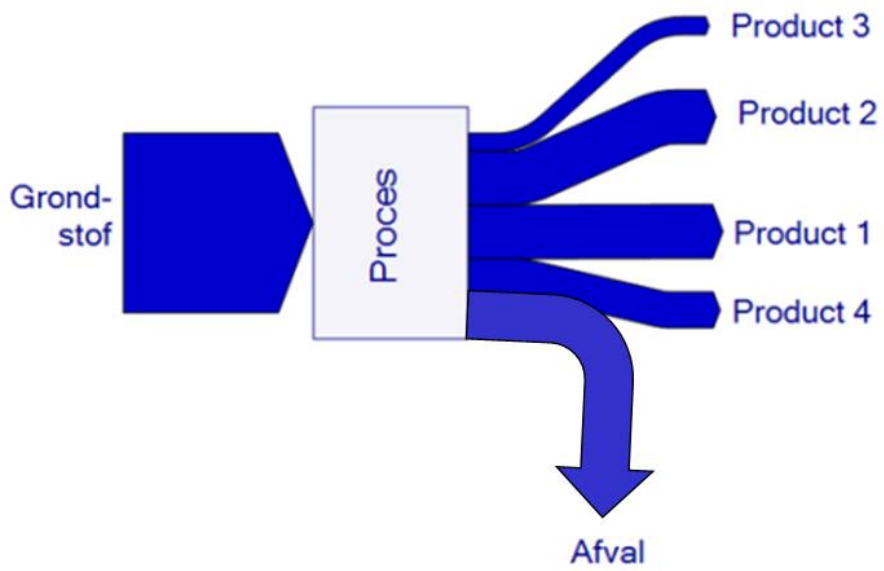
- Diagram lezen Wat valt jullie op?
 10. Wat geeft dit diagram in grootte lijnen weer?
 11. Wat betekenen de twee losse delen? (i.e. het stuk waar de productie in de koe plaatsvindt en het stuk wat is ingezoomd)
 12. Wat betekenen de grootte van de blokjes die je ziet?
 13. Kunnen jullie nogmaals samenvatten wat dit diagram aangeeft?
 14. Wat kunnen we zeggen over de duurzaamheid van melkproductie?
 15. Wat kunnen we doen om dit beter te maken? duurzamer

Diagrammen deel 1:

Proces 1:

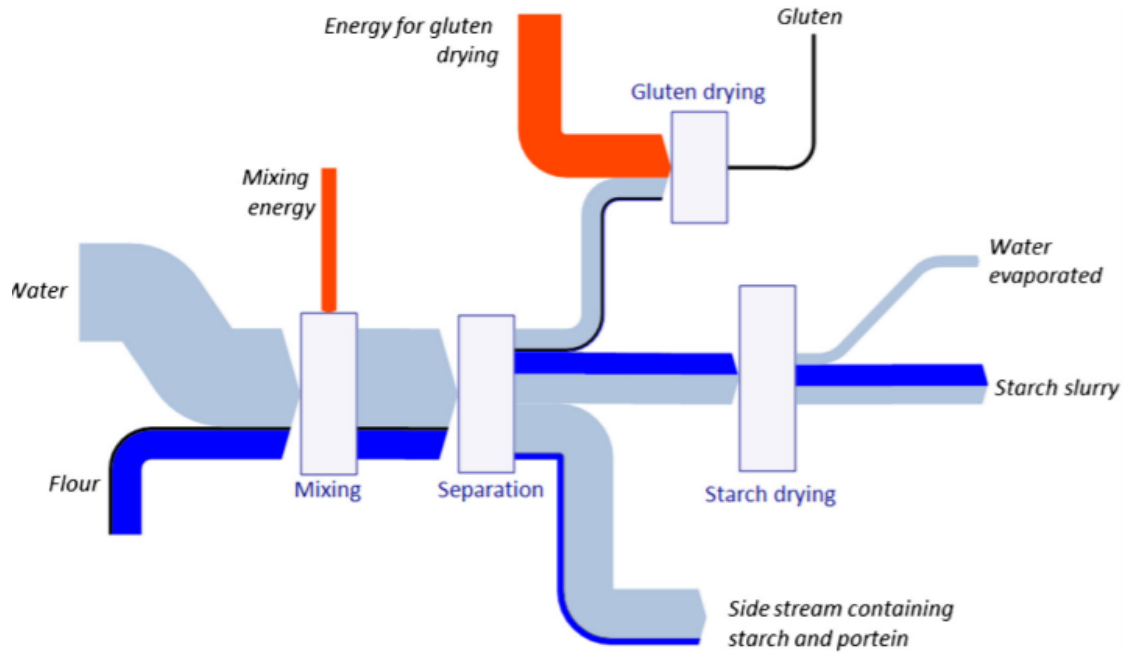


Proces 2:

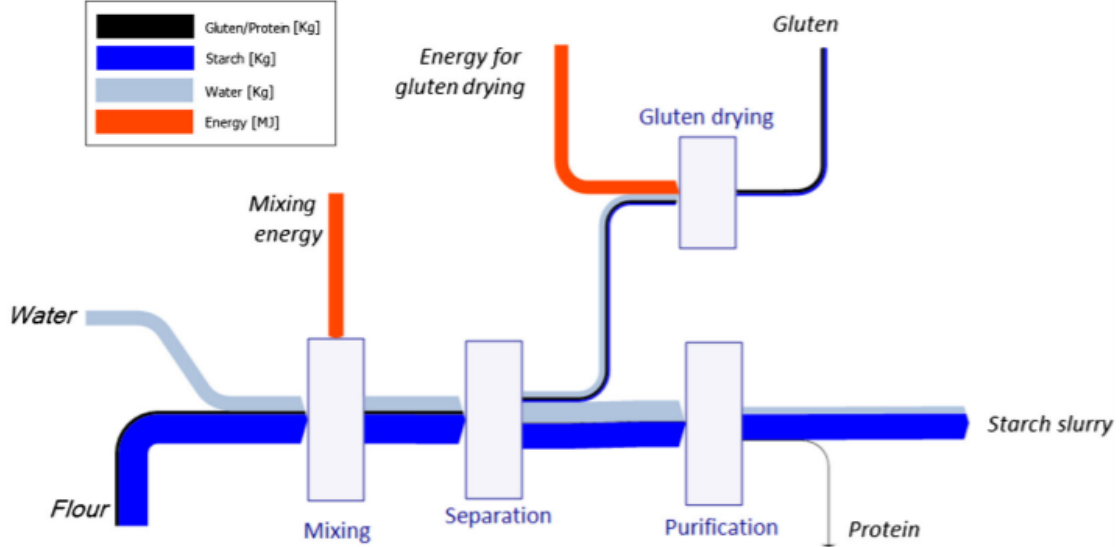


QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Diagrammen deel 2:

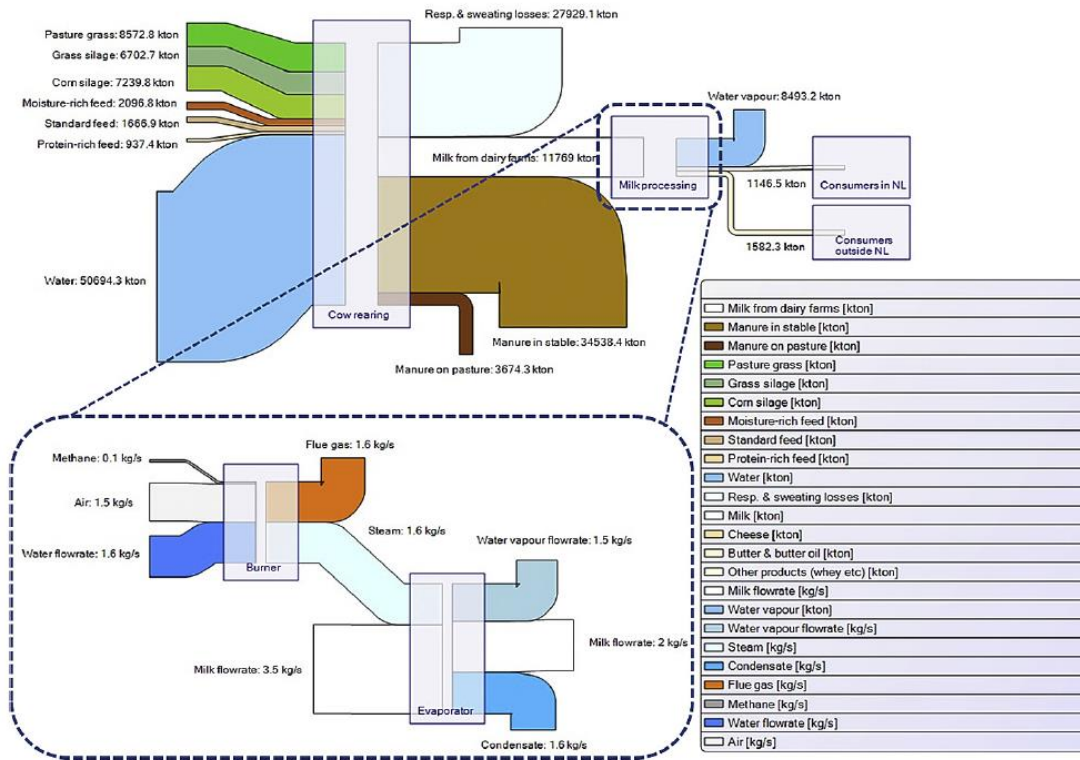


Black	Gluten/Protein [Kg]
Blue	Starch [Kg]
Light Blue	Water [Kg]
Orange	Energy [MJ]



QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Diagrammen deel 3:



Appendix 2: Interview 1

Interview 1:

(4:00)

Het eerste stukje gaat over duurzaamheid. Waar denken jullie op dit moment aan bij duurzaamheid en weten jullie een voorbeeld te noemen?

Leerling 1: Ik denk eigenlijk bij duurzaamheid gelijk aan duurzame energie en zonnepanelen en recyclen enzo. Daar denk ik het snelst aan.

Leerling 2: Scheiden van afval en windmolens. En ik moet ook wel een beetje denken aan kernenergie.

Komt dat door het nieuws?

Leerling 2: Op het nieuws is het natuurlijk erin gekomen, maar een paar weken geleden las ik een artikel uit de krant. Ook over kernenergie en dat was wel heel interessant. Toen kwam het opeens in het nieuws, dat had daar natuurlijk verband mee. Maar ik weet niet helemaal of dat dan duurzaam is of niet, maar het is wel een manier waarop ze duurzamer met de wereld om willen gaan. Zegmaar, dat het weer terugkomt dat ze manieren willen krijgen om duurzamer mee om te gaan.

Wat denken jullie dat het begrip duurzaamheid precies inhoudt? Als ik zo die voorbeelden hoor, zonnepanelen, kernenergie, afval scheiding...

Leerling 1: Ik denk dat je energie opwekt met zo min mogelijk schade voor het milieu.

Leerling 2: zo veel mogelijk energie op kunnen wekken.

Leerling 2 en Leerling 1: met zo min mogelijk schade

Leerling 2: Maar ook zegmaar, niet alleen energie maar ook andere dingen. Ik weet niet helemaal hoe ik dat dan moet uitleggen.

Leerling 1: ja

Stel je ziet het voorbeeld van het afvalscheiden, hoe zie je dat daar dan in terug, de duurzaamheid?

Leerling 2: Zo effectief mogelijk te werken zonder de natuur te beschadigen. Ook met auto's en dergelijke.

Als we specifiek dat afvalscheiden hebben hoe gebruiken we dat dan om duurzaam te zijn?

Leerling 2: Ja, uhm, ik weet eigenlijk niet zoveel van afval scheiden, want ik heb het idee dat het later weer op één hoop wordt gegooid. Maar bijvoorbeeld dat je papier hebt en dat je dat dan recycled en daar maak je weer nieuw papier van in plaats van alleen maar nieuw papier te produceren.

Ja we zijn hier in Nederland, of in Dronten vrij druk bezig met het scheiden van afval, maar hebben jullie ook enig idee hoe dat in de rest van Nederland is of dat daar ook zo wordt gedaan of dat daar juist minder aandacht voor is?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling 1: Ik weet wel, volgens mij heb je in Gelderland nog weer een extra container. Volgens mij voor... ik weet niet waarvoor maar in elk geval nog weer een extra container. En dat er in de ene regio meer wordt...

Leerling 2: Ja precies, zegmaar, Ik denk dat je in de randstad minder snel de scheidingsmethode kan vinden die wij in Dronten hebben.

Waarom denk je dat?

Leerling 2: Nou, ik denk omdat mensen daar minder snel mee bezig zijn. Het is een stereotype iets ofzo. Als je in Amsterdam komt en je komt in één van de buitenwijken van Amsterdam dan is het nou niet echt een milieu waarvan je zegt hier gaan we nou even lekker scheiden met zijn allen. Het is wel een soort van vooroordeel, maar ik weet het niet. Ik weet niet of dat zo is maar ik denk dat je in Dronten of ergens in Limburg ofzo sneller mensen ziet scheiden dan mensen in de randstad.

De onderdelen/de kennis die jullie nu al aangeven over duurzaamheid, waar denken jullie dat die vandaan komt? Kunnen jullie een relatie leggen met waar je het vandaan hebt gehaald, is het van thuis, je had het net al over krachtenberichten, is het uit het nieuws, of is het misschien vanuit school, basisschool of middelbare school?

Leerling 1: ik denk dat het eigenlijk een combinatie is van alles want als je alleen al door de polder fiets zie je allemaal zonnepanelen en windmolens en als je thuiskomt dan, wij hebben bijvoorbeeld ook zonnepanelen. En dan afval scheiden en dingen enzo gewoon je leefomgeving is zegmaar en je het daardoor gewoon merkt en school heb je het er natuurlijk ook wel over. Vorig jaar bij scheikunde hadden we het er volgens mij ook over.

Leerling 2: Ja, ik denk dat ik het begrip duurzaamheid heb geleerd vooral uit de omgeving en gewoon thuis. En dat je dat af en toe op het journaal ziet ofzo dat zoveel procent shit in de lucht zit enzo. In de boeken op school wordt het dan nog weer een keer herhaald, dan denk ik dat weet ik allemaal al, maar dan wordt het herhaald of iets specifieker uitgelegd. Wordt er iets meer nadruk op gelegd.

Maar niet dat we er dieper op ingaan, dat je weet wat er mee gebeurt, zoals met het afval scheiding? Er wordt dus niet ingegaan op onderdelen die jullie er nog niet van weten?

Leerling 2: Nee, maar het is wel met zonne-energie en waterturbineering 2 noem je dat geloof ik, hebben we ook wel geleerd op school. Tenminste ik wel.

Leerling 1: of ik dat allemaal nog weet.

Leerling 2: ja zegmaar met Aardrijkskunde en scheikunde.

Het komt dus in meerdere vakken wel weer terug?

Leerling 2: Ja maar niet heel veel.

Hebben jullie er nooit een project of iets dergelijks over gedaan?

Leerling 1: Ik op de basisschool wel, volgens mij. Maar daar hadden we altijd projecten en dan gingen we altijd of sterren of duurzaamheid en dan gingen we daar gewoon een kwartaal mee bezig en dan moest je daar een project over maken. Maar dat is al best lang geleden.. dus dat weet ik allemaal niet zo goed meer..

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Kunnen jullie de relatie tussen energie en duurzaamheid uitleggen? Wat is die relatie precies of ongeveer?

Leerling 2: Nou er wordt energie opgewekt, al heel lang wordt er energie opgewekt, maar uhm de energie die op wordt gewekt, dan heb je energie en is iedereen blij. Maar de manier waarop dat gaat en de afvalstoffen die eraf komen en in moeten. Althans niet de afvalstoffen maar de stoffen die erin moeten en af komen, die zijn niet gezond of minder goed voor het milieu. En ik denk zegmaar, dat het duurzaamheid daaraan ligt. Gewoon de stoffen die eruit komen en er weer in moeten.

En dat gaat om de hoeveelheid? Of gaat het om soort stoffen? Of verschilt het per energiesoort heel erg?

Leerling 1: Uhm ik denk dat het wel verschilt per energiesoort, maar dat het vooral zegmaar ligt aan hoe het zegmaar omgezet wordt de energie. En ik denk dat dat zegmaar meer duurzaamheid wordt, de manier waarop.

Welke energiesoort of welke manier van opwekken denken jullie dat het minst duurzaam is?

Leerling 2: steenkool.

Leerling 1: Ja zoiets denk ik wel.

Leerling 2: ja die wordt het meest gebruikt dus dat is eigenlijk wel een beetje het probleem.

We schakelen over van duurzaamheid naar energie. Jullie hebben als het goed is een aantal vormen van energie geleerd. Zouden jullie die kunnen benoemen? het zijn er vijf.

Leerling 1: uhm.. bewegen?

(11:39)

Ja, bewegingsenergie

Leerling 2: Wind, Zon, Water

Leerling 1: Warmte

Leerling 2: Wind

Leerling 1: Het zijn er vijf he...

Leerling 2: Nouja.. het is zegmaar steenkool, maar dat is niet een manier van energie denk ik.
Verbranding

Leerling 1: ja

Leerling 2: denk ik want daar krijg je energie van of exotherme ontledings..

Leerling 1: Nou ja is het zegmaar in de zin van hoe je het, is het zegmaar in de zin van wind of zon of is het zegmaar meer zegmaar hoe het algemene begrip zegmaar is.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Het gaat om het algemene begrip. Dus niet toegepast op iets, maar welke vormen van energie zijn er in theorie.

Leerling 2: oh dat hebben we vorig jaar gehad. Warmte, licht, wind denk ik

Leerling 1: Warmte, licht, bewegen. Je hebt er nog twee.

Leerling 2: bewegen en kernfusie (grinniken)

Leerling 1: We hebben ze wel gehad.

Leerling 2: ja .. eh

Het is dus niet heel goed blijven hangen?

Leerling 1: Ik zie nu het kopje voor me maar, weet alleen niet meer...

Bij natuurkunde hebben jullie dit gehad, niet bij scheikunde? Daar is het nog niet voorbij gekomen?

Beide: Nee denk het niet.

Oke.

Leerling 2: Wat beweging is. ja van remmen krijg je ook energie.

Leerling 1: Maar dan is het geen algemeen begrip.

Leerling 2: nee, precies

Wat betekent het gebruik van energie voor jullie in het dagelijks leven?

Leerling 1: Ik denk dat we veel meer energie gebruiken dan we door hebben.

Leerling 2: Dat denk ik ook.

Leerling 1: Maar ik denk dat je dat , laatst toen viel de stroom uit en dan merk je gelijk dat: het is donker en de verwarming gaat uit en

Leerling 2: Eigenlijk ligt de hele wereld stil als de energie uit staat. Of tenminste dat heb ik gemerkt, dat denk ik.

Leerling 1: Ja, in de westerse wereld

Waarom alleen in de westerse wereld?

Leerling 1: Ik denk omdat we hier heel veel energie toepassen en als je, we hebben zoveel dingen gebouwd op energie en stroom en elektriciteit en dat hebben ze bijvoorbeeld in derde wereldlanden zijn ze daar veel minder ver in dus ze hebben daar veel minder dingen die daarop berusten.

Jullie zeiden: 'laatst viel de stroom uit' en je kon een aantal dingen niet gebruiken, wat miste je dan het meeste? Wat gebruik je dan kennelijk het meeste zelf op zo'n moment?

Leerling 2: nou we hadden toen een tussenuur

Leerling 1: En toen waren we bezig met het natuurkunde verslag.

Leerling 2: Toen waren we bezig met het natuurkunde verslag en dan heb je weleens wifi nodig. En dat werkt natuurlijk op licht of op stroom. Maar over het algemeen als ik op school zit gebruik ik niet echt de wifi. Ik denk het licht gewoon en de borden die we gebruiken.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Dus voornamelijk het elektra?

Leerling 1: Ja en de warmte. Op het moment dat het koud is en de stroom valt uit is het echt een verschikking.

Leerling 2: Dat is wel minder ja.

Is er ook energie die we op een positieve manier kunnen gebruiken, ik hoor namelijk heel veel negatieve dingen. Van nou ja als het wegvalt dan kunnen we dit niet meer en dan kunnen we dat niet meer, zijn er dan ook dingen die we dan juist wel aan energie positief kunnen gebruiken als de stroom uitvalt.

Leerling 2: Ik snap niet precies wat u bedoelt.

Welke vormen van energie kan je wel gebruiken tijdens een stroomstoring?

Leerling 2: Gas, is een gas energie? Als je een gasbrandertje aan doet wordt die wel warm, dan kan je alsnog je water koken.

Leerling 1 zei net dan kan je het niet warm maken in huis.

Leerling 2: ja dat ligt aan het verwarmingssysteem dan moet je een ander verwarmingssysteem aanschaffen.

Daar pak je wel een beetje het kantelpunt, zijn er meer dingen die wij kunnen gebruiken als energievorm.?

Leerling 2: Kracht is dat een vorm van energie?

Leerling 1: Ik denk dat die er wel zijn, het komt alleen nog niet binnen.

Leerling 2: we lopen straks weg en dan denken we, dat was m! Ja ik weet het niet zo goed, gebruiken we andere dingen als elektriciteit? Ik denk het niet omdat alles steeds meer wordt gebouwd op elektriciteit.

Kunnen jullie mij aangeven wat het verschil is in de manier waarop we binnen de scheikunde naar energie kijken en binnen de natuurkunde naar energie kijken? Zit daar een verschil in of zijn ze juist gelijk. Kunnen jullie op een of andere manier omschrijven wat het verschil is als dat er is?

Leerling 1: Ik denk dat bij scheikunde wordt het zegmaar meer met wat moet je er mee doen om zegmaar de energie te bereiken?

Leerling 2: En bij natuurkunde meer, wat kan je met de energie?

Leerling 1: Wat kan je met de energie en bij scheikunde meer wat moet je ermee bereiken en wat heb je er voor nodig om zegmaar die energie te bereiken.

Leerling 2: Als je het hebt over moleculen zegmaar, moet je iets bijvoegen en dan krijg je daar energie van en dan wordt het warm en dat is energie. En ik denk dat het bij natuurkunde meer gaat van wat kan je met die warme energie.

Leerling 1: ja en wat voor soorten zijn er.

Dus het toepassen van de energie bij natuurkunde en het verkrijgen van de energie bij scheikunde?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Beide: ja.

Ik heb hier een term staan en ik vraag me af of jullie die term ooit hebben gehoord. Dat is de term exergie.

Leerling 2: Nee

Leerling 1: Ik heb het echt nog nooit gehoord.

Leerling 2: Exergie? Uit energie ofzo. Nee

Ik heb een aantal afbeeldingen van deze twee, proces 1 en proces 2, welke van deze processen is volgens jullie het meest duurzaam? Kijk er even rustig naar.

Leerling 1: Ik denk dat deze [proces 2] het duurzaamste is omdat hier [wijst naar energie pijl bij proces 2] het meeste energie gebruikt wordt, erin komt.

Dat is dus proces 2.

Leerling 1: Ja

Leerling 2: Huh.. maar hoe bedoel je?

Leerling 1: nou kijk, hier [wijst naar energie bij proces 2] is zegmaar gaat de energie erin. En bij de onderste [proces 2] gaat hij het breedste erin. Bij proces 1 gaat er juist veel meer verloren.

Leerling 2: ja, en dat gaat niet in het afval.

Leerling 1: hier [wijst naar de afvalpijl in proces 2] staat een pijl he.

Leerling 2: ja, maar omdat hier [wijst naar de inkomende pijl in proces 1] de stukje nog best wel groot.

Leerling 1: Ja ik denk dat hier [wijst naar proces 2] de energie nog meer verloren gaat dan hier.

Leerling 2: dus je hebt minder energie die in de lucht komt of iets dergelijks.

Dus proces 2 is volgens jullie het meest duurzaam?

Leerling 2: volgens mij wel en ook volgens Leerling 1

Oke, dan heb ik nog een afbeelding voor jullie. Daarbij weer dezelfde vraag. Dit zijn twee verschillende processen. Bij elk van de processen wordt zetmeel gemaakt uit bloem, ze gebruiken bij elk een andere proces om het te maken. Daarbij weer de vraag welk van de twee processen is duurzamer?

Leerling 2: Ik denk eerder deze [wijst naar proces 2], omdat hier minder water ingaat. Dus dan heb je ook, zegmaar hier [wijst naar proces 1] zie je meer *stilte*. Dus deze [wijst naar proces 1] heeft bloem, hier nog, alleen niet dit [wijst naar proces 2] bloem. En bij deze [wijst naar proces 1] heb je die uittakking, of hoe zeg je dat. Bij de onderste heb je die vertakking niet. Hier [wijst naar proces 1] heb je meer afval.

Dus bij de bovenste heb je meer afval bij de onderste, dus dan is de bovenste duurzamer?

Leerling 1: Minder duurzaam.

Leerling 2: Wat wordt hier bedoelt met energy for gluten drying?

Ze gaan gluten drogen en daar moeten ze energie voor gebruiken.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling 2: Nou kijk zegmaar, je hebt hier [proces 2] meer gluten dan hier [proces 1] en hier [proces 1] moet meer energie in dan hier [proces 2].

Leerling 1: Ja en ik denk, hier [proces 2] heb je minder dingen nodig om dit te bereiken en hier [proces 1] heb je veel meer nodig om hetzelfde te bereiken. Nou ja, bijna hetzelfde.

Leerling 2: Ja dat denk ik ook.

Dus de onderste is het meest duurzaam?

Beide: ja

Leerling 2: Omdat je hier [proces 2] twee verschillende producten hebt waarbij je zegmaar minder eh..

Leerling 1: Je hebt geen vertakking

Leerling 2: Zegmaar, je hebt dezelfde producten maar bij deze [proces 1] heb je meer dingen die erin moeten nodig zoals de energie en water.

Bij de bovenste heb je meer spullen nodig dus..

Beide: ja

Ik heb nog een belangrijke vraag voor jullie. (plaatje 3 voor ze leggen) Hoe lees je nou zo'n diagram? Dit is het proces dat ze melk maken voor de consument en hoe zou je dit proces, als je het voor je krijgt bij een toets bijvoorbeeld, hoe zou je dit proces beschrijven?

Leerling 1: Ik denk zegmaar dat het linkerdeel, het deel voor het blokje, dat dat uhm weergeeft wat er nodig is om dat [de melk tussen de koe en de fabriek] te maken en dat blokje gebeurt zegmaar het proces in en dan rechts is zegmaar de reactieproducten.

Leerling 2: Ik denk gewoon, dit [wijst links aan] moet erin daardoor krijg dit [wijst rechts aan], zegmaar 4 van deze stoffen. Wat is dit?

Manure, dat is ontlasting.

Leerling 2: Nou dat strooien we op het land. Dit blijft over en dan komt er een nieuw proces en dan komt dit [wijst midden stroom melk aan] eruit. En dan krijg je uiteindelijk dit [wijst rechter stroom melk aan].

En als we het specifiek hier hebben over de productie van melk, als je dat in gedachte neemt wat er gebeurt bij de productie van melk zou je dan nog iets aan die uitleg veranderen of zou je zeggen van nou ik zou precies dezelfde uitleg geven.

Leerling 1: Ik denk niet dat ik zo'n scheikundig antwoord zou geven.

Leerling 2: Nou er gaat meer water in dan ..

Leerling 1: Voedingsstoffen

Leerling 2: dan voedingsstoffen.

Leerling 1: Maar ik zou verder denk ik niet echt iets heel anders doen.

Leerling 2: Nee want ik vind dit vrij duidelijk, tenminste ik weet niet of u..

Leerling 1: Ik denk dat je dit soort uitleg op meerdere van dit soort schema's toe kunt passen. Dus dat je per schema je eigen antwoord weer kan formuleren.

Leerling 2: Maar zo'n schema kan je op meerdere producties en dergelijke toepassen.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Eigenlijk bestaat dit proces uit twee delen, we hebben hier het eerste deel en hier vervolgens het tweede deel. Wat is het verschil tussen die twee delen?

Leerling 2: Er komen hier [na de koe] meerdere stoffen uit. En dat worden zegmaar 4 stoffen, maar hier [fabriek] komt maar één stof in en dat worden weer drie andere stoffen.

Als we de gedachte erbij houden van de productie van melk? Wat zou dan het verschil tussen die twee vlakken zijn?

Leerling 1: Ik heb het idee zegmaar, dit [pijlen meest links] eet de koe en drinkt de koe en dan wordt het, deze [middenstuk] producten maakt de koe en zegmaar dit [tweede procesblok] doet de koe niet meer zelf.

Oke wie doet dat dan wel?

Leerling 1: of in een fabriek

Leerling 2: fabrieken

Leerling 1: of de boer, maar ik denk vooral fabrieken.

Leerling 2: Ja als je het voor de consument door vooral fabrieken, want ik heb niet het idee dat je een boer bent dat je dat dan aan de consument gaat geven. Doe je dat verkopen op je eigen land waarschijnlijk.

Die grootte van die blokjes, wat betekend dat precies?

Leerling 2: Nou ik denk dat je dan een soort van de verdeling ziet ofzo.

Leerling 1: de verhouding tot de andere..

Leerling 2: ja.

Oke en dan gaat het echt om de hoeveelheid van die stof die we gebruiken?

Leerling 2: nee kijk je kan hieraan niet zien wat de hoeveelheid is van een stof. Je kan wel gewoon de verhouding zien van de koe moet zoveel water drinken en zoveel.. en als je dat

Leerling 1: het is vaak zoveel meer dan het gras bijvoorbeeld.

Leerling 2: ja precies. Als je dat allemaal in getallen gaat geven dan zie je dat minder goed. Nu heb je er een beter beeld bij.

Nu is het overzichtelijker?

Beide: ja

Wat kunnen jullie nu zeggen over de duurzaamheid van dit proces?

Leerling 2: Dat het niet heel erg duurzaam is.

Leerling 1: Nee

En waarom niet?

Leerling 2: oh omdat er best wel veel poep komt en daar zit stikstof in, jaa dat heb ik gisteren gezien op het journaal, heel trots, enneh dat is niet duurzaam voor de omgeving natuurlijk.

Het gaat specifiek om wat er in de ontlasting zit?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling 2: Ja denk het wel.

Het is lastig te omschrijven?

Leerling 2: Ja want zegmaar, elk dier moet poepen.. dat is gewoon zo, iedereen heeft uitwerpselen. En bij de koe is dat zoveel.

Leerling 1: En je verliest ook best wel veel zweet. En ik heb nou niet het idee, dat zweet ga ik nou weer lekker in de melkproductie verder gebruiken.

Leerling 2: Het mest wordt ook goed gebruikt. Want het wordt samengevoegd en dat kan je verkopen ofzo en dan wordt het weer over het land gestrooid of iets dergelijks. Dus het heeft ook een reden waarom dat soort dingen ook worden verzameld denk ik.

Hoe zouden we dit proces nou duurzamer kunnen maken? Stel je zou er een advies over uit moeten brengen. Is er een manier om dit duurzamer te maken?

Leerling 2: Ja ik denk het wel. Ik denk dat je met de fabrieken, ik denk dat je dan wel het percentage uitwerpselen kan verminderen.

Leerling 1: ja maar het zijn koeien he!

Leerling 2: ja precies,

Leerling 1: het zijn wel dieren dat een natuurlijk proces geeft, dat ze dit uit, deze hoeveelheid uitwerpselen zegmaar geeft. Ik weet niet of je dat zonder de koe genetisch te modificeren, zegmaar dat minder kan

Leerling 2: maar ik denk, tegenwoordig kunnen ze alles met die fabrieken dus ik denk ook wel dat ze zegmaar melk uit de fabrieken kunnen maken maar ja. Kan je jezelf afvragen is dat slim qua geld en is dat nog lekker? En is dat ook nog eerlijk tegenover de natuur? De koeien hebben ook rechten. Klopt het ethisch nog wel.

Zouden jullie mij nog even kort kunnen samenvatten wat ik in dit plaatje heb gezien?

Leerling 1: Hoe je vanaf..eh

Leerling 2: vanaf de koe naar melk gaat.

Leerling 1: vanaf de voedingsstoffen als eten en water naar melk. En dan via de koe en via fabrieken.

Leerling 2: De voedingsstoffen die in de koe gaan komt maar een klein deel van uit. Dan moeten ze dat nog in de fabriek verwerken, daar komt ook weer wat uit zegmaar, overblijfselen uit. En dan heb je pas melk dus het duurt best lang voordat je consumenten melk hebt.

Leerling 1: Het is best wel een groot proces. En daar is best wel veel voor nodig en je verliest dus ook best veel.

Als je dit koppelt aan de onderwerp aan het begin van het interview, duurzaamheid en energie. Wat kan je dan van duurzaamheid en energie van dit proces zeggen?

Leerling 2: Ik denk de hoeveelheid mest en over dat, ik denk niet dat dat goed is of duurzaam.

Leerling 1: Ik denk dat je aan de andere kant wel meer energie kan halen uit die mest.

Leerling 2: Nou kijk er gaat heel veel energie in maar het uiteindelijke eindproduct wat ze met die energie willen, of wat de koe ermee wil, is maar weinig. Maar ik weet niet helemaal, ja dit gaat in de lucht zitten natuurlijk (wijst naar zweet) en dit gebruiken ze ook, meestal denk ik.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Dus het zweet van de koe kunnen ze niet opnieuw gebruiken omdat dat in de lucht zit. De uitwerpselen kunnen ze grotendeels weer opnieuw gebruiken. En eventueel het water wat hier ontstaat wat kan daarmee?

Leerling 1: Waarschijnlijk wordt het weer gezuiverd en dan gaat het gewoon weer door de ..eh.

Leerling 2: Ik denk dat je dat wel weer kan hergebruiken. Maar het uiteindelijke uitproduct is maar een heel klein beetje van wat er uiteindelijk in gaat.

Leerling 1: Zo oogt het op de afbeelding.

Leerling 2: Ja precies, maar ik heb ook niet het idee dat de koe gras gaat eten omdat hij anders zit van he laat ik melk voor de mensen gaan maken.

Leerling 1: Ik denk dat het gewoon een natuurlijk proces is.

Leerling 2: De koe maakt melk voor zijn nakomelingen, toch?

Kwa energie voor het proces na het proces, hebben we veel energie verbruikt? Hebben we energie teruggekregen?

Leerling 2: Ik denk dat er energie is verbruikt, maar er is ook energie teruggekomen door die stront.

Leerling 1; Ja

Gaat er in beide processen energie verloren? Of in de koe bijvoorbeeld niet?

Leerling 2: In de koe gaat wel energie verloren door het zweten, maar iedereen zweet. En het water gaat verloren maar dat wordt weer hergebruikt

Leerling 1: dus ik denk dat er in de fabriek vrijwel niets verloren gaat in verhouding met de koe

Leerling 2: ik heb niet het idee in de fabriek dat er alleen water overblijft. Ik denk dat dat wel meer is namelijk. Dat kan je hier niet uithalen.

Jullie zeggen die mest kunnen we weer hergebruiken en daar halen we weer energie uit. Is die energie gelijk aan de energie die in de koe gaat? Stel je zou alles wat uit de koe komt opnieuw kunnen gebruiken?

Leerling 1: Ik denk dat alles wat uit de koe komt gewoon één doorlopende cyclus is en dat de energie niet verloren gaat totdat je uhm het proces, de cyclus zegmaar, eindigt. En dat je dan weer meer energie verloren bent.

Leerling 2: Ik denk dat het er ook aan ligt van wat doe je ermee? Als dit allemaal overblijft en je doet er iets mee wat ervoor zorgt dat er veel afval overblijft ja dan is de hoeveelheid energie niet hetzelfde. Ik heb ook niet het idee dat ze dat kunnen, dus denk ik dat er meer energie verloren gaat dan er in gaat.

Appendix 3: Interview 2

We beginnen met een stukje over duurzaamheid.

En aan jou Leerling:ie de vraag , waar denken jou Leerling:ie aan bij het begrip duurzaamheid?

Leerling: ? Energie besparen.

Ik hoor twee dingen door elkaar.

Leerling: Ga jij maar eerst. Energie besparen, groene energie.

Energie besparen, groene energie. Oké, weten jullie een voorbeeld te benoemen van iets waar we duurzaam mee bezig zijn misschien?

Leerling 1: Het nieuwe windmolenpark dat ze gaan maken.

Leerling 2: Zonnepanelen.

Leerling 1: Korting of zo, dan hoefde je minder geld te betalen of dan kreeg je geld terug van de gemeente.

Leerling 2: Ja subsidie voor als je een elektrische auto had toch?

Leerling 1: O ja, dat kreeg je ook nog. Betalen aan elektrische auto's iets van € 6.000 minder of zo. De belasting gaat wel omhoog.

Dat is dan weer een tegenvaller.

Leerling: Ja, ja.

Nou zover zijn jullie nog niet met die auto's. Dus zonnepanelen, windmolenpark, elektrische auto's dat soort dingen.

Leerling: Ja.

Kunnen jullie misschien een relatie leggen tussen de kennis die jullie nu van duurzaamheid hebben?

Voorbeelden bijvoorbeeld die je kan noemen en waar je dat vandaan hebt gehaald. Uit het nieuws of thuis gehoord, bij het vak scheikunde, natuurkunde, aardrijkskunde.

Leerling 1: Ja we hadden vorig jaar een hoofdstuk bij natuurkunde over duurzaamheid en iets bij aardrijkskunde over energie. En maatschappijleer ook, zonnepanelen toch.

Leerling 2: Stond dat daarin?

Leerling 1: Daar stond een stukje over zonnepanelen.

Leerling 2: Niet gelezen.

Leerling 1: Nou ja ik wel dus blijkbaar.

Leerling 2: Ja van het nieuws, wel vaker. Daar komt het vaker naar voren.

Leerling 1: Nu ook met klimaatop schone auto's.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling 2: Duurzaam gaan werken.

Leerling 1: Wat was dat ook alweer?

Leerling 2: Dat ze een pensioenfonds gaan vragen of ze meer geld ##### zodat er meer duurzamer scholen zouden komen.

Leerling 1: Ik weet het niet. Dat was het.

Leerling 2: Nee o nee.

Oké. Dus jullie hebben het grotendeels uit het nieuws en één en ander van school.

Leerling: Ja.

Oké. Komt dat uit het nieuws, omdat het tegenwoordig vrij veel in het nieuws er over gaat?

Leerling: Ook van vak maatschappijleer.

Dacht ik al.

Leerling: we moeten voor het vak maatschappijleer zoveel tijd het nieuws volgen.

Leerling: Ja, we krijgen een actua toets.

Oké en dat kan over van alles en nog wat gaan?

Leerling: Ja.

Duurzaamheid gaat niet alleen maar over toepassingen, maar gaat bijvoorbeeld heel sterk over energie wat jullie al aangeven.

Kunnen jullie misschien een relatie leggen tussen energie en duurzaamheid als die er is?

Eén is die relatie er tussen energie en duurzaamheid en twee wat is dan die relatie?

Leerling: Kolencentrales minder kool, minder atmosfeer schade ja en aardgas wordt minder uitgeput en zo. Toch ook gaskraan dicht in Groningen.

Leerling 2: Ja ja

Dus vooral de energie produceren waar je de duurzaamheid in terugvindt.

Vind je energie en duurzaamheid, die link nog ergens anders dan in het produceren van energie?

Leerling 2: Bij het verbruiken dat je een zo hoog rendement doet.

Het verbruiken van energie? Oké.

Nu hebben we een bruggetje gemaakt tussen duurzaamheid en energie. Kennen jullie de vijf vormen van energie? Willen jullie die opnoemen?

Leerling: beide, Licht, warmte, eh eh eh

Er was er nog één: elektrische energie ofzo stond er ook bij. Daar heb je heel veel vormen van, elektrische energie hoort er ook bij. Telt die? Elektrische energie telt. Beweging.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Ja, heel goed.

Leerling: Welke?

Beweging.
Nog ééntje.

Leerling: Wacht... licht, warmte, elektriciteit, beweging.

Leerling: Veel gegrinnik.

Geen idee? Nou misschien komen jullie er straks nog op.

We gaan even kijken naar waar energie allemaal goed voor is. Dus wat betekent het verbruik van energie voor jullie in je dagelijks leven. Dus waar gebruik je het veel bij?

Leerling: iPad, social media apparaten, maar ook gewoon in huis alle lichten en zo denk ik, ja oké, ik heb eigenlijk heel vaak het licht aan, als het zo donker is dan is het zo donker in je kamer en doe je het licht aan. En eh het gas telt dat ook als energie?

Het gas?

Leerling: Ja dat je kan verwarmen, dat we warm douchen en zo.

Dat is toch wel prettig een warme douche.

Leerling 1: Ja vooral als het zo koud is. Koken ofzo.

Leerling 2: Ja valt onder gas. TV, oven met warme lucht.

Leerling 3: Dat gaat bij ons op elektriciteit.

Leerling 1: We hebben warme lucht en elektriciteit. Wij hebben echt een Multi oven.

Leerling 3: Ja wij ook. Dat was het alles wat ik nu kan bedenken.

Van wat ik hoor noemen jullie heel wat elektrische dingen op. Zijn er ook dingen waarbij energie gebruikt wordt die niet elektrisch zijn? Dus niet op het elektriciteitsnet zitten of batterijen?

Leerling: Amper.

Amper?

Leerling 1: Ik kan niets bedenken.

Leerling 2: Rekenmachine, die is ook op batterijen.

Nou misschien gebruiken jullie dan wel gewoon heel weinig. Dat zou kunnen. Maar er komt zo niks naar boven?

Kunnen jullie mij uitleggen of er een verschil zit tussen naar de manier waarop we naar energie kijken in het vak scheikunde en het vak natuurkunde?

Leerling: O God heftig. Ik heb wel het idee dat het bij scheikunde bij energie vooral gaat om atomen, ionen, en zo. Bij natuurkunde gaat het meer om het grotere deel. Beweging en licht en zo komt er uit. Bij scheikunde is het zo meer wat gebeurd binnenin. Komt er

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

energie vrij als er een reactie gebeurt bijvoorbeeld? Dan kijk je wat er gebeurt bij die reactie en dan bij natuurkunde zou het weer zijn dan komt er licht vrij.

Dan kijken we specifiek naar het licht en niet naar de reactie.

Leerling: Hoeveel energie er vrij komt.

En dat is bij natuurkunde of scheikunde?

Leerling: Natuurkunde.

Vooral natuurkunde? Of kan het ook zijn dat er wat overlap is?

Leerling: Allebei zou ik zeggen.

Dus er zit wel een verschil in maar het verschil is niet altijd even groot.

Leerling: Ja.

Mijn onderzoek gaat over één term specifiek.

En mijn vraag aan jullie is of jullie ooit van die term hebben gehoord. En die term is: exergie.

Leerling: Nee wij hebben daar nooit van gehoord.

Duidelijk.

Leerling: exergie.

Exergie.

Leerling: Energie.

Ja in plaats van energie, exergie.

Leerling: ex is uit

ex → Uit

Leerling: Ik weet ja, ik kan mij er niets bij voorstellen. exergie energie.

Ja gewoon de "n" vervangen door een "x".

Leerling: Zijn dat tegenovergesteld van elkaar?

Ik laat jullie nu twee processen zien en aan jullie de vraag welk van deze processen is duurzaam en hoe lezen jullie deze grafieken of deze afbeeldingen?

De bovenste is proces 1, de onderste is proces 2. Welke van de twee processen is duurzaam en hoe lezen jullie ze.

Leerling: Ik denk die [wijst naar proces 1] want daar [proces 2] komt meer afval uit.

Dus proces 1 is duurzamer.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Ja, maar hier [proces 2] gaat het wel minder in.

Leerling 2: Ja hier [proces 1] gaat zeg maar meer.. Ja hier [proces 2] gaat minder in en komt meer afval uit.

Leerling 1: En hier [proces 1] gaat meer in en komt minder uit.

Leerling 2: O ja klopt.

Wat betekenen de breedte van die pijlen?

Leerling: Hoeveel het is.

Hoeveel van de stof er in zit.

Ik heb er nog een paar hoor.

Ik laat jullie nu twee diagrammen zien van een proces waarbij ze een zetmeel maken. Het is een Engelse afbeelding dus er staan wat Engelse termen in. Mocht je niet weten wat het betekent dan kun je dat vragen.

De ene manier maken ze zetmeel met een bepaald proces en de onderste diagram is een ander proces, maar ze maken nog steeds hetzelfde. Ze beginnen allebei met bloem en eindigen allebei met zetmeel. Welke van deze processen is nou duurzamer en waarom?

Leerling: Hier [proces 1] moet meer energie in. De bovenste [proces1] gaat ook meer water in.

Hier [proces 2] gaat ook minder energie in en er komt meer uit.

Dus de onderste is duurzamer want daar gaat minder energie in en komt meer product uit.

Leerling: Ja.

Oké. Ja nee dat is heel erg duidelijk.

Kunnen ze ook allebei duurzaam zijn?

Leerling: Zou kunnen als je zeg maar als je water heel erg ja hoe zeg je dat. Als je dat water wat er weer uitkomt, opvangt en zo.

Dus eigenlijk gaan we dan het water wat er uit komt recyclen om het opnieuw er in te stoppen.

Leerling: Ja

Deze is wat lastiger. Het is een wat groter diagram. Het is maar één diagram. Het gaat over de productie van melk. Dus van het begin tot het eind. Tot het bij de consument, nou ja in de winkel ligt eigenlijk als het ware. Hij bestaat uit een aantal blokken. De getallen die er bij staan doen er niet zo toe. Hij bestaat uit twee delen. Hier heb je een eerste proces dat plaatsvindt en hier een tweede proces. Zouden jullie aan mij kunnen uitleggen, je mag hem ook wel vastpakken als je wilt. Zouden jullie aan mij kunnen uitleggen wat er gebeurt in de afbeelding. Dus hoe lezen jullie deze af. Wat gebeurt er nu bij het maken van melk van het begin tot het eind.

Leerling: Maar ik denk dat dit [eerste procesblok] de koe is. Ja dit [ingaande pijlen] eet de koe dus dit [eerste procesblok] is de koe. Hier [na eerste procesblok] heb je gewoon melk en afscheiding en vocht en wacht even dit is zweet en dit is ...

Dit [na eerste procesblok] zijn de afvalstoffen van een koe, hier is waterverdamping, consumeren.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Dit [eerste procesblok] is dan de koe. Dit is dan de hele koe dus verteren en darmen en alvleesklier en hoe dan ook allemaal. Dus hier verteren en verwerken en alle voedingsstoffen opnemen en alle slechte stoffen wordt hier [na eerste procesblok] gaat weg. En wanneer dat weg is met die opgenomen vitaminen kan melk gemaakt worden. Maar dit [wijst naar melk pijl na eerste procesblok] is toch al melk want dat komt er gewoon uit.

Leerling 2: Ja dit is melk maar dat gaan ze toch pasteuriseren.

Het gaat niet zo zeer om wat er daadwerkelijk daar gebeurt maar meer waar het plaatsvindt.

Leerling: Ik denk dat dit [eerste procesblok] in de koe is en dit [tweede procesblok] in de fabriek.

Leerling 2: O ja oja zo.

Is dit proces een beetje duurzaam?

Leerling 3: Eigenlijk ja, eigenlijk niet denk ik. Want heel veel water. Er komt heel veel schijt uit. Ja dat is ook slecht voor het milieu. Er komt maar een heel klein beetje melk uit. Ja er wordt dan veel gas uitgescheten, dus veel methaan en stikstof. Elke keer als dit gebeurt, gaat er heel veel methaan de lucht in. Dat is niet goed. Er wordt heel veel water gedronken en er wordt heel veel gegeten. Wat er voor zorgt dat er heel veel grondstoffen weg zijn. Ook voedsel voor mensen. En ze moeten ook gewoon drinkwater. Minder dan 1% van alle water op de wereld is drinkbaar. Dat verdwijnt allemaal in de grond. Zweet. Dat is heel veel dat er weg gaat en dan komt er maar een beetje melk. Eigenlijk is het niet zo heel erg duurzaam.

Leerling 2: Ja dat zei ik ook al, het is niet erg duurzaam. En dan weer hier [burner] gaat een heleboel melk in maar een heleboel water verdampt en dan hou je dit [eindproduct] over.

Ja dat [eindproduct] heb je over en dat [na proces 1] gaat er in.

Dus niet duurzaam. Stel, jullie krijgen de opdracht van een bedrijf om dit proces te verduurzamen. Wat zou je kunnen bedenken om dit een duurzamer proces te maken?

Leerling 3: Kunnen we het hier [wijst naar zweet stroom] opvangen of zo? We kunnen niks aan het water veranderen want er is een bepaalde hoeveelheid die ze moeten drinken. Voedsel misschien wel, want je kan meer vitaminen er in stoppen.

Leerling 1: Maar er komt dan ook meer melk uit of alleen maar meer schijt.

Leerling 2: Als jij het eten aanpast, komt er minder afval uit en er gaat minder voedsel in en dan komt er nog steeds dezelfde hoeveelheid uit dus dat is alsnog hetzelfde.

Dus we kunnen het voedsel aanpassen.

Leerling 1: Maar wat komt er allemaal uit bij die melk dan?

Leerling 2: allemaal water.

Leerling 3: Ja klopt dat verdampt. Dus aan het water kunnen we niet veel doen.

Leerling 2: Bij het proces in de fabriek komt er heel veel water uit.

????

Leerling 1: Ik denk het niet want dat water zal er wel uit moeten gaan.

Leerling 3: Nou je kan het weer terug laten komen, dus er moet een terugkoppeling zijn.

Leerling: Dus gewoon dat water weer in de koe.

Leerling 3: Ja dat water kan je opvangen en daarbij [wijst naar drinken koe] doen ja. Dus dan moet er gewoon iets komen zeg maar waardoor het verdampde water weer teruggaat. Dat water kan je de koe weer te drinken geven.

Leerling: Er komt hier [procesblok 2] melk van de koe in en melk komt er uit [eindproduct]. Waar komt dat [wat de burner ingaat] water vandaan?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Uit de melk denk ik.

Leerling: Dit is in de burner en niet in de koe. Flew gas staat dat er? Hier ja dat is lucht en methaan en oxide, water. Flowrate. Dit [begin proces fabriek] gaat er in en er komt Flew gas uit. Wat dat ook mag zijn.

Dat is gewoon gas dat vervliegt.

Leerling: Stoom dat is water ik denk dat ze de stoom nodig hebben dat ze dit [eerste deel van uitvergrootte fabrieksproces] daarom doen.

Leerling: Ja net als een stoommachine.

Leerling: En hier heb je de melk ze verwarmen het gewoon. Pasteuriseren en dan komt er de helft melk uit en de helft water dus ze kunnen het water gewoon weer terug dat moeten ze gewoon schoonmaken en dan weer ja hier [begin proces, drinkwater koe].

Leerling: Dus meer vitamines of zo in het voedsel zodat ze meer voedingsstoffen hebben in het voedsel zodat ze minder voedsel nodig hebben en er komt minder afscheiding uit.

Leerling: Hebben ze dat al niet zo efficiënt gemaakt?

Leerling: Jawel maar nu hebben we genetisch modificeren en misschien kunnen we daar iets mee. Want ze hebben waarschijnlijk al wel de meest voedzame stoffen in het voedsel voor de koeien gebruikt. Het meeste wat ze eten is gras en we hadden vorig jaar ook zoiets met natuurkunde wat was dat ook al weer bio bio nog wat. Grote planten die geplant werden ja bio planten stoffen maar misschien moeten ze dan daarvan een eetbaar soort ontwikkelen met genetische modificatie en dan kunnen ze dat eten in plaats van dat gras misschien of daarvan voer maken en dan.

Er kan dus nog een hoop aan dit proces veranderd worden.

Leerling: Ja heel veel.

Zijn jullie inmiddels al op die vijfde energie gekomen?

Leerling: Ik dacht misschien straling.

Nee dat valt onder lichtenergie.

Leerling: Mogen we de eerste letter alstublieft misschien?

Een C. jullie zijn er heel dicht bij geweest.

Leerling: C heb ik net iets gezegd?

Ik weet niet meer wie dit zei. Het ging over het verschil tussen scheikunde en natuurkunde. Toen waren jullie heel dicht bij.

Leerling: Ik zei iets over energie en atomen. Chemische energie.

Ja de energie die opgeslagen zit in de moleculen.

Appendix 4: Interview 3

Waar denken jullie aan bij het begrip duurzaamheid op dit moment en weten jullie misschien een voorbeeld te noemen van dingen waar we met duurzaamheid bezig zijn?

Leerling: Windmolens, groene energie, recyclen al dat soort dingen. Zonnepanelen, minder vlees..

Dat zijn de eerste dingen die in je hoofd op komen, zonnepanelen, windmolens, afval recyclen ?

Leerling: En afval scheiden ook bewoon besparen. Niet de lampen laten aanstaan enzo. Niet de verwarming laten aanstaan het hele weekend.

Kunnen jullie een relatie leggen tussen de begrippen die jullie net hebben genoemd, tussen wat jullie dus al uit je hoofd weet en waar jullie de kennis vandaan hebben gehaald. Misschien dat je het uit het nieuws hebt gehaald, weet je het een en ander van thuis, heb je het thuis er veel over of juist vanuit de vakken scheikunde en natuurkunde.

Leerling: Een beetje een mix denk ik.

Leerling 2: Ja precies.

Leerling 1: dingen zoals zonnepanelen enzo dat hebben we allemaal gehad met natuurkunde vorig jaar. Maar het kwam ook wel weer in het nieuws. Als je naar buiten kijkt zie je toch ook die dingen.

Leerling 2: Ja, dus eigenlijk zie je het overal wel.

Leerling 3: En op het nieuws is het ook heel vaak.

Leerling 2: En als ik het licht laat aanstaan krijg ik een hele boze vader.

Thuis wordt er dus wel op gelet?

Leerling 2: Ja. We hebben het er ook eens een keer over gehad met aardrijkskunde vorig jaar.

Leerling 1: oh ja.

Leerling 3: Oh ja toen moest je bekijken hoeveel water je verbruikt ofzo watervoetafdruk..

Leerling 1: ja is wel grappig want... (stilte)

Hebben jullie ook dingen die je denkt van nou dat is recent in het nieuws geweest dat ging over duurzaamheid.

Leerling 3: Toch al dat we minder vlees willen eten ofzo, maar dat is een paar weken geleden.

Paar weken geleden..

Leerling: Afgelopen twee weken in ieder geval niet. We moeten namelijk het nieuws volgen voor maatschappijleer.

En toen kwam er niks over duurzaamheid?

Leerling: nee

Ook niet langer geleden, in het afgelopen jaar?

Leerling: O ja wel gister was in het nieuws dat ze het grootste windmolenpark ter wereld gaan bouwen in zeeland aan de kust in zeeland, onder water.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Onder water? Huh wat?

Leerling: ja nou nee, de windmolens staan in het begin in het water, maar niet helemaal.

Leerling: O ik wou zeggen onderwater, hoe kan je nou.. (stilte)

Leerling: Ook gewoon in de zee weet je.

Dus echt over het bouwen ervan, verder nog iets daarover?

Leerling: nee

Leerling: o jawel nog iets. We zaten nu op iets van 13% dat we deden aan duurzame energie en dat moesten we verhogen naar 75 % ofzo daar ging het over. 75%! Dat gaat heel langzaam.

Weet je waarom we dat moeten verhogen?

Leerling: Dan kunnen we 1 keer per jaar douchen ofzo. Beter voor het milieu maar voor de rest.

Maar voor de rest..

Leerling: Ik denk dat eerst Amerika een stapje terug moet nemen voordat wij eh..

Leerling: Nou wij ook hoor wij zijn ook een beetje..

Leerling: Ja nou ik denk dat als heel Amerika wat zou doen en Azië, zijn wij klaar. Relatief

Denk je echt dat als Amerika en Azië nou flink zouden verduurzamen zou dat zo'n groot effect hebben?

Leerling: Nou niet klaar, maar ja. Maar ik denk ook de spullen die wij maken in andere landen, dat is niet handig.

Zoals wat bedoel je dan?

Leerling: Nou telefoons, ik bedoel omdat te maken is heel veel water voor nodig enzo en dat kost ook heel veel energie en koolstofdioxide en dan vergaat de wereld over een paar jaar, nouja dat ook weer niet.

Over een paar jaar is wel erg snel.

Leerling: nou ik was vroeger bang hoor. Vroeger zeiden ze dat op een dag de wereld verging. Was ik net onderweg naar de Efteling. Nou dat vergeet ik nooit meer op de radio.

Dat is dus wel flink bij je binnen gekomen?

Leerling: ja echt..

Even een overschakeling naar het volgende stukje. We hebben het nu over duurzaamheid gehad, maar kunnen jullie ook de relatie uitleggen tussen duurzaamheid en energie? Misschien met behulp van een voorbeeld dat je kan zeggen nou dit is het verschil.

Leerling: Nou nee een ander soort energie die beter is voor het milieu brengt minder schade aan zeg maar aan de wereld. De aarde, minder uitstoot.

Oke, wat betekent volgens jullie het woord duurzaamheid dan?

Leerling: in een zin? Bewuster omgaan met eh..

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Bewuster omgaan met verbruik.

Leerling: ja zoiets.

Bewuster omgaan met verbruik. En dan gaat het specifiek over energieverbruik?

Leerling: Bijvoorbeeld, maar kan met alles zijn. Je moet ook niet zomaar je telefoon weggooien, niet teveel vlees eten.

Niet je telefoon weggooien...

Leerling: Nee, want dan moet er weer een nieuwe worden gemaakt en dat kost natuurlijk weer CO2 en water.

We hebben verschillende vormen van energie, verschillende soorten energie. Kunnen jullie een aantal soorten noemen. Als ik vertel dat we 5 soorten energie hebben, zouden jullie die vijf soorten kunnen benoemen.

Leerling: Zonne-energie, kernenergie, elektrische energie, waterenergie.

Leerling: Ja wel iets met algen.

Leerling: Algen?

Leerling: Je hebt toch van die stuwmeren? We hebben er nu drie zonne-energie, kernenergie, waterenergie.

Leerling: Windenergie hebben we die al?

Leerling: ja maar is dat een van de belangrijkste?

Leerling: Weet ik veel, het is er in elk geval één.

Leerling: eh.. groene energie...

Leerling: maar dat is toch een variant?

Leerling: ja wat heb je nog meer...

Leerling: dit hebben we letterlijk bij natuurkunde moeten leren.

Leerling: Ja, toen moesten we alle belangrijke..

Leerling: ja, windenergie toch wel ja. Windenergie, kernenergie werd helemaal uitgelegd hoe dat ontstond met golven en...

Leerling: ja nou ik weet het niet echt.

Leerling: Waterenergie, wat zei jij daar nou over?

Leerling: Ja, je hebt stuwmeren en daar komt dan allemaal water zeg maar en daar wekken ze elektriciteit aan op.

Leerling: Maar dat is dan toch elektrische energie?

Leerling: Dat is geen waterenergie, nee. Vier hebben we er dan?

Jullie koppelen de energie nu eigenlijk aan voorbeelden. Maar die vijf soorten energie die ik bedoel zijn niet de soorten die jullie benoemen. Jullie hebben er nu net wel eentje genoemd, elektrische energie. Hebben jullie een idee wat die anderen zouden kunnen zijn?

Leerling: Warmte-energie ofzo.

Leerling: oh dat is het . Warmte, licht, dat zijn ze...

Leerling: Warmte, licht, beweging. Bewegingsenergie.

Leerling: Wat hebben we nog meer, warmte, licht, beweging en dan dus elektrische energie en nog een.

Leerling: Zon toch wel, nee we hadden toch eentje goed.

Leerling: dat is elektrische energie.

Leerling: oh maar dan moeten we er nog één.

Leerling: Is het niet, had je al warmte-energie?

Leerling: Lichtenergie

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Warmte, licht en beweging. En elektrische energie.

Leerling: ja dan moeten we er nog één.

Het is niet erg als jullie het niet meer weten.

Leerling: misschien weten we het in de tussentijd.

Ja, wie weet komen jullie er nog op. Het begrip energie waar is dat eigenlijk allemaal goed voor? Dus wat betekent het voor jullie bijvoorbeeld wat betreft gebruik van energie in je dagelijks leven. Waar gebruik je het bij?

Leerling: Bij alles. Thee zetten, bij alles toch eigenlijk. Maar gaat dit echt over kunstmatige energie of ook over energie van dat je loopt en dat soort dingen.

Gewoon alle vormen van energie.

Leerling: Nou dan altijd want je leeft ook op energie, ieder moment dus.

Leerling: precies.

Je leeft ook op energie, hoe bedoel je dat?

Leerling: Nou je eet en daar maakt je lichaam energie van en zonder eten ga je dood dus eigenlijk leef je op energie.

Leerling: Ja je lichaam heeft energie nodig.

Leerling: En daarnaast gebruik je ook nog inderdaad waterkokers.

Leerling: Zoals jij 50x per dag?

Leerling: Nee, laat maar...

Leerling: Nou, mijn vader gebruikt het theezakje wel 4x. Hij hangt ze nog net niet aan de waslijn te drogen.

Leerling: 4x?? Maar dat smaakt dan toch niet meer lekker.

Leerling: Nee, precies, na 1x is het al niet meer lekker. 2 kan nog wel.

Leerling: Ja 2 kopjes.. Hij zou het het liefst de hele dag gebruiken.

Leerling: Zo is mijn vader ook, die gebruikt echt alles her.

Leerling: Ja volgens mij heeft mijn vader het gewoon van jouw vader.

Leerling: ja weet ik ook niet. Het is echt wel een beetje... (stilte)

Leerling: ja en nu weer terug.

Jullie noemden net die verschillende vormen van energie, welke gebruiken jullie nou het meest in het dagelijks leven?

Leerling: Bewegingsenergie.

Leerling: nee

Leerling: je loopt toch heel veel.

Leerling: ja maar je loopt, dan wek je toch geen bewegingsenergie op.

Leerling: ja wel toch?

Leerling: je hebt toch energie nodig om te bewegen. Maar dat is toch geen bewegingsenergie?

Leerling: jawel toch?

Leerling: Nou bij bewegingsenergie denk ik aan dat je gaat fietsen ofzo en dat er ergens een snoertje aan zit en dat je daar dan energie van krijgt.

Leerling: oh ja

Je combineert wat dingen nu.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Maar ik denk dat elektrische energie en bewegingsenergie wel het meeste toe kunt passen.
 Leerling: Maar dan bewegingsenergie wel op nummer 1 toch, je beweegt toch super veel? Alles wat je doet.

Leerling: ja dat klopt denk ik.

Leerling: en daarna elektrische energie.

Leerling: Maar goed als je nu gaat kijken denk ik dat er meer elektriciteit in deze school wordt gebruikt dan beweging of niet? Alle computer en alle digiborden, alle telefoons en ipads die in de oplader zitten. Alle elektriciteit die nodig is om de verwarming warm te houden, thee te zetten koffie te zetten.

Leerling: Maar dat gebruiken wij zelf toch niet.

Leerling: nee dat klopt, zelf niet.

Leerling: mens wel.

Ja, duidelijk.

Als jullie het verschil moeten aangeven tussen de manier waarop we energie gebruiken binnen het vak scheikunde en het vak natuurkunde. Is daar een verschil tussen? Zo ja, wat voor verschil?

Leerling: Nou misschien dat ze bij scheikunde meer ingaan op de kleine deeltjes zegmaar.

Leerling: Nou maar dat doe je ook bij ...

Leerling: Bij natuurkunde vorig jaar hebben we het ook over gehad, allemaal elektronen en neutronen enzo. Hoe dat wordt opgewekt.

Leerling: Je maar bij scheikunde ook toch. Nou bij scheikunde is volgens mij een deel van scheikunde heeft niets met energie te maken.

Leerling: Misschien dat scheikunde iets meer is dat zeg maar dat het uitgelegd wordt hoe het werkt maar dat natuurkunde echt wordt toegepast ofzo. Snap je wat ik bedoel? Nee he?!? Ja ik weet niet echt hoe ik dat moet uitleggen. Nou in ieder geval ik denk dat scheikunde wat meer inhoudelijk is ofzo.

Leerling: nee dat dat meer uitlegt toch?

Maar er zit dus wel een verschil in.

Leerling: Ja een klein verschil.

Klein, niet zo heel groot?

Leerling: JA. Ik denk bij natuurkunde wordt niet echt de atomen ofzo..

Leerling: jawel, jawel

Leerling: Nee dat komt niet iedere keer terug, bij scheikunde komt de energie in de atomen komt iedere keer terug.

Leerling: eh, positief, negatief

Leerling: ja oke

Leerling: Dat komt iedere keer terug maar bij natuurkunde niet. Natuurkunde heb je een keer een hoofdstuk met een onderwerp dat daarover gaat.

Zie je dan ook de hoeveelheid veranderen in hoeverre het terugkomt? Dat je zegt bij scheikunde hebben we het vaker of minder vaak over dan bij natuurkunde?

Leerling: Ja veel vaker, altijd eigenlijk.

Leerling: ja eigenlijk altijd.

Dus bij scheikunde hebben we het er altijd over en bij natuurkunde minder.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Ja er komt een keer een hoofdstuk over meer niet. Maar als je het hebt over kracht heb je het ook een beetje over energie.

Leerling: Ja nu hebben we het bijvoorbeeld over bewegingsenergie.

Leerling: Nee over kracht, zwaartekracht enzo.

Leerling: Ja maar je moet wel energie leveren om te duwen.

Leerling: nee dan beweeg je.

Jullie bedoelen hetzelfde, maar jullie lopen een beetje om elkaar heen. Oke duidelijk.

Er is een term waar mijn onderzoek specifiek over gaat en ik ben benieuwd of jullie er ooit van hebben gehoord. De term exergie.

Leerling: Nee nog nooit van gehoord.

Leerling: Dat begrip zegt me niks.

Energie maar dan in plaats van een n een x.

Leerling: nee exergie? Nee.

Oke duidelijk.

Ik ga jullie straks twee processen voorleggen en dan is aan jullie de vraag welk proces is duurzamer, proces 1 of proces 2. Wat zie je op het plaatje, welk proces is duurzamer?

Leerling: Ik zie haast geen verschil.

Leerling: nou dit [Inkomende pijl van proces 1] vakje is groter.

Leerling: maakt dat uit? En hier [afval pijl proces 2] zit een pijl en hier [afval 'pijl' proces 1] zit geen pijl.

Ga er maar vanuit dat die inkomende pijlen even groot zijn.

Leerling: Maar dit is even groot.

Leerling: Maar hier [afval pijl proces 2] zit een pijl.

Leerling: Ik denk dat het enige verschil is dat wat betekent, dus in principe weet je het al.

In principe zijn alle blauwe vlakjes pijlen.

Leerling: Welke?

Leerling: die, deze.

Leerling: ja die. Want hier gaat heel veel naar het afval en hier wordt...

Leerling: Hier heb je hetzelfde nodig maar er gaat veel meer weg. En hier heb je hetzelfde nodig maar je krijgt er meer uit zeg maar.

Dus welk proces is duurzamer?

Leerling: die [proces 1]

Oke, de bovenste.

Leerling: Weten jullie die andere energie al?

Leerling: nee, ook niet

Leerling: misschien kernenergie?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Dit was het algemene plaatje van een proces. Hebben jullie enig idee wat die pijlen voorstellen?

Leerling: Nou ze wijzen naar ?? (niet te verstaan)

Ja maar wat zegt bijvoorbeeld de dikte van die pijl nou over...

Leerling: Hoe meer hoeveelheid er nodig is voor een bepaalde grondstof.

Leerling: Dit is toch een reactieschema ofzo. Zo zou je het ook kunnen zien.

Leerling: Zo doen we dat ook met scheikunde soms en met natuurkunde wat je kan zien. Wat je kan zeggen is dat hier een reactie plaatsvindt.

Ik heb nog een diagram voor jullie ik ben wel benieuwd welke jullie denken dat duurzamer is. Het zijn twee processen waarbij bloem omgezet wordt in uiteindelijk zetmeel. Maar doormiddel van verschillende processen. Dus ze gebruiken een verschillende manier van omzetten.

Leerling: Sowieso is deze [hoeveelheid zetmeel bij proces 2] al veel dikker dan die [hoeveelheid zetmeel bij proces 1].

Leerling: ja precies.

Leerling: Dus hier [bovenste proces, energy for gluten drying] gaat wel sowieso meer energie in. Is nodig daarvoor [gluten drying] , maar staat ook ergens afval ofzo.

Leerling: Dat zie ik niet.

Leerling: nee

Leerling: Maar deze [side stream proces 1] gaat toch daar [einde side stream proces 1] naartoe en deze [separation proces 2] niet.

Leerling: En deze [Water ingang proces 1] is veel dikker.

Leerling: Ja en water inderdaad. Nee ik denk dat deze...

Leerling: Nee ik denk dat deze [bovenste proces] het duurzaamst is.

Leerling: Echt ik denk die [onderste proces]. Ik denk die [onderste proces] puur omdat er minder water wordt gebruikt ofzo weet ik niet.

Leerling: Ja denk ik ook.

Leerling: Maar er gaat hier [starch and protein proces 1] ook nog wat naartoe he.

Leerling: Ik denk dat deze [Onderste proces] het duurzaamst is.

Leerling 1 zegt de bovenste en leerlingen 2 en 3 de onderste.

Leerling: Ja

Nu komt er een afbeelding van echt wel een stuk groter proces.

Leerling: Dikke legenda.

De legenda is niet belangrijk, als jullie een woord niet snappen kan ik het voor jullie vertalen.

Dit is een proces van het produceren van melk. Dus we kijken gericht naar de voedselindustrie. Het bestaat uit twee delen. Aan jullie de vraag wat zie je in het diagram en wat betekent dit diagram nou.

Kunnen jullie dit diagram uitleggen op een of andere manier.

Leerling: Nou dit [grote blauwe blok] is in ieder geval water.

Leerling: Wat is dat? Misschien dat Cow wordt gemaakt??

Leerling: Nee staat toch cow, koe

Je hoeft niet per se te weten wat er staat als je gewoon logisch erover nadenkt dan weet je wat er gebeurt.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: O kijk, dat [eerste proces blok] zijn toch koeien en de koeien geven melk. Er gaat water...

Leerling: Wacht er gaat water in, dit [groene ingangsblokken] is waarschijnlijk gras of zoiets naar de koe dus is dit [eerste procesblok] de koe. Dan gaat hier [cow rearing] wat uit. Ik weet niet wat dit is, maar ik denk dat dit poep is.

Ja, dat klopt.

Leerling: En dit [procesblok 1]?

Leerling: Is dit [procesblok1] niet gewoon soort de koe alleen dan in een diagram.

Leerling: Dit [procesblok 1] is gewoon de koe.

Leerling: En hier [uitgang procesblok 1] aan de andere kant, ...

Leerling: Joh, dat zit ik toch uit te leggen.

Leerling: Ja nou ik kwam er ook net achter.

Leerling: En hier [Melk wat uit procesblok 1 komt] komt er nog wat uit. Dit [melk wat uit proces 1 komt] is melk en dit is poep. En dit is eh water dat hij verliest door zweten. En hier [procesblok 2] wordt het dan nog op een bepaalde manier omgezet. Water vapour in kiloton.

Die getallen maken niet zoveel uit. Daar gaat het niet zozeer om. En wat gebeurt er nog in het tweede deel van het proces?

Leerling: Dus dit [wijst bij vergroting aan ingaande stoffen], dit is lucht met water en nog iets, het gaat nog ergens doorheen en komt wat gas gaat eruit weg.

Leerling: Ja en dan komt er stoom en dan gebeurt er nog iets en er komt ook nog melk. En dan gaat het er weer uit.

Leerling: Goed uitgelegd.

Wat vinden jullie van de duurzaamheid van dit proces, is het een duurzaam proces?

Leerling: Wat de koe?

Nou het hele proces van de koe tot de melk.

Leerling: Nou er gaat hier [Uitkomen proces 1] bijvoorbeeld heel veel verloren door zweet en hier [uitkomen proces 1] heel veel door poep en hier [vergroting, wat uit de fabriek komt] gaat nog heel veel verloren.

Leerling: Het duurt wel een beetje lang misschien.

Leerling: Maar aan de andere kant weten we ook niet hoe we het beter zouden kunnen doen. Want je kan ook niet dat zweten of dat poepen tegenhouden.

Leerling: Wacht, ik denk dat het niet duurzaam is. Nou een koe heeft echt heel veel eten nodig. En dat komt hij heeft meer eten nodig dan dat er uit komt.

Leerling: Dat heb ik ook wel eens ergens gehoord ja.

Leerling: Precies en het duurt ook heel lang.

Dus dat hebben jullie ergens vanuit het nieuws gehoord of..?

Leerling: Eh.. bij aardrijkskunde vorig jaar. Nu leggen we zeg maar de link.

Leerling: Dat had ik helemaal uit mijn hoofd geleerd. Het hele hoofdstuk haalde ik een 5,2 was ik gewoon boos.

Wat zouden we kunnen doen om dit proces beter te maken, duurzamer?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Zweet gebruiken, gewoon minder zweten. Minder eten geven.

Zijn zweet gebruiken?

Leerling: Dat was een grapje. Urine veranderen in melk.

Verder nog?

Leerling: Nou misschien dat je ander voer zou kunnen geven ofzo dat duurzamer is.

Leerling: Dat hij misschien minder voer nodig heeft om dezelfde energie eruit te halen.

Leerling: Ja maar hoe dan.

Leerling: Ja dat weet ik niet, moet je mij niet vragen.

Leerling: Minder voer maar meer....

Leerling: Maar dan stop je als nog meer in dat voer.

Leerling: Dan heb je toch minder voer nodig.

Leerling: minder voer maar er zit hetzelfde in.

Leerling: Ja daarom dat bedoel ik.

Leerling: Ja dat bedoel ik ook.

Leerling: Maar je kan verder, nou aan de koe daar kan je weinig veranderen behalve het voer. En het deel in de fabriek.

Leerling: Nou hier [pijl flew gas in fabriek] gaat er wel iets verloren, maar ik weet niet wat het is... flew gas.

Dat is gas wat uiteindelijk bij het proces ontstaat.

Leerling: Daar kan je toch niet echt iets mee.

Leerling: Maar hier [water stromen die uit het tweede proces komen] gaat ook nog veel water of doen ze daar nog wat mee? En condens.. condensatie. Nou ik weet het eigenlijk niet.

Leerling: Nee ik ook niet.

Oke maar stel je zou zo'n proces voor je krijgen en je zou moeten kijken hoe je dit proces moet verduurzamen, zou je weten waardoor je het zou kunnen verduurzamen?

Leerling: Het condens opvangen misschien?

Oke, wat zou je er dan mee doen?

Leerling: schoon maken en dan gewoon opdrinken.

Leerling: Nee, het water wat je normaal hier voor [drinken koe] zou gebruiken.

Dus als het ware recycle je het dan?

Leerling: en ook dit verloren water [uit rest van het fabrieksproces]. Water en condens.

Leerling: gewoon meer water opvangen.

Leerling: O misschien kan je wel, nee nee laat maar.

Zou je dat bij het proces van de koe ook kunnen doen?

Leerling: Bijvoorbeeld, dat zat ik dus net te denken, dat je de poep zou kunnen veranderen in eten. Maar de poep zijn alleen de afvalstoffen dus kan je niet van de afvalstoffen nieuwe stoffen maken.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: nee.

Leerling: maar misschien van het zweet.

Leerling: Maar dat kan je toch moeilijk opvangen.

Leerling: Laat je gewoon zweet drinken.

Leerling: Ja maar waarom kunnen planten dan wel groeien van mest?

Leerling: Want in mest zitten toch afvalstoffen? De planten vinden de afvalstoffen lekker ofzo.

Leerling: Je kan wel dit [manure] ergens anders voor gebruiken, maar ik denk niet voor de koe.

Leerling: nee

Maar je zou het dus wel opnieuw kunnen gebruiken?

Leerling: Ja misschien wel , als mest ofzo ja.

Zou dat het proces verduurzamen?

Leerling: Jawel, dit proces wel, dan is er minder verloren.

Leerling: Ja dan kan je die planten goedkoper laten groeien waardoor je goedkoper voer hebt. Heb je gras...

Leerling: Dus gebruiken we gewoon de poep voor de planten en de planten eten de koe.

Leerling: Als we samen een toets mochten maken konden we gewoon een 10 halen.

Zei je nou de planten eten de koe?

Leerling: Nee, de koe eet planten..

Als jullie dit proces in het kort nog een keer samenvatten. Hoe zou je dat samenvatten?

Leerling: Nou de koe eet gras en de koe heeft water nodig er komt poep uit en plas en melk en ehh.. dan komt dus ook water vrij kwa zweet enzo.. maar..

Leerling: Nu leg je eigenlijk het hele proces uit he.

Leerling: ja dat moet ook.

Leerling: En daar komt ook melk.

Leerling: Alleen als je dan kijkt naar wat er verloren gaat en wat erin gaat dan is de melk best wel weinig.

Leerling: Dan gaat het leuk de fabriek in, dan komen er een paar dingetjes bij en gaan een paar dingetjes weg en dan heb je melk.

Zijn jullie al achter die vijfde energie?

Leerling: Nee wat waren ze ook alweer?

Leerling: Groene energie, kernenergie ..

Leerling: Nee je hebt de verkeerde.

Leerling: Ja maar ik was aan het raden voor die vijfde.

Leerling: Wat was de vierde?

Leerling: Warmte, beweging, elektriciteit, straling...

Leerling: O, de vijfde moest nog... Maar die weten we dus niet.

Leerling: wind..

Leerling: nee die hadden we al, lichtenergie, groene energie..

Het heeft iets te maken met één van de twee vakken waar we het over hebben gehad.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Scheikunde of natuurkunde.

Leerling: Chemische energie.

Ja, klopt!

Zou je, vanuit het oogpunt van deze energiesoort, ook anders naar zo'n plaatje gaan kijken?

Leerling: Nee.

Leerling: Jawel, jawel want dit [wijst naar gas dat vrijkomt in de fabriek] is chemische energie.

Leerling: O dat kan je dan ook weer opvangen.

Leerling: wat is nogmeer chemische energie dan?

Leerling: er gaat ook air naartoe...

Leerling: staat hier steam

Leerling: stoom dat kan je ook weer met water doen toch, of is dat niet...?

Leerling: Wat is stoom ook alweer.

Leerling: Stoom kan je opvangen.

Leerling: Dat weet je toch, stoomtrein.

Leerling: Maar jongens we hadden het over chemisch...

Appendix 5: Interview 4

Beginnen we met een stukje duurzaamheid. Waar denken jullie aan bij het begrip duurzaamheid of kunnen jullie misschien een voorbeeld noemen?

Leerling 1: Energie enzo, daar denk je het eerste aan.

Leerling 2: Besparen.

Besparen, van wat is dat? Ook weer toegepast op wat leerling 1 zei?

Leerling 2: Het besparen van energie denk ik of slim omgaan met energie.

Oke, weten jullie wat voorbeelden van waar wij duurzaam mee bezig zijn op het moment in Nederland of in de wereld?

Leerling: Die windmolenpark toch op zee? Dat is toch een voorbeeld van duurzaamheid.

Windmolenpark...

Leerling: Ik hou me er niet veel mee bezig ofzo.

Geen idee? Jullie houden je er totaal niet mee bezig? Misschien is het ook een beetje een te algemeen begrip duurzaamheid. Weten jullie wat het woord duurzaamheid betekent?

Leerling: Ja dat wel.

Kan je dat ongeveer omschrijven?

Leerling: Gewoon dat je efficiënt.. dat je niet meer stoffen gebruikt dan nodig is zoiets. Zo weinig mogelijk.

Leerling: Zonne-energie, meer zonnepanelen enzo toch?

De dingen die jullie weten van duurzaamheid, dus wat je aan voorbeelden hebt, waar denken jullie dat die vandaan komen? Komen die van het nieuws dat je kijkt, van thuis of het je dat ooit in de jaren thuis mee gekregen of heb je dat op school geleerd?

Leerling: Mijn vader werkt veel in die sector dus dan bij het avondeten pik ik wel eens wat op.

Dus jullie hebben het er thuis nog weleens over?

Leerling: Ja.

Leerling: Duurzaamheid hoor je ook in groep 8 ofzo, in het nieuws of... Windmolens kun je dan.. niet dat ik er heel veel over weet.

Wat je weet komt dus voornamelijk van thuis of van het nieuws. Hebben jullie er op school iets over gehad of hebben jullie helemaal niks erover gehad?

Leerling: Misschien vorig jaar met natuurkunde bij Giesen.

Leerling: Misschien een beetje toen hij die filmpjes liet zien van de universiteit met die auto's.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Wat voor filmpjes waren dat?

Leerling: Over de universiteit, hoe noem je dat ook al weer? Nou die moesten een race houden met...

Solar race?

Leerling: Ja, daar zagen we het bij. Volgens mij had dat daar een beetje mee te maken.

Leerling: volgens mij had dat ook wel met duurzaamheid te maken met energie.

Leerling: Ja volgens mij kwam het in het hoofdstuk energie voor en was er een kleine paragraaf over duurzaamheid.

Dus daar werd ook niet zoveel bij verteld?

Leerling: Nee, dat was zo iets als 3.7 zo'n extra paragraaf.

Kunnen jullie, want jullie hebben nu de woorden energie en duurzaamheid gebruikt. Kunnen jullie de relatie leggen tussen die twee? Zit er een relatie tussen die twee?

Leerling: Als in gewoon, hoe je dat samen ziet ofzo.

Ja, zijn die twee aan elkaar gekoppeld of staan ze volledig los van elkaar?

Leerling: Nou duurzaamheid dat kan over meerdere dingen gaan. Andere over energie. Dat is wel een beetje de relatie ertussen. Het is niet altijd als het over energie gaat dat het altijd over duurzaamheid hoeft te gaan.

Dus energie is een onderdeel van duurzaamheid?

Leerling: Ja en eigenlijk andersom ook wel.

Leerling: Ja duurzaamheid is een onderdeel van energie.

Dan schakelen we over van duurzaamheid naar energie. Jullie hebben als het goed is vorig jaar vijf soorten energie geleerd. Kunnen jullie die nog benoemen?

Leerling: Warmte, elektriciteit, beweging, snelheid ofzo..

Leerling: Dat hoort bij beweging. Je kan nog zeggen $E=mc^2$ of dat soort dingen.

Dat is niet binnen die vijf.

Leerling: Maar ook zo'n dingen zoals de zon, lichaam. Ik weet het woord niet. Gewoon van die onuitgeputte bronnen, maar ik weet niet hoe je dat in één woord samenvat, wat daarbij hoort.

Leerling: Groene energie ofzo, nee dat is..

Misschien komen jullie er straks nog op, denk er ondertussen nog even over na.

Waar is het begrip energie in jullie gedachten allemaal goed voor? Dus waar gebruiken jullie het bijvoorbeeld in je dagelijks leven voornamelijk voor?

Leerling: Nou ik denk dat je energie gebruikt voor alles wat je doet.

Alles?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Nou bijna alles wel. Gewoon bewegen en dat soort dingen heeft ook gewoon energie.

Leerling: Bijna alles wat je doet heeft wel met energie te maken denk ik.

En als je bijvoorbeeld stil zit, heb je dan ook met energie te maken?

Leerling: Ja ik denk dat energie met een mate hoeveel energie. Je hebt ook met hoe je ergens instaat dus ik denk dat je altijd wel energie gebruikt.

Dan kijk je dus naar positieve energie, negatieve energie, de manier waarop je denkt. Die manier?

Leerling: O wacht, dat is nog eentje, magnetische energie.

Leerling: Warmte ook al gehad?

Warmte hebben jullie al gehad ja.

Dus bij alles in je leven gebruik je energie. Als je kijkt naar het verschil tussen het vak scheikunde en natuurkunde hoe behandelen ze energie daarin? Zit daar een verschil in? Of doen ze dat precies gelijk?

Leerling: Nou ik denk bij natuurkunde gaat het meer over het geheel enzo.. gaat het vaak over beweging: energie en krachten, zwaartekracht en dat soort dingen.

Leerling: Ik denk ook dat je bij scheikunde veel meer naar type kijkt en dat je bij natuurkunde heel algemeen met energie omgaat, maar bij scheikunde bijvoorbeeld met moleculen om hun kern bewegen enzo. Ik denk dat als je dat allemaal met natuurkunde moet behandelen dat je veel te lang bezig bent.

Leerling: Ik denk gewoon dat energie bij natuurkunde hoe je het gebruikt, en ik denk dat bij scheikunde hoe het nou zit.

Dus scheikunde is hoe energie in elkaar zit en natuurkunde hoe gebruik ik het, wat voor toepassingen?

Leerling: Ja.

Mijn onderzoek gaat over een specifieke term en ik ben wel heel erg benieuwd of jullie die term ooit een keer hebben gehoord. Dat is de term: Exergie. Net als energie maar dan met een x in plaats van een n.

Leerling: Dat is nou ik denk energie gaat dan over endotherm als in binnen en exo gaat dan over buiten.. Maar ik heb er nog nooit van gehoord, maar ik probeer het een beetje te nadenken.

Leerling: Gaat het niet over positief, negatief ofzo?

Leerling: nee nog nooit van gehoord.

Maar je maakt dus wel automatisch een connectie met ex is uit...

Leerling: Ja het tegenovergestelde van energie zou je bijna denken.

Jullie krijgen zo dadelijk een aantal diagrammen voor jullie en het is aan jullie eigenlijk de vraag welke van de twee processen die je krijgt te zien is duurzamer. Dus dit is een heel algemeen proces. Welke van deze processen is er duurzamer en waarom en hoe lezen jullie zo'n diagram af.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Nou ik denk proces 1, daar heb je in totaal gewoon minder energie omdat de afval berg kleiner is. Dus dat is duurzamer denk ik. Gewoon puur vanwege de afval de rest is allemaal hetzelfde.

Je zegt minder energie..?

Leerling: Nou gewoon het totaal energie wat er is. Nou het totaal energie wat hier [proces 1] is is minder volgens mij. Want dit [alles behalve het afval] is allemaal hetzelfde en dan moet je dit [afval] bij het totaal energie voegen.

Het proces heeft minder energie omdat de afvalstroom kleiner is?

Leerling: JA en de rest is allemaal hetzelfde. Het enige verschil is de afval, dus ik denk dat proces 1 duurzamer is als het om energie gaat.

Wat betekenen de grootte van de blokjes dan?

Leerling: Hoeveel energie er is.

Leerling: Omdat dit [proces 1] proces meer energie nuttigt dan proces 2 denk ik, omdat er minder afval vandaan komt dus dan moet er wel meer energie in de producten zijn gegaan.

Dit is een ander diagram, een ander proces. Dit is een daadwerkelijk bestaand proces. Ze gaan van bloem naar zetmeel. bij beide processen zie je hetzelfde bloem en zetmeel en dat doen ze op twee verschillende manieren. Aan jullie weer de vraag welke van de twee processen is duurzamer, hoe zie je dat, hoe lees je deze diagrammen af?

Leerling: Wat is het doel hiervan? Wat betekent dit?

Het doel is om zoveel mogelijk zetmeel te maken. Starch is zetmeel.

Leerling: Nou ik denk de onderste is duurzamer. Hier [proces 1 energy instroom] komt ook gewoon meer energie uit.

Bij de bovenste komt meer energie uit, dus de onderste is dan duurzamer...

Leerling: Maar als er energie uitkomt betekent toch helemaal niet dat dat slechter is?

Leerling: Ik denk dat als je de energie die uit het proces komt opnieuw kunt gebruiken dat de bovenste duurzamer is.

Leerling: Er staat wel energie voor het drogen van gluten dus ik denk dat het gewoon warmte is dat zou je wel opnieuw kunnen gebruiken.

Leerling: Maar het valt ook op dat je hier [Proces 1] veel meer water voor nodig hebt, terwijl het resultaat volgens mij gewoon hetzelfde is.

Leerling: Nee het verschil is, je gebruikt hier [proces 1] veel water, er komt veel energie vrij. Je gebruikt hier [proces 2] weinig water en er komt weinig energie vrij.

Leerling: Hier [proces 1] wordt het separated in drie wegen en hier [proces 2] twee.

Leerling: Ik denk dat deze [proces 1] wel duurzamer is want hier [proces 1 na scheiding] komt ook nog starch/zetmeel gaat dan nog een klein beetje weg hierzo. Hierzo [proces 2] ziet het eruit alsof dat niet zo is.

Bij de bovenste verdwijnt nog zetmeel halverwege het proces en bij de onderste is dat niet zo..

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Ja, hier [proces 2] verdwijnt het volgens mij ook een beetje, dat blauwe hier [proces 2 na scheiding] staat ook dat het starch is maar hier [proces 1 na scheiding] nog meer van die derde separation.

Ja, dus welk proces was er nou duurzamer?

Leerling: Ik denk de onderste

Ik heb nog een diagram die wat lastiger is. Het is ook maar 1 diagram van 1 proces. De cijfers die erbij staan doen er niet zo toe. Deze productie is de productie van melk van het begin tot eind en bestaat eigenlijk uit twee delen. Aan jullie de taak om te bepalen wat die twee delen zijn. Wat gebeurt er daar, waar vindt dat voornamelijk plaats?

Leerling: Hebben we de legenda nodig?

Nee, het is in het Engels maar als je een woord niet kent vertaal ik die voor jullie.

Leerling: Nou dit [blauwe stroom in] is water denk ik.

Leerling: Maar dit gaat gewoon over de resources? Die erin gaan en wat je eruit krijgt?

En het doel is om zoveel mogelijk melk te produceren voor de consumenten.

Leerling: Nou zo als ik het nu zie hier ziet het er niet heel efficiënt uit ofzo. Dit is melk dat is eigenlijk een heel klein deel van wat je uiteindelijk krijgt.

Leerling: Heel groot deel van koeienstront gewoon.

Leerling: Bij het tweede komt er nog minder.

Leerling: Kijk maar eens goed, als je naar dit [vergroting 2^e proces] blok kijkt wordt er nog veel uitgescheiden. Kijk maar.

Leerling: Heel veel waterdamp gaat weg.

Leerling: Is het dan ook melkpoeder dat lijkt het wel omdat er allemaal waterdamp uitgaat.

Het eindproduct is gewone melk, vloeibaar dus.

Leerling: Wat zijn dit, die laatste twee blokjes? [product blokjes]

Leerling: Gewoon mensen die het drinken.

Leerling: oh consumenten.

En wat betekenen de twee procesblokken dan?

Leerling: Ik denk dit blok [eerste proces] is gewoon wat in de koeien lichamen zelf gebeurt en dit [tweede proces] is wat er in de fabrieken gebeurt.

Leerling: Wat staat hierna?

Leerling: Dit [tweede proces] is de fabriek en dit is natuurlijk..

Leerling: o ja hier staat het.

Leerling: Dit [beginstoffen] zijn allemaal dingen wat in een koe kan gaan toch?

Leerling: Ja, dit eet een koe allemaal op en dat soort dingen. En dan komt het hier denk ik uit de koe.

Leerling: Ja hier wordt het gewoon gemolken en dan wordt er hier [fabrieksproces] nog misschien worden... pure koeienmelk kan je niet drinken, misschien wordt het in het tweede blokje nog gezuiverd.

Leerling: Dan gaat dit [afval fabrieksproces] gaat eruit.

Leerling: Maar ik denk gewoon dat dit [eerste procesblok] is het proces van de koe zelf en dit [tweede procesblok] is het proces in de fabriek.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Jullie hadden het eigenlijk al een beetje gehad over hoe duurzaam het proces is. Denken jullie dat dit een heel duurzaam proces is?

Leerling: Nee.
Niet, en waarom niet?

Leerling: Nou gewoon als je kijkt naar het aantal zweten en ademen toch en gewoon wat er verloren gaat aan gewoon koeienstront.

Leerling: Maar het zijn wel allemaal natuurlijke producten.

Leerling: Ja je kan het natuurlijk gebruiken voor ...

Leerling: Stront kan je dan weer gebruiken voor planten enzo.

Dus je kan het eigenlijk weer recyclen.

Leerling: Ja, zo op die manier is het niet heel onefficiënt ofzo maar als je alleen kijkt naar de melk dan is het wel onefficiënt.

Ja, dat je dat kan recyclen maakt dat dan weer uit voor de duurzaamheid van dit proces?

Leerling: Algemene duurzaamheid wel maar als je kijkt gewoon naar de duurzaamheid als je zoveel mogelijk melk nodig hebt dan niet echt. Dat denk ik.

En wat geven de grootte van de blokjes hier aan? Is dat hetzelfde wat je zei in het eerste diagram of geven ze hier misschien wat anders aan?

Leerling: Nou het is gewoon, die grote is toch gewoon de hoeveelheid, gewoon de liters?

Leerling: Nee, dit gaat over wat het weegt, kiloton.

Leerling: Gewoon de hoeveelheid van wat er uit en in komt toch?

Wat zou je eventueel kunnen doen bij dit proces om het wat duurzamer te maken? Stel je zou een bedrijf erover moeten informeren, die vragen jullie als opdracht om het proces duurzamer te maken. Wat zou je dan als advies geven?

Leerling: Ik denk dat ik dan zou kijken naar het eten wat ze krijgen. Er kan niet heel veel. Of je kan betere koeien gaan fokken, maar ik denk dat je vooral moet kijken naar wat je aan die koeien voert enzo..

Leerling: Je kan bijvoorbeeld meer kiezen, ja daar moet je mee experimenteren, om bijvoorbeeld meer gras te geven. Kijken hoeveel, of de hoeveelheid verminderd, verbeterd.

Leerling: Ik denk dat je ook moet experimenteren met wat er in komt want ik denk dat je in het proces dat dat redelijk vast staat.

Leerling: Ja, gewoon hierzo gaat er waterdamp weg en als je dat weer normaal water als dat gewoon weer als normaal water wordt gebruikt om die koeien te voer dat kan ook nog.

Dus weer het recyclen?

Hoe zouden jullie het aanpakken dan om de voeding dingen te veranderen voor de koe?

Leerling: Nou, ik heb niet heel veel verstand van koeien eigenlijk.

Wat denk je als er extra veel gras neergelegd wordt voor die koe dat hij dat allemaal gaat eten?

Leerling: Nee, maar misschien wel, misschien kan je juist minder gras geven ofzo..

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Als hij zoveel voor zich krijgt dat hij het gewoon eet dat hij niet meer kan.

Leerling: Ik zie hier wel dingen die je wel kan veranderen.. of niet geven.

Of niet geven, weglaten of? Of juist meer geven.

Leerling: Ja..

In een andere verhouding misschien?

Leerling: Misschien komt het ook door de hoeveelheid water dat er daardoor minder melk. Ja ik denk niet dat water kwaad kan maar misschien wordt er wel heel veel zo verbruikt. Als je minder water zou geven misschien zou het wat geconcentreerder reageren.

Zodat je wat geconcentreerdere melk hebt, zodat je minder verliest in de fabriek?

Leerling: Ja. Nou ja.

Leerling: Ja dat je misschien teveel water gebruikt en dat daardoor je ook misschien de kwaliteit minder wordt.

Leerling: Dat je minder echte melk per liter hebt of zoiets in die richting.

Leerling: Ik zou eigenlijk niet heel erg weten hoe je dit zou moeten verbeteren.

Nog even terugkomen op die vijf vormen van energie weten jullie de laatste twee al?

Leerling: Beweging, licht...

Leerling: We hebben nu licht, warmte, beweging en elektriciteit.

Ja er is er nog eentje, dat is ook wel de lastigste hoor.

Leerling: U mag geen hints geven toch? Ik probeer om me heen te kijken. Kinetische energie ofzo...

Dat heeft hier helaas niet zoveel zin.

Leerling: ook geen groene energie, duurzame energie.

Dat is toegepast.

Leerling: Was dat met de zon was dat dichtbij?

Dan heb je lichtenergie, straling.

Leerling: Dat is waar ja.

Leerling: Kernenergie.

Nee is ook weer toegepast.

Appendix 6: Interview 5

Het eerste stukje gaat over duurzaamheid, het zijn eigenlijk 3 stukjes en de eerste vraag is eigenlijk: waar denk je aan bij het begrip duurzaamheid en weet je misschien een voorbeeld te noemen?

Leerling: Groen, zonnepanelen, kerncentrales. Alles wat geen negatieve uitstoot heeft voor de atmosfeer.

En wat versta je onder negatieve uitstoot ?

Leerling: Weet niet precies, maar wat de atmosfeer rand ofzo aantast en wat slecht is zoals bijvoorbeeld de stof die uit een auto komt, dat is niet goed, dat hoort eigenlijk niet in de lucht.

Weet je wat voor stoffen er uit de auto komen?

Leerling: CO2 o.a. ook roet en dat soort dingen, troep.

Troep oké. Dus we best met heel wat dingen duurzaam bezig, kerncentrale hoorde ik. Zou je dan een relatie kunnen leggen tussen over wat je nu vertelt over de voorbeelden die je hebt over duurzaamheid en wat je onder duurzaamheid verstaat, het groene bijvoorbeeld en waar je het vandaan hebt die kennis, heb je het uit het nieuws gehoord misschien, heb je thuis dingen meegekregen?

Leerling: Zondag met Lubach en mijn vader weet er heel veel van, hij weet over alles, techniek enzo, die heeft heel veel van ""windboos"" verteld en aardrijkskunde denk ik omdat daar ook veel van heb geleerd.

Basisschool of Middelbare school ?

Leerling: Middelbare school, ik had aardrijkskunde en had daar 8,8 voor terwijl ik er niets voor leerde.

Dat zat er al in van thuis uit dus kennelijk al.

Leerling: Van de basisschool weet ik niet hoe dat is.

En je vader doet werk daarin dan?

Leerling: Nee mijn vader is, ik weet niet precies hoe je het uitlegt, maar wat hij doet, hij is totaal geen architect trouwens, maar hij berekent, hij gaat naar een ""iemand"" toe en daar berekent hij als hij bijvoorbeeld 10 kaarten moet gaan vervangen, berekent hij wat dat moet gaan kosten, tekent hij helemaal hoe het er uit moet zien enzo.

Dan heb je daar heel veel mee te maken en kan ik mij voorstellen dat hij daar een hele hoop van weet. Dus vooral van thuis.

Leerling: Ja en van school ook wel wat hoor.

Bij scheikunde en natuurkunde nooit over gehad ? Over duurzaamheid of dat wel?

Leerling: Ah jawel. Scheikunde 2 over vorig jaar ging over water en water besparen en bij NASK hoofdstuk 4 ook over gehad in de tweede.

Dat heb je nog goed in je hoofd zitten die hoofdstukken.

Leerling: Domme dingen onthoud ik wel ja.

Zou je de relatie tussen energie en duurzaamheid kunnen uitleggen, enig idee, is er een relatie tussen die twee?

Leerling: Ja. Duurzame energie als het goed is, als je duurzame energie opwekt dan is dat niet schadelijk voor de natuur o.a. en als je dan niet duurzame energie opwekt zoals kolencentrales enzo, dan is het dus slecht voor de natuur.

Oké. Wat is jouw begrip van het idee duurzaamheid, wat duurzaamheid is, zou je dat kunnen uitleggen in de toets, hoe zou je duurzaamheid dan kunnen omschrijven?

Leerling: Iets voor wat niet schadelijk is voor het milieu. En redelijk duur, windmolens enzo is vet duur, duurzaamheid.

Komt daar het woord duurzaamheid dan ook vandaan?

Leerling: Ik weet het niet maar het zal wel. Ja, ik weet niet echt hoe ik het uit kan leggen.

Misschien met voorbeelden?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

Leerling: Dat is wat lastig om dat uit te leggen, als we wat voorbeelden noemen is makkelijk. Ja, aar het uitleggen van wat het begrip inhoud is lastig om te doen.

Oke, we stappen even over van duurzaamheid naar energie. Uhm.. wat weet je al van energie en misschien wat directere vraag: welke vormen van energie ken je zoal?

Leerling: Bedoelt u wat voor energie uit een motor komt ofzo?

Als het goed is heb je een aantal vormen van energie geleerd vorig jaar?

Leerling: Vorig jaar, natuurkunde hoofdstuk 3. Lachen, ja weet ik nog wel dat ik het heb gehad maar weet zo geen voorbeelden.

Je weet zo geen vormen van energie meer te noemen?

Leerling: Ja, elektriciteit natuurlijk, ja. Als je sport heb je toch ook energie voor nodig, glucose en dat soort dingen, zeg maar dingen die zich omzetten in je lichaam dat je energie krijgt, dat is energie. Ja er stonden heel veel voorbeelden in het boek vorig jaar. Voornamelijk met voorbeelden omdat dat gemakkelijk te onthouden is. Dat blijktbaar niet, want dat weet ik niet meer. Maar dat zijn wel de dingen die je nu doet bijvoorbeeld. Ja, dat als ik het één keer overlees het weer weet.

Waar is het begrip energie allemaal goed voor? Wat betekent het voor jou in je dagelijks leven? Waarvoor gebruik je het, gebruik je het überhaupt veel of gebruik je het weinig?

Leerling: Energie is elektriciteit en elektriciteit gebruik je je hele leven zo ongeveer, telefoon en wifi. Is douchen ook energie? Ja warmte energie aan het water, ja is ook wel nodig uhm.. Dat is wel de verwarmingsenergie zo met water natuurlijk, dat was het eigenlijk wel wat ik gebruik. Vooral digitaal. Vooral digitaal tegenwoordig.

Oke, stel he, de stroom zal uitvallen. Heb je dan nog steeds te maken met heel veel energie gebruik?

Leerling: Ja, denk het wel toch? Er zijn wel genoeg andere voorbeelden zoals wate wat verwarmd wordt een soort energie.

Ja? Weet je een ander voorbeeld voor bijvoorbeeld lichtenergie?

Leerling: Licht is ook elektriciteit toch?

Ja, maar als dat allemaal uitvalt, wat zou je dan doen?

Leerling: Kaarsen en vuur. Is dat ook een vorm van energie? Ja, warmte energie.

Kan je misschien het verschil benoemen, als er een verschil is, tussen de manier waarop we naar energie kijken bij het vak scheikunde en het vak natuurkunde?

Leerling: Ja, want vorig jaar als energie bij batterij komt door chemische reactie.... Vergelijkingen en van stof tot stof gaat. Bij natuurkunde gaat het over beweging enzo. Gebruikt om afstand af te leggen. Ik heb bij natuurkunde gehad dat het ging om Er wordt energie in ? ballast? Gstopt en komt daar weer reactie uit, vorm van activeringsenergie, dus ook bij natuurkunde gehoord.

Dus bij scheikunde gaat het specifiek om de reactie en bij natuurkunde.

Leerling: Ik denk ook wel om meer, er zullen ongetwijfeld nog meer voorbeelden zijn, maar dat is voor zover ik het weet.

Er zit dus wel een verschil tussen die twee?

Leerling: ja.

Mijn onderzoek gaat eigenlijk over één bepaald begrip en ik ben benieuwd of je er ooit eens van hebt gehoord. Ken je de term exergie?

Leerling: Nee, ken ik niet.

Ik heb een aantal afbeeldingen die ik je ga laten zien en aan jou de vraag welk proces duurzamer is en hoe je dat aan de afbeelding kan zien. Het is een algemeen proces, verder niet gespecificeerd waar het over gaat. Maar welk van de twee is volgens jou een duurzamer proces en waarom?

Leerling: Dit [proces twee] is meer afval, maar wacht effe. Maar bij kernenergie is wel duurzaam maar ook kernafval. Als je die zou vergelijken kernenergie met andere vormen van energie opwekken. Groene energie ofzo. Ik weet niet zozeer of er nou meer afval komt van steenkolen en al die troep of dit hoe heet het.

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

En dat gaat dan puur om de afval die er af komt?

Leerling: Eh nou kijk, zover ik zie zijn die beide [ingående pijlen beide processen] toch even groot.

Gaat ook niet om het aval toch want daar zit een duidelijk verschil tussen?

Ja en als je dan bij andere processen gaat kijken waarbij het misschien wel anders in elkaar zit dan zou je ook alleen naar het afval kijken?

Leerling: Nee, denk het niet.

Ligt dat aan het proces?

Leerling: Ja, denk het wel. Want hier kijk je alleen maar naar afval omdat er verder geen verschil tussen die dingen is.

Ik heb nog een proces, het zijn weer twee diagrammen onder elkaar. Het zijn processen dat ze van bloem zetmeel maken en dat doen ze op twee verschillende manieren. Aan jou weer de vraag of de bovenste of de onderste duurzamer is.

Leerling: Van wat.. van bloem?

Ze maken van bloem, zetmeel. De diagrammen zijn in het Engels.

Leerling: Ik zie hier [Bovenste proces] veel meer water wat wordt gebruikt en hoe minder water hoe duurzamer.. Een koe is ook in het verleden totaal niet duurzaam want een koe die kost echt heel veel liter water wat dus dan niet duurzaam is. Dat zou betekenen dat deze [onderste proces] duurzamer is. Daar wordt minder water gebruikt.

Oke, dus je kijkt dan naar het water verschil?

Leerling: Ja, dat is hetgeen dat mij het eerste opvalt. En ik zie hier [bovenste proces, sidestream starch and protein] nog iets wat daar [Onderste proces] niet is. O hier [onderste proces, protein stream] is vooral proteïne.. en hier [onderste proces] wordt ook minder energie gebruikt zo te zien. Ja dat is het wel.

Dus dat is het voornaamste, de hoeveelheid water die wordt gebruikt, in de bovenste dus meer.

Leerling: Wat is dit evaporated, wat betekend dat?

Dat is verdampt.

Leerling: O ja dan is dit zeker want hier [bovenste proces] is ook water verdampt. Ik zie hier [onderste proces] niet echt verdamping.

Oke dus de bovenste is sowieso...

Leerling: Minder duurzaam.

Ik heb nog een wat lastiger diagram en die bestaat eigenlijk uit twee delen. Het is een beetje lastig te zien omdat het vrij klein is. Dit is het proces van het maken van, van het produceren van melk. Van begin tot aan het eidne dat het bij de consument komt. En het proces bestaat eigenlijk uit twee delen, dit is het eerste blok en dat is het tweede blok. En aan jou de vraag: Hoe lees jij dit diagram, dus wat betekenen die lijnen wat betekenen die twee aparte delen daarin? Wat valt er nog meer op aan dit diagram?

Leerling: Dit is gewoon van links naar rechts. Ik zie hier [inkomend in proces] gras en water, dat is samen melk en dan manure, ik kan het niet goed lezen.

Manure is ontlasting.

Leerling: Hoe bedoelt u hoe ik het zou moeten lezen? Dit is gewoon van links naar rechts. Ik bekijk gewoon wat er staat. Ik.. wel hoe dikker de lijn hoe dikker, hoe breder, hoe meer er van is. Bijvoorbeeld meer water dan ontlasting.

Oke, en als je die twee blokken bekijkt, wat is dan het verschil tussen die twee blokken?

Leerling: Dit [procesblok 2] is veel kleiner toch?

Maar als je kijkt naar het proces wat daar plaatsvindt? Dus waar dat plaats vindt en hoe dat plaats vindt?

Leerling: Dit [eerste procesblok] is meer gecompliceerd enzo.

Als je zelf even denkt aan het proces van het maken van melk. Eigenlijk had je het daarnet al een beetje over. Waar beginnen we dan mee?

Leerling: Nou de koe die eet gras, dat is dit [blokken van gras] en water en dan hier [tweede procesblok] wacht is dit niet dat je het allemaal heet maakt enzo dat de bacteriën allemaal dood gaan?

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

En waar vindt dat voornamelijk plaats?

Leerling: In een grote tank in de fabriek.

Je zegt dus dat dit [eerste procesblok] is eigenlijk de koe en dit [tweede procesblok] is van de fabriek.

Leerling: Dit [eerste procesblok] doet de koe zelf en dit [tweede procesblok] doet de mens. Ik zag het pas toen hier [flue gas in uitvergroot proces] gas stond dat is methaan ofzo, nou nee niet methaan, maar reageert naar methaan, toen snapte ik het.

En als je nou moet zeggen over dit proces of het duurzaam is of niet. Zonder het te hoeven vergelijken met iets anders. Wat zou jij dan zeggen over dit proces, is dit een duurzaam proces of is dit juist geen duurzaam proces en waarom?

Leerling: Uh even nadenken hoor... Nou sowieso koeien zijn sowieso dat doet er misschien niet toe, maar koeien zijn totaal niet duurzaam, door al dat water dat er wordt gebruikt. Dat staat op één sowieso. Ik weet niet echt, wat zou hier niet duurzaam aan zijn. Ja er wordt stoom gebruikt er wordt gas gebruikt, het zijn niet baanbrekend, niet duurzaam zeg maar.

Oke, stel je zou dit proces duurzamer moeten maken. Je zou een voorste moeten doen aan een bedrijf om het op een of andere manier duurzamer te maken, wat zou je dan voorstellen?

Leerling: Dat ligt eraan hoe die stoom is gemaakt, kan het op meerdere manieren. Ik zou niet weten hoe je dat doet.

Ja zou kunnen.

Leerling: Je verbrand water, je laat water koken en dan verdampt het. Ja misschien als je dat met vuur doet moet je natuurlijk dat vuur aandrijven met bijvoorbeeld kolen, dat is niet duurzaam want daar komt natuurlijk afval vanaf. Dus misschien een andere manier om stoom te krijgen of gewoon geen stoom meer gebruiken maar daar iets voor vervangen ofzo. Ik zie hier verbrander, burner. Dus dat is al. Ik weet niet op wat voor energie dat gaat, maar dat zal wel niet heel duurzaam zijn, want ik zie ook dat er gas uitgaat. 1,6 kg per seconde, dus dat is best veel.

Ja, dus jij zegt voornamelijk de manier van de energietoevoer die voor verbranding of verdampen van het gas..

Leerling: Ja.

Oke, zijn er nog meer manieren waarvan je zegt nou dit zou ook nog gebruikt kunnen worden om het duurzamer te maken?

Leerling: Nou je zou gewoon melk uit de koe kunnen drinken.

Met z'n allen onder de koe hangen?

Leerling: Ja, nee, weet ik maar gewoon, gewoon in tanks ofzo, dit is toch in de fabriek zelf. Want hier zegmaar hier is het in de koe en is het hier [tweede procesblok] in de tank gewoon in de normale tank of is het echt in de fabriek waar het wordt...

Het is echt in de fabriek, het proces in de fabriek. Dus jij zegt als we het proces van de fabriek gewoon overslaan en direct wat we van de koe afkrijgen drinken dan zou dat al...

Leerling: We kunnen beter gewoon geen melk meer drinken. Er zijn genoeg manieren om calcium in je bloed te krijgen, maar melk drinken.. koeien kosten ontzettend veel water en zijn totaal niet duurzaam om ze levend te houden. En er zitten allemaal van die stoffen goed voor je botten in melk maar ik weet zeker dat er genoeg mensen zijn die gewoon dat je kan zonder melk kun je ook wel makkelijk overleven. Ja dan is het enige probleem dat je gewoon zegt dan maar geen koeien meer dan heb je ook geen zuivel meer. Maar ja.

Alle koeien afslachten?

Leerling: Nou, misschien is dat eigenlijk wel een goed idee. Wel als er een andere manier is om al die dingen die je van de koe nodig hebt zoals zuivel producten enzo.. Als je die op een andere manier makkelijk binnen kan krijgen wat niet duurder is dan het n al is dan zou dat toch geen probleem zijn? Dan zou je koeien als huisdier moeten houden dan heb je

QUALITY OF ENERGY IN EDUCATION

natuurlijk geitenmelk enzo, maar dat drinken maar weinig mensen en karnemelk dat drinkt toch niemand.

Drink jijzelf melk?

Leerling: Ja, ja elke ochtend moet ik een glas van mijn vader. Nog een beetje aankomen ooit, maar dat wil niet echt lukken zeg maar.

Nou ik vind dat wel bijzonder dat je dat zegt over de melk dan maar gewoon niet meer drinken, dat je het kan vervangen door andere dingen.

Leerling: Je mag het op zich nog wel drinken maar sowieso dik verminderen. Want mijn opa is boer en ik weet dat de melkprijs echt dik gezakt is. Dus ja er komt niet echt veel goeds vanaf van die witte melk heb ik het idee dan dus ja..

Ik heb het idee dat je van thuis uit al een hele hoop hierover mee hebt gekregen, over dit hele duurzaamheid..

Leerling: Het meeste zoek ik gewoon op en leer ik gewoon zelf. Mijn moeder heeft hier helemaal niks mee, mijn vader die weet vooral meer over technieken.

Vind je dit soort dingen interessant?

Leerling: Ik vind eigenlijk wel heel veel interessant. Ja behalve scheikunde. En economie..

Appendix 7: The coding book

Overarching theme	Code	Description	Example
Student Ideas	Assumption	The student is assuming a certain statement or thought is true/reality.	“dat je dit soort uitleg op meerdere van dit soort schema’s toe kunt passen”
	Misconception	The student has a certain idea that is not consistent with the truth.	“Nou bij bewegingsenergie denk ik aan dat je gaat fietsen ofzo en dat er ergens een snoertje aan zit en dat je daar dan energie van krijgt.” “als je duurzame energie opwekt dan is dat niet schadelijk voor de natuur”
	Stereotype	The student thinks in stereotypes.	“Ik denk dat je in de randstad minder snel de scheidingsmethode kan vinden die wij in Dronten hebben.”
	Definition guessing	Guessing the meaning of a word or sentence.	“Ja het tegenovergestelde van energie zou je bijna denken. “
Using applications and examples	Because there is asked for an application or example	The student gives an example or an application as response because the question asks for it.	“Het nieuwe windmolenpark dat ze gaan maken.”
	To clarify response	The student gives an example or an application as response because the student is explaining his or her response.	“Als je een gasbrandertje aan doet wordt die wel warm, dan kan je alsnog je water koken.”
	To explain a concept or relation	The student gives an example or an application to explain a certain concept or	“Ik denk eigenlijk bij duurzaamheid gelijk aan duurzame energie en

		the relation between different concepts.	zonnepanelen en recyclen enzo.”
Looking at processes	Going into the process	The student looks at the initial substances that go into the process.	“Ik denk eerder deze [wijst naar proces 2], omdat hier minder water ingaat.”
	Coming of the process	The student looks at the products or the garbage that comes out of the process.	“Bij proces 1 gaat er juist veel meer verloren.”
	Making balance of in and out going	The student is comparing the initial substances that go into the process with the products or garbage that comes out of the process.	“je hebt dezelfde producten maar bij deze [proces 1] heb je meer dingen die erin moeten nodig zoals de energie en water.”
	Recycling	The student offers recycling as solution to make the process more sustainable.	“Dus gebruiken we gewoon de poep voor de planten en de planten eten de koe.”
	Lessening the garbage	The student offers the lessening of garbage as solution to make the process more sustainable.	“ik denk dat je dan wel het percentage uitwerpselen kan verminderen.”
	Lessening the initial substances	The student offers the lessening of initial substances as solution to make the process more sustainable.	“Minder eten geven.”
	Shorten process	The student offers the shortening of the process as solution to make the process more sustainable.	“Nou je zou gewoon melk uit de koe kunnen drinken.”
	Remove process altogether	The student offers the removal of the process as a solution to make the world more sustainable.	“We kunnen beter gewoon geen melk meer drinken”