

Master thesis

Charging Groningen

Searching opportunities for energy storage of renewable energy in the province of Groningen

Date: 06-12-2017

Author: N.A.H. van der Goot Bsc.

Student number: 2202824

Supervisor: dr. F.M.G. Van Kann

Master Environmental and Infrastructure Planning

University of Groningen

Faculty of Spatial Sciences



Charging Groningen

Searching opportunities for energy storage of renewable energy in the province of Groningen

Date: 06-12-2017

Master Environmental and Infrastructure Planning

Author: N.A.H. van der Goot Bsc.

University of Groningen

Student number: 2202824

Faculty of Spatial Sciences

Supervisor: dr. F.M.G. Van Kann

Preface

This thesis is the product of a fruitful academic year doing the master Environmental and Infrastructure planning at the university of Groningen. Together with a deep interest in the field of renewable energy and especially energy storage, it has developed into, not just an idea for a thesis but a goal I would like to accomplish during my career after finishing my master. The goal being to actively contribute to the energy transition during my working career, in the Netherlands or elsewhere in the world, with the knowledge I have gathered during my bachelor and master at the university of Groningen. Having worked from November 2016 to December 2017; this thesis will be my first contribution, which will hopefully help or inspire its readers on how to deal with the fluctuation in electricity from renewable energy sources through the use of energy storage. During my research, dr. Ferry Van Kann has been closely involved with the progress I made; from shaping the theme at the start, to giving feedback and opinions to bring this study to the desired academic level. Helping me to tear down any walls that would halt my progress or help me find a different path to reach the desired results, which did not stop during any holidays. For that and more, I would like to thank you for your dedication and advice during the past twelve months Ferry.

I would like to thank five people in specific whom have not only helped me write this thesis, they also taught me a lot about the topic I would not have found by just reading literature. I would like to thank: Ilja van der Veen, Albert Pondes, Martin Kok, Johan Abbink, and Chris Zuidema, whom have been interviewed for this thesis, for their time and effort. Their knowledge, advices and stories, on and off record, have greatly helped me with learning, and writing this thesis.

I hope you will enjoy reading this thesis.

Kampen, December 2017

Niels van der Goot

Abstract

With the predicted changes in climate that could have serious implications for our current way of living, countries over the world have created ambitions to lower fossil fuel usage by replacing it with renewable energy sources. However, the electricity output of renewable energy sources like wind and solar power can vary throughout the year, season, month and day. These fluctuations bring problems for the electrical grid and its consumers. Buffering the electricity when there is overcapacity and using that buffer when output of renewable sources is low can mitigate such problems. With a wide range of energy storage techniques that differ in many ways, the question remains of which energy storage technique to use in what situation. This thesis will research this question and provide helpful insights into which energy storage technique can be used in certain situations. To answer the question, five techniques of energy storage that differ in terms of scale and how they convert electricity, have been analyzed against seven criteria that are important for the type of service an energy storage device can provide. Using the framework for planning-oriented action, a planning approach that can deal with the contextual character, multi-objective goals, complexity and multiple stakeholders involved in the planning issue, has to be used. The area-oriented planning approach can deal with all these characteristics and is therefore used as the planning approach in this study. Because of the contextual nature of the planning issue, the province of Groningen is used as a case study to establish an optimized energy storage technique in that area. By means of a multi-criteria analysis, the different energy storage techniques and how they perform on each criteria is matched with the province's needs and what it can offer. This translates into an area-specific optimized solution. The solution is then translated into a project proposal containing the type of energy storage technique, its function, the required capacity, a suited area for implementation, and an estimated price. Additionally, research will be done into the role of planning in the field of energy storage, and also what stakeholders and actors are involved in such projects. This study concludes that the Li-ion battery with an energy capacity of 11MWh, providing frequency regulation services, contingency reserve services and load shifting services is the optimized solution in the area near the Town of Loppersum, costing an estimated €4.4 million.

Keywords: Energy storage; Sustainable energy; Multi-criteria analysis; Framework for planning-oriented action; Area-oriented approach.

List of figures

Figure 1: Map of the province of Groningen.

Figure 2a: A framework for planning-oriented action.

Figure 2b: A framework for planning-oriented action geared towards the parts, whole and context of the planning issue.

Figure 2c: A framework for planning-oriented action whereby a relationship has been established between efficiency and effectiveness.

Figure 3: Framework for planning-oriented action, in which the relationship between planning goals and interaction is based on complexity.

Figure 4: Schematic of a battery.

Figure 5: Conceptual model of the analytical process to establish a context-specific energy storage system.

Figure 6: Illustration of how the conceptual model has been used as a tool to do research with throughout this study.

Figure 7: Stakeholders that should be involved in the project for an energy storage device in Loppersum.

Table of contents

Chapter 1 – Introduction.....	1
1.1 - An increasing energy consumption.....	1
1.2 - Renewable energy goals	1
1.3 - Fluctuating energy output.....	2
1.4 - Case study: the province of Groningen	2
1.5 - Research questions	3
1.6 - Relevance for society, academia and planning practice	3
1.7 - Thesis outline	4
Chapter 2 – Methodology	5
2.1 - What this study aims to accomplish	5
2.2 - Research approach, objective and goal	5
2.3 - The province of Groningen as a case study.....	6
2.4 - Literature study and deskresearch.....	7
2.5 - Semi-structured interviews.....	7
2.6 - Talking with experts	9
2.7 - Document analysis	9
2.8 - Strategy	9
2.9 - Determining the techniques and criteria	10
2.10 - Good research.....	11
Chapter 3 – Theoretical framework	13
3.1 - Theoretical framework for planning-oriented action	13
3.2 - Area-oriented planning.....	17
3.3 - Multi-criteria analysis.....	18
3.4 - Grid management	19
3.5 - Operating the electrical grid	20
3.6 - Electrochemical energy storage.....	21
3.7 - Conceptual model	22
Chapter 4 – Energy storage techniques	25
4.1 - The studied energy storage techniques and criteria	25
4.2 - Providing a service	25
4.3 - Explaining the criteria	26

4.4 - Water electrolysis with PEM fuel cell.....	27
4.5 - Pumped-Storage Hydroelectricity.....	29
4.6 - Compressed Air Energy Storage.....	31
4.7 - Lead-acid battery.....	32
4.8 - Lithium-ion battery.....	34
4.9 - Performance matrix.....	36
Chapter 5 – The past and current state on energy storage with an uncanny path for the future.....	37
5.1 - Current state and knowledge on energy storage.....	37
5.2 - Large scale energy storage in Groningen.....	38
5.3 - Why taking action is important.....	39
5.4 - Through failure we succeed.....	39
Chapter 6 – An optimized solution for Groningen.....	41
6.1 - Future scenarios.....	41
6.2 - Creating a business case.....	42
6.3 - Frequency regulating services.....	42
6.4 - Contingency reserve services.....	43
6.5 - Load shifting services.....	43
6.6 - Finding a location in the province of Groningen.....	44
6.7 - Summarizing the requirements for the optimal solution.....	45
6.8 - Multi-criteria analysis.....	45
Chapter 7 – The first energy storage project in Groningen.....	49
7.1 - Towards a project proposal.....	49
7.2 - Why large scale energy storage is currently a poor choice for Groningen.....	49
7.3 - Going from possibilities towards an optimized solution.....	50
7.4 - The project proposal.....	50
7.5 - Initiating the project.....	51
Chapter 8 – Discussion and main findings.....	53
8.1 - Answering the first sub-question.....	53
8.2 - Answering the second sub-question.....	54
8.3 - Answering the third sub-question.....	54
8.4 - Answering the central research question.....	55
8.5 - Critical reflection of this study.....	55
8.6 - Main findings.....	56
8.7 - Contributions to planning theory and planning practice.....	57

8.8 - Recommendations for further research 57

References..... 59

Appendix A – Interview guide 64

Appendix B – Interview transcripts 66

Chapter 1 – Introduction

1.1 - An increasing energy consumption

From keeping our rooms lit at night, to cooking dinner, entertainment, communication, transportation, medical applications and even the very computer that enables me to write this thesis; human life without electricity has almost become unimaginable. Since the industrial revolution, electricity has rapidly become more and more used in industry and daily life. Between 1950 and 2013, the consumption of electricity has increased from 7 billion kWh to 119 billion kWh (CBS, 2015). This ongoing trend of increasing electricity consumption projects that in 2040, the world's energy consumption will have increased with 40% (EIA, 2016). Additionally, Yang et al. (2011) estimate that the electricity demand worldwide will be doubled in 2050 and tripled in 2100. In 2012, the world's energy consumption comprised for 67.0% out of fossil fuels, 11.0% nuclear energy and 22.0% renewables with the largest part of those renewables consisting of hydropower (IEA, 2016). Excluding hydropower, Yang et al. (2011) mention a share of only 3% renewables in world energy consumption. However, the consumption of fossil fuels causes carbon dioxide being released into the atmosphere (IPCC, 2007; Yang et al., 2011). This greenhouse gas is one of the main contributors to global warming (Yang et al., 2011); causing climate change, which in turn can have serious implications on our current way of living (IPCC, 2007).

1.2 - Renewable energy goals

To mitigate the effects of climate change, a change in energy consumption has to be made. There has to be a change from fossil fuels towards sustainable energy sources, which is commonly referred to as the energy transition (See: Verbong & Geels (2007) for an analysis of the Dutch ongoing energy transition). To foster the energy transition, the European Union (EU) has set goals for all of its member countries, the so called 'EU2020' goals. One of these goals is realizing a 20% share sustainable energy out of the total energy consumption of a country in the year 2020 (Eurostat, 2015). Currently, the EU as a whole is on its way to reach this goal. However, some countries are struggling to reach the goal of 20% sustainable energy out of the total energy consumption in 2020. One of these countries is the Netherlands with just 5.8% sustainable energy out of the total energy consumption in 2015 (CBS, 2016a).

The EU is steadily going towards the goal of 20% sustainable energy out of the total energy consumption with an increase of 5.5% in total primary production¹ of sustainable energy per year between 2005 and 2015, resulting in an average of 16% of the total energy consumption in the EU being sustainable energy (Eurostat, 2016). The Netherlands are far below this average in the EU with only 5.8%, as mentioned before. In 2014, the Netherlands were placed 26th out of the 28 EU-countries, when looking at the percentage sustainable energy out of total energy consumption, only followed by Malta and Luxembourg (Eurostat, 2016). Partly due to this, the Netherlands are also amongst the top countries regarding carbon dioxide emissions per capita, placing 4th out of the 28 EU member countries (CBS, 2016b).

Within the Netherlands the government has, in consultation with the EU, set goals for the nation as a whole with regard to sustainable energy (CBS, 2016a; Rijksoverheid, 2016). Although these goals are lower than the EU goals, being 14% instead of 20%, prospects made show that even the goal of 14% will not be met in 2020 (CBS, 2016c). This indicates that there is an urgency in the Netherlands to generate more sustainable energy.

¹ According to the first law of thermodynamics, energy cannot be created nor destroyed. It can merely be transformed from one form of energy to another form of energy. Therefore the term production is incorrect. However, for purposes of readability and to avoid confusion with the transformation of electricity in for example hydrogen in chapter 4, the term production or generation is used throughout this thesis.

1.3 - Fluctuating energy output

Though a switch from fossil fuels towards sustainable forms of energy is necessary, a peculiarity of sustainable forms of energy is that they are prone to fluctuations because of changing weather circumstances, especially solar and wind power (Moseley & Garche, 2014; Gahleitner, 2013; Söder & Ackermann, 2005; Ipsakis et al., 2009; Yang et al., 2011). The problem with this is, when for example the sun is (temporarily) blocked by clouds or when wind intensity is not stable, the amount of electricity generated will fluctuate, which can result in instability of the electrical grid when this electricity is directly delivered to the consumer (Moseley & Garche, 2014). Nowadays, fossil-fuel based power plants are producing electricity according to demand and directly to consumers; resulting in the power plants having to increase and decrease their production frequently on a daily basis, according to consumer demand, which is an inefficient way of generating power (Manthiram, 2016). Additionally, in places where solar and wind energy are connected to the grid, fossil-fuel based power plants usually have to compensate for the fluctuations in electricity of these renewable sources, causing problems for the electrical grid operators (Yang et al., 2011). Therefore, (low cost) energy storage is needed (Gahleitner, 2013; Yang et al., 2011). Electrical Energy Storage (EES) can improve grid stability (Dunn et al., 2011; Moseley & Garche, 2014; Manthiram, 2016; Yang et al., 2011); and improve the security of supply (Moseley & Garche, 2014). It does so by adding a time dimension to energy supply so the electricity can be provided when needed, after it has been stored (Moseley & Garche, 2014; Dunn et al., 2011). Furthermore, Manthiram (2016) states that *'... renewable energy sources will not have the anticipated impact unless we find an economical and efficient way to store and deliver the electricity they produce'* (p.624). Again, stressing the need for adequate ways of energy storage, which could also help reach the goals for sustainable energy, as set by the national government and EU.

1.4 - Case study: the province of Groningen

In the previous section it has become clear that energy storage can improve grid stability that is prone to fluctuating sustainable energy sources. Logically speaking, if sustainable energy sources are the cause of fluctuations in electricity generation, there has to be an infrastructure of sustainable energy sources present for there to be a problem which energy storage can improve. Likewise, sustainable energy sources depend on the weather e.g. lots of sun for PV panels to be efficient and high wind intensity for wind mills to be efficient; and are tied to spatial factors e.g. PV panels are relatively small and can be put on roofs while wind mills are very large and therefore usually placed away from urban areas. Meaning that sustainable energy sources are tied to certain characteristics that can differ per area, and thus energy storage is tied to these characteristics as well. To effectively study the role that energy storage can have in improving grid stability, an area that has a large infrastructure of renewable energy sources is necessary. Therefore, the province of Groningen will be used as a case study because of the amount of sustainable energy sources already installed in the province and its ambitions to achieve a percentage of 21% sustainable energy in 2020 (Provincie Groningen, 2017). Additionally, the consequences of extracting gas in the area of Slochteren near the city of Groningen has called for an acceleration in the program to switch to sustainable energy (Gemeente Groningen, 2017), which stresses the urgency to switch to renewable energy sources. This suggests that sustainable energy is higher on the political agenda in the province of Groningen which could result in more opportunities for initiatives revolving around sustainable energy, including energy storage. Moreover, while the province of Groningen had over 3000 Tera Joule (TJ) of wind power capacity on land in 2014 (Klimaatmonitor, 2014), there are no registered energy storage projects in the entire province according to the Global Energy Storage Database during the time this study was done (DOE, 2016). Being the province that produces the second most wind energy on land (Klimaatmonitor, 2014), and also having one of the highest ambitions in generating sustainable energy, would make the province of Groningen well suited for energy storage.

1.5 - Research questions

The goal of this study is to identify opportunities for energy storage in the province of Groningen. More precisely, the central research question in this study is: *What are opportunities for energy storage of sustainable energy in the province of Groningen in the near future, using the framework for planning-oriented action?* In the previous section it has been explained that energy storage is tied to certain spatial and infrastructural characteristics due to the sustainable energy sources it aims to improve. Therefore it can be estimated that energy storage depends on a certain context. The framework for planning-oriented action can help determine what planning approach would be appropriate for this planning issue because it can link the planning issue to a scale; and will therefore be used to answer the central question. Alongside the central question, this study aims to answer three sub-questions: *1. What factors play an important role in energy storage initiatives in the province of Groningen? 2. Which actors and stakeholders are involved in an energy storage initiative in the province of Groningen? 3. How can planning contribute to effectively and efficiently implement forms of energy storage for sustainable energy?* In order to answer the sub- and central research question(s), this study will explore multiple energy storage techniques and test each technique to a set of criteria by means of a multi-criteria analysis (MCA). The MCA will be the tool to compare the energy storage techniques. Using the framework for planning-oriented action, a planning approach that can deal with the characteristics of this planning issue will be established in order to search for opportunities. The outcome of the MCA will be used with regard to the chosen planning approach that can deal with this planning issue, to identify opportunities and establish an energy storage technique that is optimized for a chosen area. The optimized energy storage technique for the province of Groningen will be presented in the form of a small project proposal. This project proposal will include an estimated price, a suited location, what technique of energy storage to use, its function and the capacity of the installation.

1.6 - Relevance for society, academia and planning practice

As with most academic research, this study aims to provide relevance for society and academia, and in this case also relevant to spatial planning in particular. The societal relevance has already been explained in the first three sections of this chapter. To briefly summarize it: energy storage can help renewable energy sources to function better and increase grid stability by mitigating the problem of fluctuating electricity output, which will help society in its transition from fossil fuels towards renewable energy. This thesis is relevant in this context because it will give a concrete proposal for an optimized energy storage technique in the province of Groningen; and therefore helping in the transition towards renewable energy.

In general there is not much literature on energy storage for specifically the Netherlands of a recent date. Though, some research has been done for the Netherlands in the past. This thesis will add to academia in general by providing data on the current status of some energy storage techniques, and their opportunities and barriers for implementation in the province of Groningen in specific. Additionally, Ummels et al. (2008) stated in their research, which explored opportunities for energy storage for integrating large-scale wind power, that additional research for other solutions than the ones they have addressed (Pumped hydro Accumulation Storage (PAC), compressed air energy storage (CAES) and Combined Heat and Power (CHP)) should be done. This thesis adds to similar literature by addressing, among other things, batteries and water electrolysis as storage techniques. Furthermore, Ummels et al. (2008) recommend that a research similar to theirs should be repeated in the future to check if the conclusions made in their research are still valid. Although no measure of time is given, in comparison with eight years ago, there are bound to be differences. Making it legitimate to conduct a comparable research, inspired by Ummels et al. (2008).

There is little to none literature on the topic of spatial planning linked to energy storage. This study will add to spatial planning by establishing a link, using the framework for planning-oriented action, between planning theory and

planning practice with regard to energy storage. By using an area-oriented planning approach, this study makes suggestions on how to deal with the planning issues regarding energy storage by translating the analyzed data into a project proposal, aimed at planning practice.

1.7 - Thesis outline

This study has the following structure; the next chapter will first introduce the methodology used in this study, because the aim of this study is to search for opportunities. Searching for opportunities involves multiple goals that together form an outcome. Before going in depth into the theory of how to deal with multiple goals, it should first be adequately explained what this study is going to accomplish, and how it will answer the research- and sub question(s). Therefore, the methods and strategy used in this study are first explained before going into the theoretical framework. Chapter three encompasses the theoretical framework and introduces the framework for planning-oriented action, area-oriented planning approach, multi-criteria analysis, and explains some basic principles that are useful for this study. It will also introduce the conceptual model that will be used as a tool to do research with throughout this study. Chapter four explains and analyses multiple energy storage techniques and will introduce several criteria that are important for an energy storage device. The end of the chapter presents the performance matrix as the first step towards the multi-criteria analysis. Chapter five goes deeper into the case study of the province of Groningen and searches for opportunities in terms of energy storage. Chapter six will interpret the data of the performance matrix and uses the expert interviews together with literature to weight the criteria in order to finalize the multi-criteria analysis. It will then combine the MCA with the analysis of our case study to optimize an energy storage technique for the chosen area. Chapter seven will translate the findings in chapter five and six into a project proposal. Lastly, chapter eight will present the main findings of this study with a critical discussion of those findings.

Chapter 2 – Methodology

The previous chapter has introduced and explained the problem of fluctuating electricity output of renewables and that energy storage can mitigate this problem. It has also introduced the goal of this study. The section below will go deeper into the goal of this study. The section after will introduce and explain the research approach used in this study and why that approach has been chosen. The section that follows will explain the case study approach and also give a short introduction of the case study used in this study. After that, the approaches of data gathering and analysis will be introduced and explained, including the approach of semi-structured interviews with an introduction of the interviewed experts. lastly, the strategy used for researching this topic as well as how to answer the central research question and the sub-questions in this study will be explained.

2.1 - What this study aims to accomplish

The aim of this study is to explore what the opportunities are for sustainable energy storage in the province of Groningen in the near future, using the framework for planning-oriented action. In academic terms this means the aim is to gain familiarity with the phenomenon of energy storage or to achieve new insights into it. Studies with such an aim are termed exploratory or formulative research studies (Kothari, 2004; Saunders et al., 2011). To discover such opportunities for energy storage, this study will analyze multiple techniques of energy storage and several criteria that are important for performing services related to improving grid stability, and how they can be linked to the context of the province of Groningen. To know which technique of energy storage is suited for the province of Groningen, research will be done on the context to which these techniques will be optimized, and what factors are important in this process. Since the province of Groningen is the point of focus, this study will only concern itself with the regional scale or lower. Additionally, this study will seek an answer to the question of what actors and stakeholders are involved in an energy storage initiative in the province of Groningen; and this study will research how planning can contribute to effective and efficient implementation of the analyzed energy storage techniques.

2.2 - Research approach, objective and goal

Research is defined in this study as an objective and systemic search for new knowledge. Research commonly refers to the search for knowledge. In this case, research is referred to as an academic activity; and generally comprises of defining the problem, formulating a hypothesis, collecting data, analyzing the collected data, interpreting the data and reaching conclusions based on that interpretation. These conclusions can either be solution(s) to the problem or generalizations for theoretical formulation (Kothari, 2004). This study will propose a so called solution in the form of a project proposal specifically for the province of Groningen, along with the main findings that can be generalized.

There are multiple objectives for someone to conduct research. According to Kothari (2004) there are four distinctions in research objectives. The first, studies that want to accurately depict the characteristics of a specific person, group or situation are categorized as descriptive research. The second, studies that want to research a causal relationship between variables by testing a hypothesis are categorized as hypothesis-testing research. The third, studies that want to research the potential relationship of something and the frequency with which it occurs are categorized as diagnostic research. The fourth, studies that want to gain new insights into a phenomenon or gain familiarity with it are categorized as exploratory or formulative research. As mentioned before, the aim of this study is to explore the possibilities of a relative new phenomenon and gain insight into its possibilities for implementation in the province of Groningen, and therefore suit an exploratory research study best. However, using an exploratory research approach has implications for the research strategy, which will be addressed in the following sections.

The goal of the exploratory approach is to analyze which factors at play are important, how these relate to each other and what the motives of the people involved are (Saunders et al., 2011). To do so, this study uses multiple research approaches and techniques to gather the knowledge required for achieving the aim of the research. According to Saunders et al. (2011) the three most important approaches for exploratory studies are: a literature study (or deskresearch); talking with experts on the topic; and doing focused interviews. Next to studying literature, doing deskresearch (which is different from studying literature as will be explained later on in this chapter), talking with experts and conducting semi-structured interviews focused on the topic of energy storage; this study will also use document analysis focused on energy storage as an approach to gather knowledge. Semi-structured interviews are conducted because it fits better with the exploratory research approach used in this study. In the next section the case study method will be introduced and explained. In the section after, all of the above mentioned approaches and techniques will be briefly explained.

2.3 - The province of Groningen as a case study

The central research question explicitly mentions the province of Groningen of which a map can be seen in figure 1 below. The scale of a province is taken because the infrastructure of sustainable energy source depends on ambitions and targets for sustainable energy that differ per province. The province of Groningen is chosen because of the combination of having one of the highest shares in fluctuating renewables (solar and wind power) in the Netherlands, the ambition to become energy neutral in 2035, and known problems caused by renewable energy sources. A close contender is the province of Flevoland, which has a higher share of wind power and an ambition to be energy neutral in 2020 (Provincie Flevoland, 2017). However, to the authors knowledge, the province of Flevoland lacks problems related to the sustainable energy sources in the province, which renders the goal of energy storage to mitigate the fluctuations in sustainable energy sources and the potential for grid instabilities rather useless. Therefore, the province of Groningen is chosen as the area to conduct a case study because such problems related to renewable energy sources are known, as will be explained later in this study. By limiting the scope of this study to the province of Groningen, a more careful and comprehensive observation can be done. It allows for more focus on a limited amount of factors and how they relate to each other. This way of research is called a case study and is a form of qualitative analysis (Kothari, 2004). It therefore fits the qualitative character and research objectives of the exploratory approach of this study.

Using a case study has several advantages. It can improve our perception and give a better insight into the matter. It enables me as a researcher to get a better understanding of the relationships between factors and how they relate to the specific environment. Using a case study can help determine what nature of units should be analyzed as well as what environment is important to study. Using a case study increases my own experience on the subject which improves analysis skills (Kothari, 2004). This in turn is beneficial for the multi-criteria analysis later done in this study, and overall for the results of this study.

Using a case study also has some disadvantages. One of the disadvantages is that the information used in the case study as well as the outcome usually cannot be compared to other (similar) situations because of the specific situation at hand in the chosen area. This is closely related to the notion of false



Figure 1: Map of the province of Groningen. Source: Jan-Willem van Aalst — www.imergis.nl; Aalst (2017). Modified by the author.

generalization. However, data on the technical aspects of energy storage techniques as well as the performance requirements for the services the techniques can do, are not context-specific; meaning that a large part of the analysis, as well as steps in the research strategy, can be generalized. There is also the possibility of the subject, in this case the interviewed experts, answer what they expect I would like to hear; making the study subjective. Additionally, case studies are based on certain assumptions that might not always seem realistic (Kothari, 2004). Nonetheless, the advantages of a case study as well as the suitability of a case study in combination with an exploratory approach make it beneficial to use in this study. Due to the limited time available to conduct this research, the amount of cases is limited to one.

2.4 - Literature study and deskresearch

The previous statement of Saunders et al. (2011) in section 2.2 might have suggested that literature study and deskresearch are somewhat similar. While deskresearch and a literature study approach have a few things in common, they are not the same. Both approaches comprise of searching for sources that have information on the topic, which has already been acquired by other researchers. This is usually done from behind a desk in both cases. The difference is that a literature study uses scientific and theoretical information, usually gathered from scientific articles and books, with the goal of giving an overview of the available literature and relate that to the topic of the study as is done in the following chapter, the theoretical framework. Deskresearch on the other hand uses more practical and factual information, gathered from a wide body of websites like the CBS (the Dutch organization for statistics), and is used to acquire qualitative and/or quantitative data to answer one or more research questions (Poortinga, 2017). The data acquired from deskresearch encompasses for example, statistics from the CBS for electricity usage, statistics on sustainable energy sources per province from the Klimaatmonitor or news articles on the grid problems in several municipalities in the province of Groningen from the NOS (Dutch broadcasting organization). This data is used throughout this research to provide knowledge on typically more local subjects which (inter-)national literature usually does not focus on.

2.5 - Semi-structured interviews

This study will conduct interviews with experts on the topic. These interviews will take the shape of focused interviews, which fall into the category of unstructured interviews. The unstructured interview method is seen as a central technique of gathering information in exploratory or formulative research studies (Kothari, 2004), and thus fits the research approach of this study. A drawback of this approach is that the answers given by the experts will not allow for proper comparison between the interviews since some questions asked in one interview might not be asked in another one (Kothari, 2004). To deal with this drawback this study will ask a few central questions in each interview from which other (sub)questions can derive, which could be different depending on the interviewee. Nonetheless, the central questions which are the same in each interview allow for a comparison based on categories of information. For example, a question asking who are involved in implementing an energy storage initiative, is unlikely to provide information regarding cost or benefits of such a project.

The goal of these interviews is to get information on why one does an energy storage initiative, because projects are being initiated by different organizations while according to literature there is no conclusive business case for energy storage projects. To get information about what actors are involved in an energy storage project. To get information on the planning process of an energy storage project; and how the future energy system would look like, what role energy storage plays in that future system and if something should be changed to get there. These goals have been translated into eight central question with, in some cases, some possible sub-questions depending on the answer of the interviewee. These central questions and sub-questions are included in the interview guide in appendix A. Parties

that would be interesting and of added value to this study to do interviews with are: the province of Groningen, companies that provide energy storage techniques, network administrators and network operators.

The following experts on the topic of energy storage have been interviewed:

- Albert Pondes. Works in the Asset Management of Enexis (A gas and energy supplier, active in the province of Groningen, Drenthe, Overijssel, North-Brabant and Limburg), with great interest in energy storage. Interviewed on 29-05-2017.
- Christian Zuidema. Assistant Professor spatial planning at the university of Groningen with his expertise in the field of energy and fuels, planning and development, and urban studies. Interviewed on 19-07-2017.
- Ilja van der Veen. Project leader in the 'Energy system 2.0' program at the province of Groningen with a particular focus on smart-grids and connecting business cases and knowledge within projects. Interviewed on 22-05-2017.
- Johan Abbink. Works as Sales Manager Utility and Industry at Eaton (a company that designs and produces power management solutions for electrical, hydraulic and mechanical systems), with his specialism in fitting the solutions, including energy storage, within the existing electrical infrastructure. Interviewed on 10-07-2017.
- Martin Kok. Works as Business Support Manager at Eaton. The Business Support department supports business opportunities, directs customer specifications, and provides expert level technical support; including energy storage systems. Interviewed on 27-06-2017.
- Additionally, requests for an interview were sent to Eneco and the Energy Academy Europe. However, without success.

All the interviewed experts were chosen because of their extensive knowledge on the subject as well as their differing views on the matter, whereas for example Ilja van der Veen has a more political view on the matter while Johan Abbink has a more technical and economical view on the matter. Please note that the information given by the interviewees does not necessarily represents the views of the company or organization they work for. The interviews with Albert Pondes and Johan Abbink have been conducted in a Skype and telephone call respectively, while the interviews with Ilja van der Veen, Martin Kok and Christian Zuidema have been conducted on a location suggested by them, which was at the province hall, Eaton headquarters, and the faculty of spatial sciences respectively. Having the interviewees choose a location that is preferable to them could make the interview more comfortable for them, which can lead to a better conversation and might include better information. The times at which the interviews were held, were chosen according to the convenience of both the experts and interviewer. All interviews were done in Dutch to prevent confusion or misinterpretation by conducting the interview in a language other than the native language, because all experts have Dutch as their native language the interviews are all in Dutch. All interviews (in Dutch) are attached in appendix B (in the digital version only).

Typically, more interviews should have been conducted to ensure the information is correct and all the important aspects have been elucidated. Due to energy storage being a relative new topic, and no or negative replies on some requests, the amount of interviews in this study has been limited to five. Additionally, writing a master thesis as part of a one-year master means that there is limited time to gather primary data, and therefore also limits the amount of interviews that can be done. Nonetheless, the important aspects that I sought information for e.g. regarding the business case, the role of energy storage in the future, and identifying barriers for implementing energy storage currently, have been found. Therefore the amount of interviews in this study suffices for the goals set in the beginning of this section.

2.6 - Talking with experts

Although talking with experts has some overlap with the approach of interviews, there is a difference between the two. Interviews are a 'formal' occasion where the conversation has to be recorded, transcribed and usually has a format where the interviewer asks questions and the interviewee replies. Talking with experts can be seen as a more 'informal' way of data collection which ignores the usual rules and roles of formal interviews. This can range from attending events on the topic of energy storage where experts talk about the topic from their perspective or their companies perspective, to having a drink with someone whilst talking on the topic (O'Leary, 2004). In this case, talking with experts was done before and after interviews. During that time, the experts and I have talked about the subject of energy storage without a clear focus on the interview questions. This has resulted in information regarding other organizations that work with energy storage, suggestions for further reading, and elaborating on certain aspects that I had trouble with understanding at the time.

2.7 - Document analysis

Document analysis generally entails a large list of possible sources ranging from agendas and brochures to newspapers and journals. It basically entails documents (electronically or printed), that contains text and images which have been recorded without the intervention of a researcher. It is especially well applicable to qualitative case studies (Bowen, 2009), which fits the research approach of this study. Specifically, this study focusses on documents produced by the province of Groningen, because a case study requires extensive knowledge of the focused area. Additionally, documents regarding renewable energy and energy storage published by the state, European Union, and other organizations have value because it allows for comparison between the case area and other areas, and also provides insights into possible favorable policies, plans and agendas from higher authorities and other organizations. Documents used in this study include: *Energietrends 2016* by ECN, Energie-Nederland and Netbeheer Nederland; *Technology roadmap energy storage 2014* by IEA; *International energy outlook 2016* by IEA; *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability* by IPCC; and *Energiemonitor provincie Groningen 2015* by E&E Advies and the Province of Groningen.

2.8 - Strategy

To research which opportunities there are in the province for Groningen for the storage of sustainable energy in the near future, using the framework for planning-oriented action; this study has used a specific strategy. The first step is to explore and gather information on the different energy storage techniques available in the world and their application, from literature and documents. These available techniques have been narrowed down based on their stage of development, size, and available information for the criteria. Stage of development is important because they have to be in a stage where they are publicly available, not in a demonstration or test stage due to the translation into a project proposal for implementation. Techniques from differing capacities, small and large, have been included to avoid a one sided analysis of e.g. only energy storage devices with a small capacity. Lastly, to make an adequate comparison, all criteria in the MCA need to have enough information to do so. Based on the used literature, five techniques that are publicly available and include small and large capacities have been chosen. The performance of these techniques will be based on several criteria. One can choose from a large amount of criteria to test the techniques against, this study has chosen for a set of criteria that link to the services an energy storage device can deliver. The services are important because it links to the ability to mitigate fluctuations in the electrical grid and the business case, which is important because a business case that is not conclusive is less likely to be carried out than one that is conclusive. Additionally, the spatial aspect is important due to the hinted contextual nature of energy storage. It is important to note that choosing a limited number of criteria will ultimately limit the outcome as well. Leaving a criterion out, or including it, could change the overall outcome if a technique would score extremely good

or bad on that specific criterion. However, due to the limited timeframe of this study, choices have to be made regarding the criteria.

As shown later in this study, progress in some, if not most, areas of energy storage is made so quickly that literature of several years old is already partly outdated. Therefore, after having gathered the required information, interviews have been conducted to not only verify the gathered literature and identify outdated information; the interviews are done to get new insights into the matter from different perspectives e.g. political, market, and knowledge institution. At the same time, talking with experts has given additional information about the topic and suggestions for further reading, as well as helping understand some concepts from literature. After updating the literature with the new knowledge acquired from the interviews and adding the information from the suggested further reading, the performance matrix is made. The next step is to combine the performance matrix with the contextual information from the province of Groningen, and to weigh each criterion in order to finish the MCA and establish possibilities for energy storage in the case area. As will be explained in section 3.3, energy storage is imbedded in multiple contexts e.g. environmental, social, and economical, which results complexity and uncertainty (Buchholz et al., 2009; Lahdelma et al., 2000). Therefore, a multiple criteria decision aid (MCDA) method is used to collect, store and process gathered information. The final output of a MCDA can be one of the following: it can highlight one or multiple best alternatives; it can partly or completely rank the alternatives; or it can do an acceptability analysis, where ranking is done based on a description of what is preferred for each alternative (Lahdelma et al., 2000). For this study, the last approach is taken because of the business case that is tied to the criteria, which cannot always be expressed in specific requirements and mostly take the form of preferences.

Due to the limited time-scope in this study and the lack of real stakeholders to directly weight the criteria and choose an energy storage technique for implementation, which is typically done (Buchholz et al., 2009; Lahdelma et al., 2000), the performance matrix will be weighted by means of suggestions in literature and suggestions in the expert interviews. The weighting of the MCA will be presented with color coding. When a technique can provide the required performance for the services included in the business case, the criteria will be colored green. If the technique would not be the best pick for a criterion but can provide the requested performance, it will be colored orange. If the technique cannot provide the required performance or performs the worst out of the five energy storage techniques, the criteria will be colored red. Lastly, an optimized energy storage technique will be translated into a minor project proposal for the province of Groningen.

The first sub-question of what factors play an important role in energy storage initiatives in the province of Groningen will be partly answered by literature research on the framework for planning-oriented action, and partly answered by desk-research, document analysis and expert interviews focused on our case study. The second sub-question of what actors and stakeholders are involved in an energy storage initiative will be answered by expert interviews, desk-research and document analysis regarding past initiatives; the latter by means of an iterative process. The third sub-question of how planning can contribute to effective and efficient implementation of energy storage initiatives will be fully answered with literature on the framework of planning-oriented action, the multi-criteria analysis tool and an interpretation of the information provided by this literature.

2.9 - Determining the techniques and criteria

It has already been explained in the strategy that several energy storage techniques are being compared to several criteria that are important for the business case and services that can mitigate grid instabilities, in order to establish an optimized solution. This section will explain how the techniques and criteria are chosen and shortly introduce them. Due to the large amount of energy storage techniques available and the time it will take to analyze them, not all techniques can be included; and because this study aims to create a business case and project proposal,

techniques that are still in an early stage of development are left out. Consequently, several techniques of energy storage that are publicly available, including techniques with both small and large storage capacities, and often mentioned in literature are being compared on the basis of multiple criteria that are important for services performed by energy storage techniques connected to the electrical grid.

After analyzing the used literature, five techniques satisfy the above mentioned criteria and have enough information available for each criterion to do a proper analysis (there are 2 exceptions where there was little to none information for a criterion, this has been solved by deducing an approximation for that criterion based on similar information). These five energy storage techniques are: Water electrolysis with a polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cell installation; Pumped Storage Hydroelectricity (PSH); Compressed Air Energy Storage (CAES); lead-acid battery; and Li-ion battery. Based on the used literature, six criteria emerged as important for the services of an energy storage device, which links to the business case. Additionally, due to the contextual nature of the planning issue, the spatial aspect has also been included as a criterion. The seven criteria to which the five energy storage techniques are being compared to are: costs, spatial requirements, discharge time, respond time, capacity, efficiency, and durability. Both the techniques and criteria will be further explained in chapter four. The comparison is done by means of a MCA. A MCA has been chosen because it allows for comparison of different units of measurement (Buchholz et al., 2009; Kowalski et al., 2009), along with the optimization of multiple goals instead of just one (Buchholz et al., 2009); which will be further explained in the next chapter.

After the MCA is made, opportunities can be identified for the specific context of the province of Groningen. This study aims to go a step further and establish an optimized energy storage technique, and provide a conclusive business case for that technique with an approximation of costs.

2.10 - Good research

Planning is seen as a part of social sciences (Allmendinger, 2009), and spatial planning interventions usually have an impact on society. Therefore, researchers cannot just do whatever they want because of the consequences it can have for society. They are expected to do research in a way that has certain obligations and duties with regards to research ethics. These are usually certain standards, which researchers have to meet in order to do 'good research'. Research ethics are needed to prevent the researcher from going to any lengths to get his results, including harming people. In order to gather data from interviews, focus groups, questionnaires or observation of people; the researcher needs approval of the participants (Denscombe, 2014). In this study, interviews have been done and in every interview the participants have been explicitly asked if recording and usage of the information could be used in this research. Additionally, participants should not suffer any physical, psychological or personal harm (Denscombe, 2014; O'Leary, 2004), and should directly, though most likely indirectly, benefit from this study. It means that participants aren't just 'guinea pigs', instead they, or similar people (in this case in terms of working field), should be getting something back from this study. Not in money, but a different benefit (Denscombe, 2014); in this case information as a copy of this thesis will be sent to all participants that helped in this study (with their approval of course).

Another principle is that the researcher should be open and honest with the participants about the research to avoid misinterpretation or deception. Though I have shown no one my student-card as hard 'proof', I do have stated I perform this research as part of my masters at the University of Groningen, faculty of Spatial Sciences. Additionally, I have explained the aim of my research shortly and why I would like to have an interview in an e-mail and/or in the interview with the participant.

An obvious though very important principle is that no laws of the land where the research is conducted should be broken, which I am certain of that I have not broken any laws (Denscombe, 2014; O'Leary, 2004).

Then there are the principles of credibility, reproducibility and controllability of the research. The credibility of the research mostly relies in the ability to tell and explain what research methods have been used. This is important because if the reader does not know how the researcher got the data and why, they cannot make any conclusions about the results; if the results are good or not. Therefore, three things have to be done. Firstly, it should be explained how research was done. Secondly, it should justify why these methods and approaches were used. Thirdly, it should highlight any limitations regarding the used methods (Denscombe, 2014), which has all been addressed in the previous sections of this chapter.

Reproducibility is linked to credibility and basically entails the ability to get the same results by following the same research process of a study, in another study (O'Leary, 2004). Meaning that if the research process of this study is repeated in the same or a similar context, the same conclusions should be drawn in the 'new' study. If a study can be reproduced and shows similar conclusions, the research process is understood as scientifically sound (O'Leary, 2004).

Controllability relates to the quality control and consistency in methods. This is indicated by dependability and reliability and corresponds to the assumptions of the researcher about the nature of the researched topic. Reliability is linked to a sense of standardization or uniformity in the measured data; and the consistency with which the methods capture the explored data. Basically, it is about how consistently a method provides the same results when it is repeated. Dependability is about how reliable or consistent the data is on which the study depends. This links to the approaches in which data is acquired (O'Leary, 2004), for example using peer-reviewed articles from well-known journals is more reliable than a Wikipedia page which basically anyone can alter.

This chapter explained the methodology used in this study, the next chapter will explain the theoretical framework used in this study. It will introduce and explain the framework for planning-oriented action, the area-oriented planning approach, the multi-criteria analysis, grid management and how the electrical grid operates, electro-chemical energy storage, and the conceptual model used throughout this study.

Chapter 3 – Theoretical framework

This chapter will first explain the theoretical framework for planning-oriented action which will help determine what planning approach should be used for this specific planning issue. Afterwards, the area-oriented approach will be introduced as the approach to deal with the planning issues regarding the possibilities for energy storage within this study. The area-oriented approach is used because of the already hinted contextual nature of the planning issue. Subsequently, the multi-criteria analysis tool will be introduced, which is the main tool used in this study to optimize between the multiple criteria which determine the performance of each energy storage technique. It will then introduce and explain two main concepts in this study, which are grid management and electrochemical energy storage. Knowledge of these two concepts should prove beneficial in understanding some of the arguments in the remaining chapters of this study.

3.1 - Theoretical framework for planning-oriented action

Within the planning field there are multiple schools of thought that have an influence on theory, resulting in various differing ones. According to Allmendinger (2009) there are five categories of theory to help identify planning theory. One of these categories is the indigenous planning theory, which is theory that is most specific to planning. 'Most specific' is used because according to Allmendinger (2009) planning has no endogenous body of theory. Instead it draws upon theories of other disciplines, and is largely a part of social sciences. In indigenous planning theory, factors like space, time, and context, amongst other factors, play an important role. One theory that is seen as indigenous planning theory and links to the framework for planning-oriented action, is systems theory.

Systems theory views the world in terms of systems consisting of parts that interact with each other and are connected with each other, which add up to a complex whole (Allmendinger, 2009). However, systems theory within social sciences sees these systems as closed, with only linear feedback loops that work towards one equilibrium (De Roo, 2003; Duit & Galaz, 2008). This is quite a simple representation of the matter. Since then it has become clear that reality is far more complex, consisting of multiple sub-processes and involving many actors. The notion of a far more complex reality made the focus on fixed goals at that time less likely to succeed, which is due to the decreasing control a planner has as a result of the multiple sub-processes and many actors involved. This required a shift towards a more process focused approach in which goals change with societies developments and needs. However, with the notion of reality far more complex than previously assumed, it had transitioned towards a perspective that formulated and realized multiple-objective goals. Alongside this change in perspective, a shift in planning-oriented action from linear processes to more non-linear processes took place. Especially in the field of policy development and action, and its influence on interventions in society and the physical environment (De Roo, 2003). Non-linear meaning that the effect of an occurrence in a particular place does not have to have the same effect in another place or time, nor does a small occurrence necessarily results in a small effect (Duit & Galaz, 2008). Consequently, there has been a shift from generalization towards specialization, in which issues are assessed within their individual context. As De Roo (2003) explains: *'The emphasis is no longer on the elements of an issue, but on the context that various issues have in common, and which can link them. Multi-objective goal formulation and a multi-objective approach no longer focus on goal maximisation but on making use of opportunities.'* (p.104). This is why this study is in search of opportunities, because the focus of this study is not on goal maximization, but on the optimization of multiple goals.

The shift from fixed goals towards a more process focused approach, the shift towards a perspective of formulating and realizing multiple-objective goals, the shift from linear processes towards non-linear processes, and the shift from generalization towards specialization have been partly a result of the increasing complexity of reality and the

world we live in, and partly a result of our increased understanding and knowledge of the world we live in. Complexity therefore has to be taken into account, since it is increasingly a part of planning issues. Yet, it is difficult to take complexity into account because it is not something that is easily noticeable or measurable. De Roo (2003) explains measuring complexity as: *‘The complexity of an issue or object can be measured according to the number of elements and features it comprises, as well as their dimensions (heterogeneity), their relationships and coherence, the extent to which they are subject – individually and together – to change (stability), and the limiting conditions of the object of study.’* (p.124). However, establishing the degree of complexity is not just as simple as counting the amount of parts of the issue and how it all relates to each other. Complexity can differ per actor, per goal, and also depends on how, in this case the planner, assesses the issue. As a result, the degree of complexity can vary in planning issues, which suggests the use of different planning strategies to deal with this complexity (De Roo, 2003; Zuidema, 2016). The framework for planning-oriented action can help establish what planning strategy should be used, using complexity as an important criterion to determine the planning strategy (De Roo, 2003). Figures 2a, 2b, and 2c below combine goal-oriented action with institution-oriented action as a stepping stone towards the framework for planning-oriented action presented in figure 3 on page 15.

In figure 1a, we can see two axes which both link to the theoretical amount of control a planner has on the planning issue; the vertical axis representing the scope of goals (action oriented towards the goal), single or multiple objective goals; the horizontal axis represents the scope of relationships (action oriented towards the institution(s)), which basically means the number of stakeholders and actors actively involved. For both axes the zero (0) stands for no goals or stakeholders and actors, which does not hold true in practice; and the infinity sign (∞) stands for an infinite amount of goals or stakeholders and actors, which does not hold true for practice either. The lesser the scope of the goal and relationships, the more control a planner has on the issue, where ‘A’ represents full control. The opposite occurs when the scope of the goal and relationships increase, where ‘B’ represents a lack of full control (De Roo, 2003).

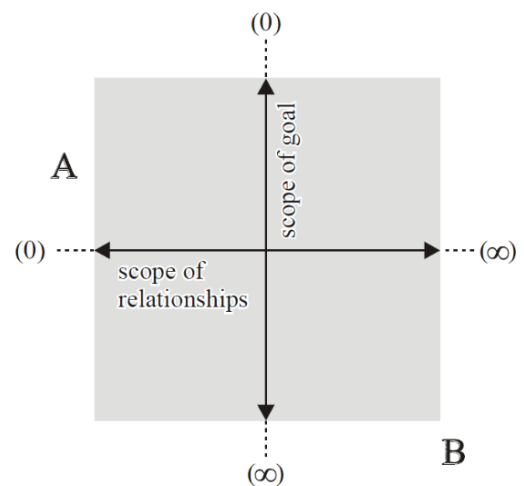


Figure 2a: A framework for planning-oriented action. Source: De Roo (2003).

Figure 2b shows that if there are little stakeholders and actors involved, and the scope of the goal is small, the focus can be reduced to the parts of the planning issue by means of reductionism. Reductionism aims to reduce complex situations into smaller parts that are understandable and solvable. If the scope of the goal increases and the amount of stakeholders and actors increase, the problem becomes more complex and uncertainty increases. The planning issue cannot be broken down into smaller and easier to solve parts anymore, instead the very complex situations are linked with the thoughts of expansionism. Expansionism includes and considers every detail, because in very complex situations where uncertainty is high it is unknown if a small detail would have a large effect on the planning issue and thus should be taken into account, which links to the shift in planning-oriented action towards non-linearity (De Roo, 2003).

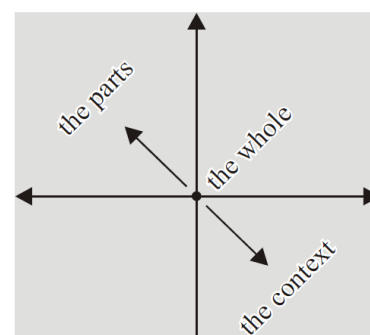


Figure 2b: A framework for planning-oriented action geared towards the parts, whole and context of the planning issue. Source: De Roo (2003).

Lastly, figure 2c links the scope of the goal, which represents the effectiveness of planning in regards to the issue; to the scope of relationships, which represents the efficiency of planning in regards to the issue (De Roo, 2003). According to De Roo (2003): *'The effectiveness of the planning process can be measured by the extent to which an effect actually meets an expectation.'* (p.103). Whereas planning efficiency according to De Roo (2003): *'... depends on good organisation and communication, and co-ordination in striving to achieve common goals, in other words: efficiency through intersubjective interaction.'* (p.113).

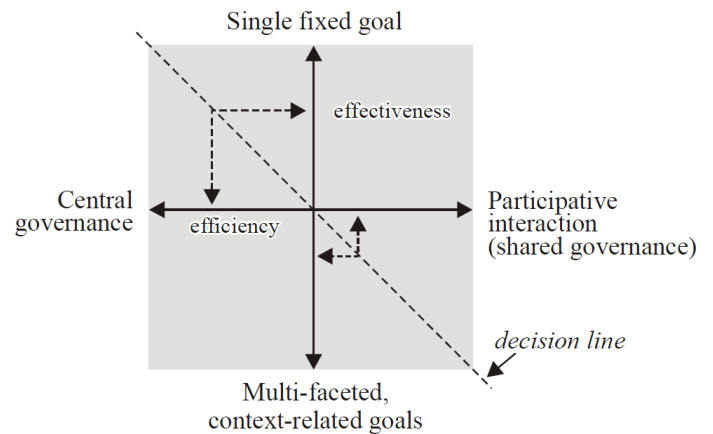


Figure 2c: A framework for planning-oriented action whereby a relationship has been established between efficiency and effectiveness. Source: De Roo (2003).

Furthermore, Zuidema (2016) explains that if we want to prioritize effectiveness while achieving a single goal, a centralized structure should be used. At the same time, if we want to prioritize multiple goals or objectives, a decentralized structure would be a better choice. In case of the latter, we are not talking in terms of effectiveness anymore, but in terms of optimizing the process (Zuidema, 2016). This relates to the aim of this study, which aims to optimize a specific energy storage technique for the context of Groningen. Because the criteria used for determining the performance of an energy storage technique in providing services can be seen as multiple objectives, the emphasis shifts from 'what is effective' towards 'what is optimal'. Simultaneously it has been established at the beginning of this section that multiple objectives link to making use of opportunities, which links to the central question of this study. Therefore, searching for opportunities, and to answer the central research question, is about what energy storage technique is optimal in the context of the province of Groningen.

Related to the sub-question of how planning can contribute to effectiveness and efficiency, Zuidema (2016) explains that if we want to prioritize efficiency within a centralized structure, which relies on routine behavior, it should focus on a single goal. At the same time, if we want to optimize the process, we should allow multiple stakeholders and actors to get familiar with the problem they are faced with so they can get a sense of what they deem appropriate for dealing with that problem, with which a focus on multiple goals should be used. In other words, prioritizing the effectiveness of a goal has a negative impact on the capacity to include multiple groups in society. Simultaneously, focusing on multiple goals or combining objectives in regards to optimizing the process for those actors involved has a negative impact on the efficiency, characteristic for centralized bureaucracies (Zuidema, 2016).

In the framework for planning-oriented action, complexity is the deciding factor that categorizes the planning issue and subsequently suggests what planning strategy would fit such characteristics. It therefore has a decision-oriented perspective. Where figures 2a, 2b, and 2c showcased the goal-oriented action as opposed to the institution-oriented action, figure 3 below incorporates the decision-oriented action (complexity criterion) along with goal-and institution-oriented action as the determining factors to categorize planning issues and to identify which planning strategy is appropriate when faced with certain characteristics in a planning issue (De Roo, 2003).

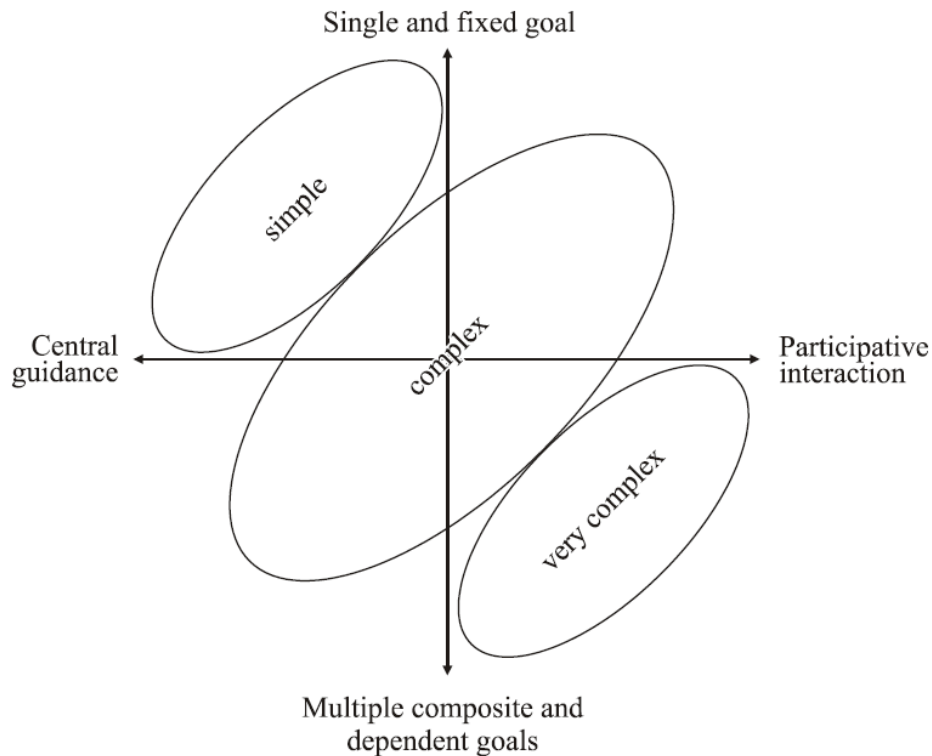


Figure 3: Framework for planning-oriented action, in which the relationship between planning goals and interaction is based on complexity. Source: De Roo (2003).

Knowing the goals and objective, single or multiple, and knowing which actors and the amount of actors involved is valuable information to determine the degree of complexity of the issue. Again, the degree of complexity involved in the issue is important in determining the planning approach. If complexity is low, a more linear approach based on technical rational thinking can be applied to the issue. With the issue becoming increasingly complex, this way of thinking shifts towards a more process based approach centered around a communicative rational way of thinking (See: Healey (1996) for a thorough explanation of the communicative rational way of thinking and its implications for planning). Where a technical rational approach is oriented towards the object with full knowledge of the problem and solution is assumed, which leads to a solution to be implemented by centralized bureaucracies; a communicative rational approach, like the area-oriented approach is more oriented towards the process, involving multiple stakeholders that make sense of the problem together with a decentralized solution that works for those involved (De Roo, 2003; Zuidema, 2016). However, while Zuidema (2016) argues that choosing a planning approach still remains a choice, meaning it is not obligatory to use a communicative rational approach if complexity increases; choosing e.g. a centralized approach when there are lots of stakeholders and multiple objective to be achieved is seen as a configuration that does not match, and has negative consequences for the effectiveness. The decision line in figure 2c represents the theoretically optimal configuration between efficiency and effectiveness and should serve as a guideline for real situations to balance between effectiveness and efficiency.

With regards to the typology of planning-oriented action, there is one question important because it relates to the sub-question in this study of how planning can effectively and efficiently contribute to implementing forms of energy storage of sustainable energy. A planner's job is to find out how to tackle a planning issue. A planner has to consider what the objective is and whom are involved. Planning should be done with those three questions in mind (De Roo, 2003). Orienting towards the objective (the 'what') is linked to the effectiveness of planning while orienting towards the intersubjectivity (the 'who') is linked with the efficiency of planning (de Roo, 2003; Zuidema, 2016). Thus to answer this question, a planning approach that matches with the contextual nature of the planning issue in this study, which optimizes between effectiveness and efficiency has to be chosen.

As stated in the methodology, this study aims to search for opportunities in the province of Groningen regarding energy storage and creating an optimized solution based on that context. Optimizing means that it will not try to maximize one single goal, but search for opportunities with regard to optimizing between multiple goals. Looking at the framework of planning-oriented action in figure 3, this optimization between multiple goals is associated with complexity. This complexity is showcased in this study through the energy system involving multiple stakeholders, with each having their own interests (De Boer & Zuidema, 2015). For example, the infrastructure of the electrical grid and owners of the electrical grid differ per scale, where TenneT owns the national high voltage grid, Enexis owns the regional grid in the province of Groningen. Additionally, De Boer & Zuidema (2015) state: '*...the energy system is a complex web of interrelated actors and networks, both in a physical, economic, social and institutional sense.*' (p.1-2). Additionally, it has been stated that the problems of fluctuating renewable energy output depend on the weather (clouds blocking the sun, varying wind intensity), and also on the amount of output; where a higher amount of renewable energy output in relation to total energy production would result in more fluctuation. These factors make the issue contextual and thus depending on the amount of actors involved, a complex or very complex issue; which again, is why this study will optimize between multiple goals instead of maximizing one goal. For such issues Zuidema (2016) states that relying on a centralized bureaucracy constrains the ability to deal with and respond to the local context. This means that a planning approach that can deal with the contextual nature of the issue, as well as dealing with the multitude of stakeholders and objectives would be the best option to deal with our issue. The area-oriented planning approach can deal with these characteristics, because it focusses on a particular area, and is thus contextual, and focusses more on the process with inclusion of multiple stakeholders and allows for multiple objective goals. The next section will introduce and further explain the area-oriented planning approach.

3.2 - Area-oriented planning

The area-oriented planning approach resulted from a call for open planning processes in the 1990's. The approach mainly focusses on community involvement, and horizontal and vertical cooperation from government and stakeholders; in contrast to the planning approaches before the 1990's, in which planners believed they could mold society into a desired state through spatial interventions (De Roo, 2003; Gerrits et al., 2012). The area-oriented approach focusses on the process of planning rather than the content. By creating tailor-made processes and including stakeholders, uncertainties are dealt with. As Gerrits et al. (2012) explain: '*Uncertainties were countered by tailor-made process architectures and creating "collective" certainties through communicative and collaborative processes.*' (p.337). As a result, integrating local stakeholders and characteristics specific for a certain area made area-development planning increasingly important. Since it did not make much sense for national authorities to make tailor-made designs for the local scale, because most of the time they would not know much about the area, planning policy and strategy making was shifted to the regional level (Gerrits et al., 2012); which effectively made the regional level, as sort of a bridge between the national and local scale, the most appropriate scale for planning interventions at that time (Faludi, 2000; Gerrits et al., 2012).

With regards to energy initiatives De Boer & Zuidema (2015) state the following: *'...planning for energy initiatives as isolated or stand-alone projects risks difficult implementation of the project due to weak linkages with the local context.'* (p.7). This again stresses the need to incorporate the local context into the planning for energy initiatives, and also hints that energy initiatives should focus on a certain problem or difficulty within an area to establish that link. With energy storage being inherently related to 'energy' in general, and linking to the electrical grid in specific; the local context should therefore be taken into account to reduce the risk of difficulties during implementation, which links well to the area-oriented planning approach that also focused on the local context. Furthermore, an area-oriented approach allows for multiple stakeholders to be involved in the process. Therefore, this study uses an area-oriented planning approach to explore the possibilities of energy storage for sustainable energy in the province of Groningen.

The following section will introduce and explain the multi-criteria analysis tool which can help in the process of optimizing multiple objectives. It will be used in this study to optimize between the different criteria used for determining the performance of each energy storage technique. The sections afterwards will explain the concepts of grid management and electrochemical energy storage to get a basic understanding of how they work, which should prove beneficial for understanding some of the arguments and data in the remaining chapters of this study. After that, the strategy to choose the techniques and criteria for this study is explained; followed by an explanation of the conceptual model which is the tool used to carry out this research.

3.3 - Multi-criteria analysis

Energy storage is embedded in multiple contexts. Since it can help reduce fluctuations in renewable energy storage and increase the efficiency of renewable energy sources, there is an environmental context. The economic context include the monetary costs and benefits of an energy storage project. Lastly there is the social context, which is concerned with the impact of an energy storage project on the surrounding area and the people that live there. Succeeding such a project depends on the support of multiple stakeholders, all with differing perspectives on the matter. This results in complexity and uncertainty (Buchholz et al., 2009; Lahdelma et al., 2000), which could be a barrier to the implementation of such projects (Buchholz et al., 2009). To account for these multiple contexts, an integrated approach is needed that takes into account the different values that are associated with the different contexts. This means that there cannot be a focus on single goal maximization e.g. maximizing financial benefits. As Giampietro et al. (2006) state: *'Any good engineer, for example, knows that optimization in reality means looking for some reasonable compromise and that technical, legal, political and economic issues are always deeply connected in real situations.'* (p.65). The statement suggest that single goal maximization is impossible to achieve because 'real situations' are inherently imbedded in multiple contexts. Thus, a tool that can optimize with regard to multiple goals is necessary.

Multi-criteria analysis (MCA) can help optimize between multiple goals because it doesn't use one unifying unit to compare criteria or maximize a single goal, like a cost-benefit analysis does by maximizing benefits in monetary units. Instead it can use multiple units for comparison (Buchholz et al., 2009; Kowalski et al., 2009); and also optimize between multiple goals (Buchholz et al., 2009). In other words, it can evaluate and compare alternative developments (in this case energy storage techniques) with regards to multiple aspects (the criteria linked to the performance required for delivering services), and is a method to aid in decision making (Madlener et al., 2007). Additionally, Kowalski et al. (2009) mention that MCA has been widely used in energy policy contexts and energy management to aid decision making. However, MCA has two drawbacks that are important for this study. One drawback is that choosing the criteria, the criteria that cannot be quantitatively represented in general, and weighing the importance of criteria, are all prone to subjectivity. A second drawback is that MCA cannot exactly show that one option would bring more welfare than a scenario where nothing would be done, unlike a cost benefit analysis (Communities and

local government, 2009). Nonetheless, the complexity involved with energy storage projects, the multiple aspects associated with the criteria of each energy storage technique, the different units for comparison associated with the criteria, and the need to avoid single goal maximization make MCA a suited method for the analysis of energy storage techniques in this study.

There are different techniques listed under the MCA method. Some can rule out a single most preferred option, some can rank options or distinguish what is unacceptable and what is acceptable (Communities and local government, 2009; Lahdelma et al., 2000). Though, what is often done as a sort of intermediate product, is to make a ‘performance matrix’. In such a matrix the rows are usually the different options, in this case energy storage techniques, and the columns represent the criteria; table 1 below is an example of how a performance matrix looks like, without data. The performance of each option for the different criteria is usually expressed in numbers (Communities and local government, 2009; Lahdelma et al., 2000), though color coding or a bullet point which describes the performance in short can also suffice (Communities and local government, 2009). Usually, a group of stakeholder weigh the criteria in order to establish a preferred option (Communities and local government, 2009; Lahdelma et al., 2000).

	Criteria 1	Criteria 2	Criteria 3	Criteria 4
Technique 1				
Technique 2				
Technique 3				
Technique 4				

Table 1: Example of a performance matrix without data. Source: Author.

3.4 - Grid management

To supply consumers with the electricity they need, the amount of energy available has to move along with this demand for electricity. This can change on a daily basis, for example electricity demand usually lowers during the night after midnight, and increases when people get home from work and start cooking around 5-6pm. Demand can also change for a longer period of time, for example in the summer when demand is usually higher because of the usage of air-conditioning devices to lower temperature indoors (NREL, 2010; Söder & Ackermann, 2005). It is hard to exactly explain how the electrical grid works, because there is not much information on it available. An article on the large power outage of January 17th 2017 in Amsterdam, provides some insights that might explain why there is little information available. The article mentions that there are only two control centers that maintain the national high voltage grid, only accessible by iris-scan. Out of all the people that work in these buildings, there are just 5 people that know every design, connection and code-name of all 325 electrical substations. They don’t address each other by name and their names aren’t made public to prevent blackmailing or other unwanted influence that might bear a risk for the electrical grid. They are screened by the AIVD (Dutch intelligence and safety service) and follow a strict protocol with the smallest of problems because with a single step done wrong, the entire grid could suffer a power outage; and that may never happen (Stokmans & Logtenberg, 2017). The high security and low amount of people

that exactly know how the entire grid works might explain why there is little information available on this topic. There is however, some information available which will be presented in the next section.

3.5 - Operating the electrical grid

In the previous section it has become clear that there is little knowledge available on grid management. This section will explain how the electrical grid operates and provides its consumers of electricity. With knowledge on that we can logically make assumptions and suggestions of how the grid would be managed, which is important for the services an energy storage technique can provide and links to the goal of energy storage to improve grid stability.

According to Meissner & Richter (2003): *“Energy Management (Electrical)” means housekeeping with the electrical energy, i.e. control of energy generation, flow, storage and consumption.*’ (p.80). This ‘housekeeping’ is a rather broad definition. Especially with a national grid that has to redirect more than 110 TWh (TeraWatt/hour) of electricity every year (Ongkiehong, 2006). Therefore the term ‘housekeeping’ might take the process too lightly. Essentially, the main task of the electrical power system is to supply its consumers with electricity whenever they have a demand for it (Söder & Ackermann, 2005). More specifically, while the power system always has to be able to supply the demand for electricity, it also has to constantly maintain a frequency of 50 Hz in the Netherlands, or 60 Hz in the US (Yang et al., 2011). Only little fluctuation is allowed; between 49.9 Hz and 50.1 Hz (Fingrid, 2017). When the load or demand increases, the frequency decreases; and when load or demand decreases, the frequency increases. The changing load is monitored by a so called ‘primary control system’. This control system can increase and decrease the production in the power plant according to demand to maintain the frequency in less than a minute (Söder & Ackermann, 2005). However, as mentioned in the introduction, this is undesirable. Therefore, energy storage can help to maintain this frequency by storing electricity when demand is low and releasing it when there is high demand for electricity. As the name ‘primary control system’ suggests, there is also a secondary control system which comprises of power plants that cannot adjust that quickly. The secondary control system is used to relief the primary control system by taking over capacity tasks in approximately 10 to 30 minutes (Söder & Ackermann, 2005).

Next to the primary and secondary control systems, the power system operator (in the Dutch case, TenneT) uses forecasts of electricity consumption to prepare for certain fluctuations in demand (Söder & Ackermann, 2005). Of course, such forecasts cannot precisely indicate how much electricity will be needed at every second of the day because its consumers do not stick with a predefined consumption schedule. Therefore, forecasts differ per season, per day and per region, and is also the reason why actual consumption of electricity can deviate from the forecasts. For example, when people come home from work around 5 to 6pm and start cooking; and also for longer periods like the summer when usually energy consumption is higher to cool buildings (NREL, 2010; Söder & Ackermann, 2005). These predictions are usually done for the next 24 to 36 hours and could help to reduce network operation issues that are caused by fluctuations of, for example wind energy, thus also mitigating the difficulties to implement wind energy into the grid (Söder & Ackermann, 2005).

As mentioned before, the electrical power system has to supply its consumers with electricity whenever they have a demand for it; and this demand changes throughout time. However, forecasts allow the power plants to be used more efficiently. To meet the irregular demand for energy, there are several power plant types that are operated by utilities (system operators and energy companies). There are three types: baseload plants, load-following plants, and peaking units. There is always a demand for electricity; refrigerators, freezers, charging electronics (overnight), keeping a minimum temperature at home, street lighting etc. they all require electricity, even at night. This demand is called the base-load demand. It is a large part of the total demand and is considered constant. Baseload demand is often done by coal-fired plants, which usually run at full output because their high capital costs make them

undesirable for an output lower than its full capacity. Additionally, technical constraints make it hard to quickly change output to follow demand.

To follow demand there are different types of plants, called load-following plants. These plants are usually natural gas or oil powered plants, in case of the Netherlands these are natural gas power plants. These plants can vary their output more easily to meet changing demand. However, their higher variable costs (natural gas and oil being more expensive than coal) make them undesirable as baseload plants.

To meet peak demand during the day, for example when everyone comes home from work and starts cooking or when a heat-wave causes high demand for cooling, peaking units are used. These peaking units also natural gas or oil powered power plants but are solely used when demand is too high for the load following plants to provide, and on average run less than an hour a day (NREL, 2010).

3.6 - Electrochemical energy storage

Now that a basic understanding of the electrical grid, which transports all electricity, is given. We will explore how electricity can be stored. To do so, the example of a battery is used, which in our current society is hard to not have at least seen once in life.

A battery is basically a container full of chemicals, these chemicals produce a chemical reaction which in turn forms electrons. If the chemical reaction forms electrons, then it is called an electrochemical reaction (Brain et al., 2000). Every battery is comprised of 2 electrodes (Armand & Tarascon, 2008; Brain et al., 2000), also called terminals. One terminal is marked positive (Cathode), the other one is marked negative (Anode) (Brain et al., 2000). In between the two electrodes is an electrolyte, which is an ionically conductive material (Armand & Tarascon, 2008). The electrons collect on the negative terminal. When the positive and negative terminal are connected directly, the electrons will try to move as fast as possible from the negative terminal to the positive terminal, wearing out the battery quickly (Brain et al. 2000). Usually, a load, for example a lightbulb (it can be anything that would require the electricity of the battery to function) is connected to the battery. The electrons will try to move from the negative terminal to the positive terminal, through the load (only when the circuit is closed), as can be seen in the schematic in figure 4. To maintain the charge balance in the battery, ions move through the electrolyte (Armand & Tarascon, 2008). The load will require a set amount of electricity from the battery, which is why the electrons will not flow as fast as possible to the positive terminal, they will lower their speed to the amount that the load requires. This is why the battery will not wear out as quickly as it would when the negative and positive terminal are connected directly (Brain et al., 2000).

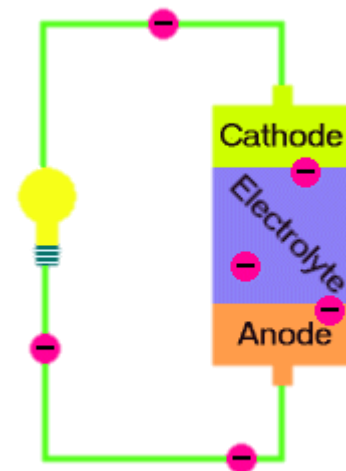


Figure 4: Schematic of a battery. Source: Science in Action (2005). Modified by the author.

The speed at which electrons are formed through this chemical reaction is called the internal resistance of the battery and it controls the amount of electrons that can flow through the electrolyte. The chemical reaction starts as soon as the positive and negative terminals are connected, usually by means of a wire. When the positive and negative terminals are connected, the circuit is closed. The chemical reaction will only take place if electrons flow from the negative terminal, through the load, to the positive terminal. This is exactly why batteries can store energy for longer periods because if the positive and negative terminals are not connected (the circuit is open), no chemical reaction will take place and thus no electricity can be transported to the load (Brain et al., 2000). Rechargeable batteries can

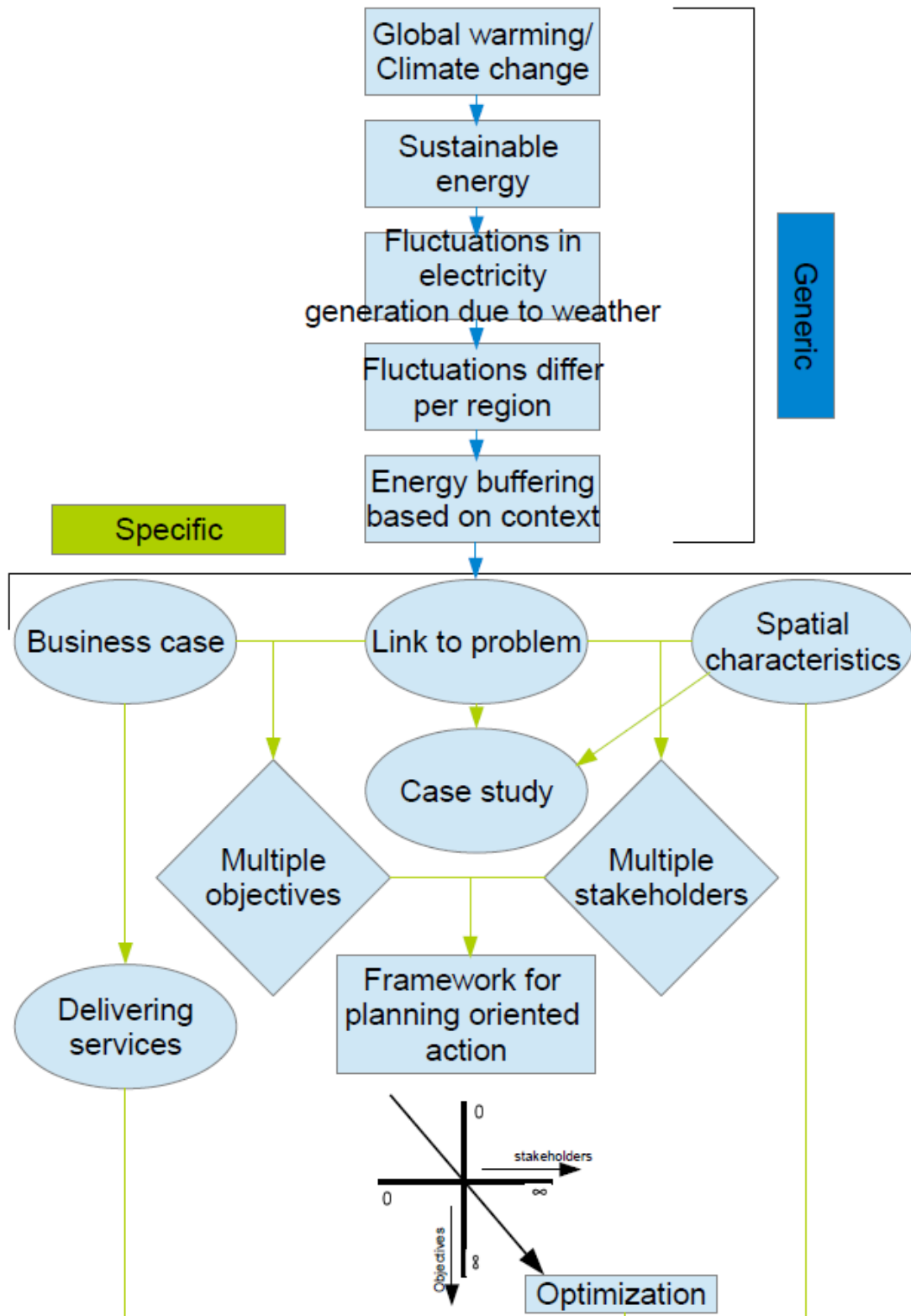
be recharged by applying a higher voltage in the opposite direction; from positive to negative (Armand & Tarascon, 2008).

The example of a battery as given above, is categorized as electrochemical energy storage. Besides electrochemical energy storage, there is also mechanical energy storage (pumped-storage hydroelectricity, compressed air energy storage), electrical energy storage ((super-)capacitors), chemical energy storage (hydrogen storage), thermochemical energy storage (latent or sensible heat storage), and thermal energy storage (solar fuels). This categorization is based on the form in which energy in the system is stored. Though there are other methods for categorizing energy storage techniques, categorization based on the form in which energy is stored, is used most often (Luo et al., 2015).

3.7 - Conceptual model

Figure 5 on pages 23 and 24 illustrates the conceptual model of this study. From top to down, it shows the effects of burning fossil fuels that contribute to global warming and climate change. Global warming and climate change call for sustainable energy sources that can provide clean energy, which will reduce the need to burn fossil fuels and thus reduce the effects of global warming and climate change. However, sustainable energy sources are prone to fluctuations in energy generation because of changes in weather. These fluctuations showcase the need to create a buffer for energy to mitigate the consequences of fluctuations in energy generation, if the current reliability of the electrical grid is to be maintained. It is assumed that society does not want the reliability of the electrical grid to decrease with its potential to cause harm to the economy and people. For such buffering of electricity, this study uses energy storage as the means to store electricity. However, there are many energy storage techniques and all of them perform differently. Searching for a technique amongst many, and with all of them having a different performance hints towards the need for an assessment of several techniques with regard to criteria that measure their performance. In other words, there are multiple objectives being pursued in finding a technique. Additionally, section 3.4 and 3.5 have already showcased that there are multiple stakeholders involved in the planning issue. Using the framework for planning-oriented action, having multiple objectives and stakeholders included in the planning issue makes it a process of optimization.

Three important factors can be identified: the business case; a link to a problem; and the spatial aspect. As stated in section 3.2, the planning of energy storage should be linked to a problem in the specific area due to the contextual nature of the planning issue, to avoid difficulty with implementation. To find such a problem, research that goes in depth into the specific area has to be done to gather enough detailed information to form such a link. Therefore, a case study is done to gather such information and link energy storage to a problem regarding fluctuating electricity generation. Additionally, the in depth information of a case study can also give more insight into the spatial aspect, which is another factor in determining a solution for the context of the case study. The last factor is having a business case. Since the aim is to create a project proposal, a business case has to be made that roughly includes the costs, benefits and the function of the energy storage device. More specifically, a business case comprises the services an energy storage device can deliver. These services demand certain performances of the energy storage device, the problem being that these are multiple requirements and not measured in the same unit. Therefore a MCA is done, which allows for comparison between multiple criteria and between criteria with different units of measurement. Due to the contextual nature, the spatial aspect is also included into the MCA as a criterion. After the MCA is done, the outcome of the MCA together with the outcome of the case study can be interpreted into an optimized solution for the province of Groningen.



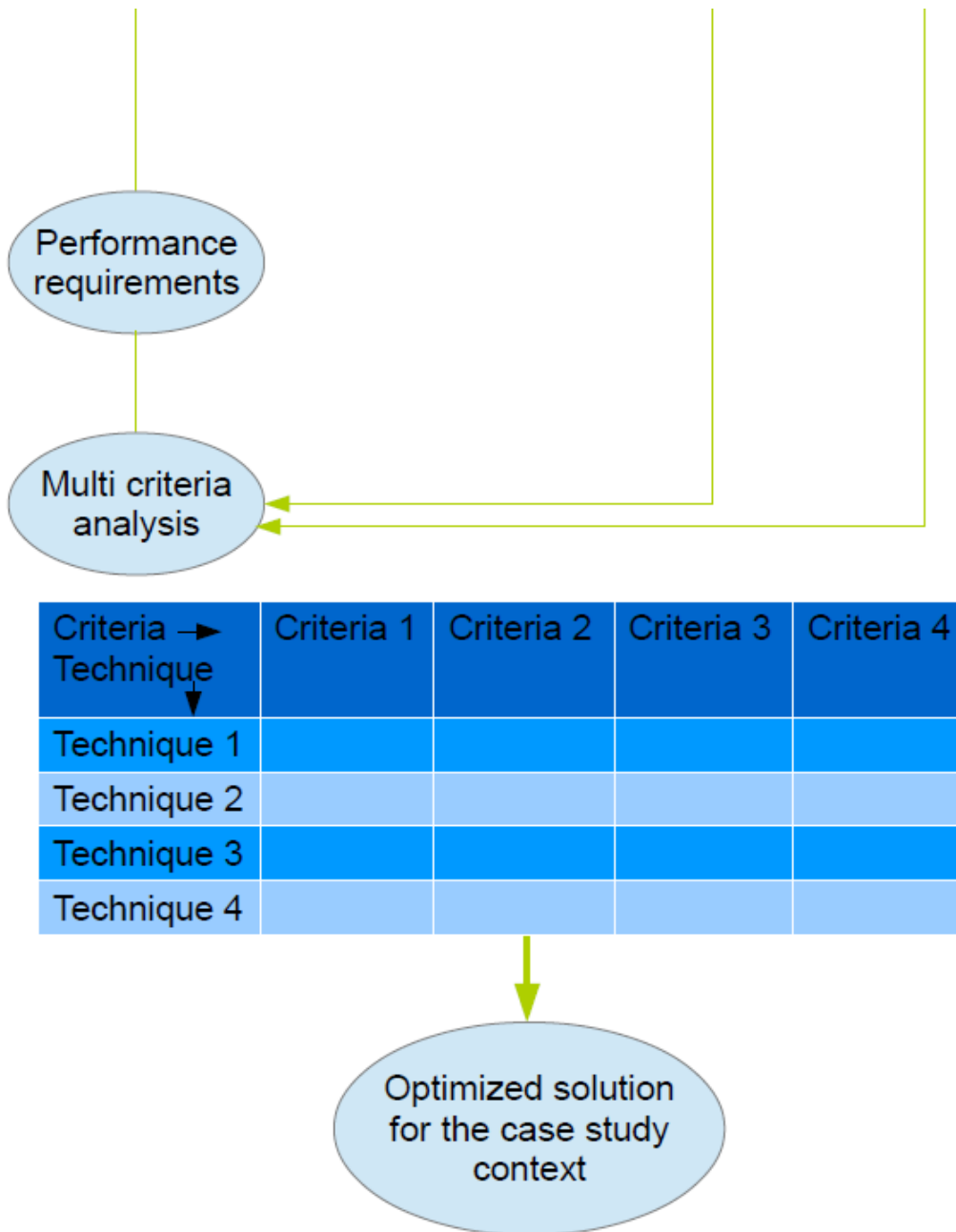


Figure 5: Conceptual model of the analytical process to establish a context-specific energy storage system. Source: Author.

Chapter 4 – Energy storage techniques

4.1 - The studied energy storage techniques and criteria

As mentioned in the introduction, there is a need for sustainable energy because of the environmental concerns that are involved with the use of fossil fuels; and the fact that the resource is finite, accompanied with concerns regarding energy security, and has negative impacts on climate change (Yang et al., 2011; IPCC, 2007). Generating sustainable energy by means of capturing solar or wind energy brings with it some problems, because of fluctuations in weather. Therefore there is a need to create a buffer to mitigate these fluctuations. In this study, the focus is on storing electrical energy as a way of creating a buffer for these fluctuations. In this section, the five chosen techniques for energy storage as determined in section 2.9 will be discussed; namely: Water electrolysis with a polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cell installation (in short: water electrolysis); Pumped Storage Hydroelectricity (PSH); Compressed Air Energy Storage (CAES); lead-acid battery; and Li-ion battery. This study does not focus on the means by which the sustainable energy for the different energy storage methods is generated.

It should be noted that this study purposely excludes flywheels as an option for energy storage. Flywheels are devices with rotors, which they spin at a high speed to store kinetic energy. To convert the energy back into electricity, the flywheel simply has to lower its speed. They offer a high power output but a low energy output, which makes them suited for power management like maintaining the 50Hz frequency. However, this makes the flywheel not truly suited as an energy storage device (Yang et al., 2011).

To make an adequate comparison, the different energy storage techniques have to be compared on the basis of a set of criteria that remain the same for each technique. Based on the studied literature, the following criteria have been chosen: the costs of the technique; spatial requirements; discharge time; response time; the maximum capacity; efficiency of the technique; and durability. Some of these criteria might need an explanation. To clarify, spatial requirements are related to the amount of space, vertically and horizontally, an energy storage technique needs. This also includes the space that might be needed when for example, a technique makes too much noise to be placed close to residential areas, thus needing a buffer of space in between the technique and residential area. The discharge time is the time needed to completely empty the stored electricity from full capacity. The response time is the time needed for the storage technique to react to demand. This is the time between load demand and the second the technique starts providing electricity. Power loss can occur when energy is converted to a different kind of energy. The difference between the input and output of the energy after being stored in the installation is considered the efficiency of the installation.

4.2 - Providing a service

Energy storage techniques can provide multiple services, and these services require different performances of the energy storage technique to provide the service. Though there are more services which energy storage can be used for, the most common are: frequency regulation, load following, a so called 'cold start' or 'black-start', contingency reserves, and so called 'load shifting' services in which electricity generated during peak times when the renewable sources generate a lot of electricity, not to be confused with peak demand, is saved for off-peak times when there is little generation from renewable sources (Yang et al., 2011; NREL, 2010). Though frequency regulation and load following have been explained in the theoretical framework, a cold start has not. A cold start or black-start usually happens after a power outage or complete shutdown of a grid utility (for whatever reason). These utilities usually need a lot of power to get online and running, which can be drawn out of energy storage to prevent extra strain on the grid.

These different services can be carried out better or worse depending on the performance of the energy storage technique, and thus are tied to some requirements. These requirements are therefore used as the criteria to compare the different energy storage techniques in this study. The seven criteria and their motivation will be provided below.

4.3 - Explaining the criteria

The first criterion applies to all energy storage techniques and all services they can provide, which is costs. Almost everything that provides a services also has a price, and money is limited. It is needed to determine the usefulness of a technology for a specific service (IEA, 2014). Additionally, Yang et al. (2011) state: *'Cost is probably the most important and fundamental issue of EES for a broad market penetration. Among the most important factors are capital cost and life-cycle cost.'* (p. 3581). This means that costs can be split up in two parts: capital costs (fixed costs), and life-cycle costs (variable costs).

The second criterion is spatial requirements, it is of importance because some techniques discussed in this study have specific spatial requirements that cannot be found in every environment. Especially since this issue is contextual and focused on the province of Groningen, space is limited and thus should be taken into consideration in the analysis.

The third criterion is the discharge time and is of importance because it gives an indication of how long a technique can provide electricity before it is empty. This in turn is of importance for the service it can provide (IEA, 2014). For example, frequency regulations need to respond quickly to maintain the 50Hz frequency and to do so need a low response time and high discharge rates, yet capacity does not have to be high because the frequency changes often during the day (Yang et al., 2011; NREL, 2010). Additionally, discharge time is related to capacity and life cycle of a technique, the latter is also integrated in the durability criterion and thus provides a better indication of the performance of a technique. To clarify, a 'life cycle' is when the battery is charged until its full, drained of all its energy, and then fully charged again. The amount of life cycles a battery can perform is an indicator for the battery when it is expected to be worn out completely and has to be replaced.

The fourth criterion is the response time and is directly related to the service of an energy storage technique (IEA, 2014). As mentioned previously, a quick response time is important for frequency regulations because the frequency can change within a second (Yang et al., 2011; NREL, 2010), while shifting electricity from peak to off-peak time can usually be somewhat predicted so a quick response time is not necessary.

The fifth criterion is the storage capacity of an energy technique and it is important for the service the storage technique should provide (IEA, 2014). For example, load shifting would require a high capacity of MWh (MegaWatt/hour) or even GWh (GigaWatt/hour) that can save and discharge large amounts of electricity as well as long discharge time to provide electricity over a longer period of time, while frequency regulation does not need a large capacity because it only charges and discharges for small periods of time, usually minutes (Yang et al., 2011; NREL, 2010).

The sixth criterion is the efficiency of the technique (IEA, 2014); and is of importance because all of the storage techniques in this study convert the electrical energy into a different form of energy to store it. When this energy is converted back into electricity, losses occur which impact the amount of electricity a technique can provide.

The seventh and last criterion is durability and this consists of the life expectancy of a technique expressed in life cycles or years, and any specific requirements to maintain the safety of the technique and its surrounding environment. Storing a large amount of energy, especially with electrochemical storage, can result in fires or explosions if temperature limits are exceeded or if the technique malfunctions, making the safety of a technique of

importance (Yang et al., 2011). If the safety of a technique is not sufficient, causing the technique to malfunction or explode, the life expectancy can be greatly reduced; effectively making safety a part of durability. Durability is also related to the costs; a technique that requires special safety measures or a technique that needs replacement of certain parts every few years cost more than a technique that doesn't need safety measures or replacement of parts.

The following sections will analyze the gathered data of the five energy storage technique for each of the seven criteria. At the end of each section, a performance matrix for just that energy storage technique will be presented. Additionally, at the end of this chapter, a performance matrix of all the energy storage techniques will be presented, to make for a quick overview.

4.4 - Water electrolysis with PEM fuel cell

Water electrolysis with a polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cell installation, often termed as 'Power to Gas' (P2G), consists of a few components. The system can consist of a battery that can be charged with the surplus of electricity in the grid, an electrolyzer, a storage unit and a fuel cell. If the system is attached directly to a (conventional) power plant, the use of a battery is usually not necessary. If the electricity is gained from fluctuating renewable energy sources like wind and solar, a battery is typically used to account for the possible fluctuation in electricity. Since this study focusses on mitigating the effects of fluctuating energy of renewable energy sources with the use of energy storage, a battery is included in a PEM system. Adding a battery to the system can have positive effects on efficiency (Gahleitner, 2013; Ipsakis et al., 2009).

The battery transfers the electricity to an electrolyzer where the electricity is used to decompose water into hydrogen and oxygen. The hydrogen is then stored as a liquid (under extremely low temperatures) or gas (Gahleitner, 2013; Ipsakis et al., 2009), in case of the latter it is commonly compressed to decrease storage space (Ipsakis et al., 2009). When electricity is needed, the hydrogen is put into a fuel cell where a chemical reaction takes place which results in electrons and protons. These electrons reacts with oxygen and protons to form water and produce electricity (Gahleitner, 2013; Ipsakis et al., 2009). The water that is formed in the process can then be reused in the electrolyzer (Ipsakis et al., 2009).

It should be noted that the storage of compressed hydrogen gas requires energy during the compressing process. Additionally, an increase in operation time of the electrolyzer means an increase in time the compressor has to operate. This results in a higher electricity demand of the installation (Ipsakis et al., 2009). It suggests that the electrolyzer and compressor, and thus making hydrogen in general, should not be the initial purpose of this installation. Rather the battery should take care of most of the fluctuations. Only when the battery is full and electricity would be wasted otherwise, the electrolyzer and compressor should be used as frequently starting and stopping the electrolyzer and fuel cell eventually degrades their performance and could also reduce their lifespan (Ipsakis et al., 2009). However, using the electrolyzer too little could result in too little storage of hydrogen to provide electricity in longer periods of time when electricity demand is high while energy generation from renewable sources is low. Though, using the battery more often ultimately results in a decreased life expectancy of the battery. This calls for a so called power management strategy that can balance these processes to be most efficient, as it can positively affect the lifetime of the battery, electrolyzer and fuel cell when done properly (Ipsakis et al., 2009). Presented below is the data on each criterion for a PEM system. The performance matrix for this technique is presented at the end of this section in table 2.

Costs

Luo et al. (2015) state that the power capital cost can vary between €420 to €2500 per kW and the energy capital cost vary between €2 to €15 per kWh.

Spatial requirements

In the studied literature on PEM systems with a fuel cell including, Luo et al. (2015); Gahleitner, (2013); Ipsakis et al. (2009), no indication of size for a hydrogen installation has been provided. Therefore, it is assumed that a hydrogen installation is similar in size to the planned hydrogen plant in the Eemshaven, in the province of Groningen. One plant with a capacity of 147 MW is approximately the size of a soccer field and approximately 40 meters high, derived from various pictures taken close by on land and in the air from various websites.

Discharge time

Since hydrogen is stored in different tanks, and these can be stacked up to large amount, the discharge time depends greatly on the amount of stored hydrogen. The discharge time can vary between a few second to more than a day (Luo et al., 2015).

Respond time

Luo et al. (2015) state that the fuel cell for delivering electricity can respond within seconds.

Capacity

The average power capacity of a PEM electrolyzer is 8.6kW with the largest, in 2013, being 41kW (Gahleitner, 2013). The storage capacity can range between a few kWh to multiple MWh because the hydrogen is stored in separate tanks and thus can be stacked up to large amounts (Luo et al., 2015).

Tanks that are commercially available can have storage capacities as high as 760Nm³ (Gahleitner, 2013). Nm³ is the unit in which natural gas is measured, it represents the amount of gas that can fit into one cubic meter at a temperature of 0 degrees and at 1 atmosphere (1.01325 bar). 1Nm³ is equal to 1.2699 liter. However, it should be noted that the theoretical amount of hydrogen produced by the installation can deviate by 0 – 20% with the actual amount of hydrogen produced, according to Faraday's law (Ipsakis et al., 2009). This can also be seen as a decrease in efficiency.

Efficiency

Gahleitner (2013) states in her study that the efficiency of the studied PEM electrolyzers ranges from 52% to 79% with an average of 63%. However, higher efficiency with PEM electrolyzers should be possible to achieve. Additionally, Luo et al. (2015) state the discharge efficiency to be 59%, which is very close to the statement of Gahleitner (2013) above.

Durability

Luo et al. (2015) state that a water electrolysis installation with fuel cells in Norway produced electricity of 'good quality and high reliability' out of the stored hydrogen. However, the expected lifetime of a PEM electrolyzer, according to manufacturers is 5 years. Additionally, the membrane of a PEM electrolyzer has a limited lifetime, which could pose a problem (Gahleitner, 2013). Suggesting that the membrane has an even shorter lifetime. The amount of cycles a plant can make is between 1000 and 20000, this large uncertainty is probably linked to the above stated short lifetime of the membrane (Luo et al., 2015).

	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
Water electrolysis	420-2500kW + 2-15kWh	100*50*40m for 147MW	2s – 24+h	1-3s	Few kWh – multiple MWh	59-63%	1000 – 20000 life cycles

Table 2: Performance matrix of water electrolysis. Source: Author.

4.5 - Pumped-Storage Hydroelectricity

A pumped-storage hydroelectricity (PSH) installation, also called pumped hydroelectricity storage (PHS). For reasons of clarity the abbreviation of PSH will be used throughout this study. The idea behind PSH is to store a (usually large) amount of water in a reservoir that is situated higher than a second reservoir. By means of gravity the water can be released into the second, lower situated, reservoir. In the process, the water will power turbines that in turn drive electrical machines in order to generate electricity (Luo et al., 2015), much like a dynamo. The amount of energy a PSH installation can store is based on the difference in height between the two reservoirs and how much water is stored in total (Luo et al., 2015).

Zakeri & Syri (2015) and Luo et al. (2015) state that PSH accounts for 3% of the total energy generation capacity in the world and that it accounts for 99% of the energy storage capacity. The reason why PSH accounts for such a large part of the electricity storage capacity is because it is one of few, if not the only energy storage technique, that can store large amounts of energy; and according to Zakeri & Syri (2015) is the only energy storage technique that is proven to be commercially competitive, that operates on a large scale. Additionally, Yang et al. (2011) state that the PSH storage capacity is about 10% of the generated renewable energy in Europe, in comparison with 2% in the US, because the first has more favorable government policies and economics; and they also state that PSH covers the largest part of current total energy storage capacity in the world. Presented below is the data on each criterion for a PSH system. The performance matrix of this technique is presented at the end of this section in table 3.

Costs

Though life cycle costs of PSH are the lowest out of most if not all methods of energy storage, the initial investment to build the installation is high (Yang et al., 2011; Luo et al., 2015). The total capital costs is highly dependent on the geographical and topological characteristics of the proposed site. Additionally, an increase in time between the initiation and execution of the plan to build a PSH installation can result in an increase of estimated costs, which is probably the result of rising land prices as a result of speculation surrounding the initiation of such a project. Though this could arguably apply to all energy storage technique, the large amount of space needed for PSH make the difference in land prices add up to a significant increase in costs. For example, a 1000MW upgrade PSH project was initially estimated at 810 million euros capital costs in 2009. This was later adjusted to 1700 million euros in 2014 (Zakeri & Syri, 2015). The costs of a PSH system are split up in two parts. The first part consists of the costs for storage, which are on average €68 per kWh. The costs for storage are thus directly related to capacity. The second part consists of the costs for the system that converts the captured mechanical energy into electricity, which is usually referred to as the 'plant'. On average, these costs are €513 per kW (Zakeri & Syri, 2015).

Something that isn't specified as a separate criterion but can arguably be put under the criteria of costs is the time needed to build the installation. PSH installations take a long time to build (Luo et al., 2015), the building time of a PSH plant can take upwards to 7 or 8 years (Yang et al., 2011).

Spatial requirements

PSH is limited in the amount of available sites (Yang et al., 2011; Luo et al., 2015; Zakeri & Syri, 2015). This is caused by the large spatial requirements for PSH. The larger the capacity, the larger the spatial requirements usually get (Zakeri & Syri, 2015). Additionally, for economic reasons it is favorable to have a natural height difference instead of creating an artificial one, which limits available sites for PSH.

Discharge time

Discharge time is related to the amount of energy stored and thus the maximum capacity of the installation. When determining discharge time, it is assumed that the maximum capacity of the installation is used. Especially with PSH installations that have a large capacity, discharge time is relatively long (Zakeri & Syri, 2015).

Respond time

PSH has a respond time of up to 10 minutes (Yang et al., 2011).

Capacity

PSH is arguably the only method that can store energy as much as 1 GW (Yang et al., 2011). Additionally, Luo et al. (2015) mention that there are various PSH installations around the world that range from 1 MW up to 3003 MW. Though installations of 1 MW are theoretically possible, PSH is usually done on a larger scale ranging from 100MW to 2000 MW (Zakeri & Syri, 2015), because it is one of few energy storage methods that can store such large amounts of energy.

Efficiency

Zakeri & Syri (2015) state that PSH is characterized for its high efficiency. Generally, the efficiency of PSH ranges from 70 – 85% per cycle (Luo et al., 2015). This is partly due to the fact that PSH needs no additional fuel (Zakeri & Syri, 2015).

Durability

Luo et al. (2015) state that there are various PSH installations around the world with some that have a lifetime of more than 40 years. Additionally, Zakeri & Syri (2015) state that PSH is characterized for its long life time.

	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
PSH	513kW + 68kWh	Height difference plus a large area	Days – weeks	10m	100 – 3003 MW	70 – 85%	Long life, up to 40 years

Table 3: Performance matrix of PSH. Source: Author.

4.6 - Compressed Air Energy Storage

CAES stores energy by using low-cost energy (energy that is generated when demand is low and thus cheaper) or any kind of energy including renewable energy, to pressurize air in a cavern underground. When electricity is needed, the air is heated until it expands by means of a gas turbine. The turbine then generates electricity out of the expanded air when demand is high (Lund & Salgi, 2009; Yang et al., 2011). According to the studied literature, two plants have been built so far in the world (Lund & Salgi, 2009; Yang et al., 2011; IEA, 2014). One is located in Germany with a capacity of 290 MW and one in the US with a capacity of 110MW (Lund & Salgi, 2009; Yang et al., 2011). Interestingly, the IEA (2014) claims the plant in Germany to have a capacity of 321 MW. In 2009, CAES received increasing attention as a method for reducing the effects of fluctuations in renewable energy sources, when integrating these sources into the grid (Lund & Salgi, 2009). However, aside from a few smaller plants, no big CAES plants have been built since the two large ones in Germany and the US according to the DOE (2016). One drawback of CAES is that the gas turbine used to generate electricity uses natural gas, which causes pollution at about 35% the rate of a 'normal' gas turbine (Yang et al., 2011). Presented below is the data on each criterion for a CAES system. The performance matrix of this technique is presented at the end of this section in table 4.

Costs

As an utility to the grid, CAES has one of the highest economic feasibility when it comes to energy storage, especially when external costs of greenhouse gasses are included, which could help create better usage of the fluctuating renewables (Lund & Salgi, 2009). Swider (2007, in Lund & Salgi, 2009) concludes in his study about the feasibility of CAES in Denmark, that CAES can economically compete with other technologies but only in a system that reduces its nuclear power usage as its baseload power. This is because the costs of nuclear power are so low that CAES cannot compete with it. Since the Netherlands barely uses nuclear power, this would imply a CAES installation could be feasible. However, Denmark generates more energy through renewable sources, which could be a factor in the above stated conclusion on the feasibility of CAES. Lund & Salgi (2009) state in their study that a new 360MW CAES plant would require an investment of 182 million euros plus 4.7 million fixed operational costs each year. This translates to a power capital cost of €506 per KW plus an additional €13 per KW per year for operational costs. Additionally, Luo et al. (2015) state that the power capital cost of large scale CAES varies from €330 to €840 per kW plus an energy capital cost that varies between €2 to €100 per kWh, the latter having a high uncertainty. The uncertainty is probably partly a result of changing natural gas prices (needed in the gas turbine).

Spatial requirements

CAES requires an underground cavern to store the air that will be pressurized, this could for example be a salt pillar or a cavern (Yang et al., 2011), which limits potential sites. As a result, a map of the geological subsurface is needed to identify suitable locations. This could for example be done with the use of GIS.

Discharge time

The discharge time can vary between 1 hour and up to 24+ hours (Luo et al., 2015). The large difference most likely depends on the capacity of the underground cavern that is used to store the compressed air.

Respond time

A CAES plant can start up and be ready to supply electricity within 14 minutes (Yang et al., 2011).

Capacity

The capacity is measured by the amount of power the turbine has. The amount of energy that can be stored is usually higher but depends heavily on the size of the underground cavern. However, the capacity is not the only thing that matters when it comes to generating electricity with CAES. An important part is the power capacity of the turbine that generates power. Currently, capacity ranges from 110 MW to 321 MW, with the latter being based on the estimate of the IEA (Lund & Salgi, 2009; Yang et al., 2011; IEA, 2014).

Efficiency

CAES uses additional fuel for generating electricity from the compressed air, which results in very high efficiency. Ummels et al. (2008) show in their study that the modeled CAES plant an efficiency of 181% has. It means that storing 1 MWh results in generating 1.81 MWh by using 1.14 MWh of gas. When the usage of additional gas is taken into account it results in an overall efficiency of 60% (Ummels et al., 2008).

Durability

As explained above, CAES uses a gas turbine to generate electricity. Since this technology has been around for a longer time it is a reliable technology and readily available (Lund & Salgi, 2009). Lund & Salgi (2009) translate this in their model to an expected lifetime of 30 years for a new CAES plant. Furthermore, the CAES plant in Germany has been operational since 1978, which makes the plant 39 years old (Yang et al., 2011). This makes the expectancy by Lund & Salgi (2009) seem accurate.

	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
CAES	330 – 880kW + 2 – 100kWh	Underground cavern	1h – 24+h	14m	110 – 321MW	60% overall	30+ years

Table 4: Performance matrix of CAES. Source: Author.

4.7 - Lead-acid battery

The lead-acid battery that most of us know was designed near the end of the 20th century. A valve-regulated design was introduced with an internal oxygen cycle. This made the battery deliver improved performance, removed the threat of acid spill and has no maintenance requirements. The battery still functions the same by corroding lead foil to lead oxide, which forms the positive terminal. The negative terminal consists of other lead foil, which is roughened. When discharging, the electrodes are converted to lead sulfate. When charging, the process is reversed (Yang et al., 2011). Presented below is the data on each criterion for the lead-acid battery. The performance matrix of this technique is presented at the end of this section in table 5.

Costs

Lead-acid batteries have low capital costs that range between €44 to €529 per kWh (Luo et al., 2015). This is mostly due to their long commercialized history. Lead acid batteries are often categorized as low cost EES. However, prices vary according to lead market prices, which make up most of the battery; and design of the battery (Zakeri & Syri,

2015). More specific, and somewhat contrasting in the uncertainty of the price range of Luo et al. (2015), is that Zakeri & Syri (2015) state the price of lead-acid batteries is between €322 and €400 per KW and another €13 per KW per year for maintenance (of the total installation).

Spatial requirements

In the studied literature, no indication of size has been given for a certain capacity of lead-acid battery. Therefore, it is assumed that the spatial requirements for lead-acid batteries are the same as those of Li-ion batteries since they are similar in design.

Discharge time

Discharge time can take up to 8 hours (Yang et al., 2011). Although Zakeri & Syri (2015) state that lead-acid batteries have a short discharge time, they also state that some large-scale projects have discharge times of up to 4 hours; e.g. as is the case in California with the Chino project.

Respond time

According to Luo et al. (2015) lead acid batteries have a fast response time. Given the similar design as a Li-ion battery and statement of Yang et al. (2011) that Li-ion batteries, as with most batteries can respond very quickly; the respond time is considered the same as the Li-ion battery.

Capacity

There are not many large scale lead-acid battery projects due to the unsuitability of lead-acid batteries for load shifting services, which requires a large amount of electricity for peak-shaving. This will later be addressed as part of the business case for energy storage projects. However a large system is installed in the Chino project in California of 10MW (Zakeri & Syri, 2015), which proves that systems of multiple MW's are possible.

Efficiency

Lead acid batteries have, according to Yang et al. (2011), a deep cycle (from full, to empty, to full again) energy efficiency of 50 to 75 percent, and have a self-discharge that ranges from 4 to 50 percent a month. However, according to Luo et al. (2015) the cycle efficiency is 63 to 93 percent and the self-discharge is less than 0.3% a day, which would translate to a monthly self-discharge of less than 9.3%. Additionally, Zakeri & Syri (2015) agree by stating that the overall efficiency of lead-acid batteries is between 70 and 90 percent and also indicate a self-discharge of 0.1 to 0.3 percent a day.

Durability

Lead acid batteries can make around 1000 deep cycles before wearing out too much (Yang et al., 2011). Though the amount of cycles is still seen as relatively low, Luo et al. (2015) state that lead acid batteries typically do less than 2000 cycles. Zakeri & Syri (2015) agree by stating that lead acid batteries have limited life cycles, though they state that the batteries cannot do more than 2500 cycles. The difference between the studies of Yang et al. (2011) and Zakeri & Syri (2015) is likely due to the difference between a deep cycle and a 'normal' cycle. A normal cycle is simply the process of discharging a certain amount and then charging again while a deep cycle consists of discharging until the battery is empty and then charge it to full capacity again. Additionally, progress in research and development in the 4 years between the studies could have caused the difference in results for efficiency and cycles.

	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
Lead-acid battery	44 – 529kWh	12.02m*2.35m*2.38m	Up to 4h	<1s	Few kW – MW	63 – 93% with 0.3 self-discharge a day	2000-2500 cycles

Table 5: Performance matrix of the lead-acid battery. Source: Author.

4.8 - Lithium-ion battery

If anyone would open up a new mobile phone, there is a very big chance the battery used for it is a Li-ion battery. The performance of these batteries in terms of power and energy density, mass production of the battery, and advances in system design made the Li-ion battery early on a success for mobile phones and other electronics (Yang et al., 2011). The commercialization of lithium cells was done first by Sony in 1991 (Armand & Tarascon, 2008; Yang et al., 2011).

A lithium-ion battery works similar as a lead-acid battery. However, the middle of the battery consist of an (usually liquid) electrolyte through which lithium ion parts flow. The friction of the lithium ion parts with the liquid results in electrons. They flow from the negative terminal, through the liquid electrolyte, to the positive terminal when discharging and vice versa when charging. The liquid electrolyte in the middle of the battery contains a lithium salt. (Yang et al., 2011). Presented below is the data on each criterion for the lithium-ion battery. The performance matrix of this technique is presented at the end of this section in table 6.

Costs

According to Yang et al. (2011) one of the challenges with Li-ion batteries is their high costs. They argue that these costs might not be a problem for small electronic devices like phones, but is likely to be an issue for scaled-up applications like energy storage of renewable energy. However, the article is published in 2011 in which battery costs were higher. According to Knupfer et al. (2017) prices of complete Li-ion battery packs were about €200 per kWh in 2016. The same report states that in 2011, prices were about €706 per kWh. It showcases the ongoing innovation curve of these batteries that cause a significant decrease in price. With a decrease of roughly 72% in price during the time period of 2011-2016, the previously mentioned problem of costs by Yang et al. (2011) has become less significant. Most of the price reduction is pushed by the automotive industry of electrical vehicles, like Tesla. The previously mentioned performance in power and energy density of Li-ion batteries make them, according to Yang et al.: *'...the most promising option for transportation applications'*. (p.3597). This in turn, has led to extensive research and development (R&D) of Li-ion batteries in the past decade (Yang et al., 2011). The extensive R&D in companies that produce Li-ion batteries for telephones and electric cars have most likely caused the significant decrease in battery pack prices. Additionally, R&D is ongoing and prognoses have been made for prices in 2020 and 2030; these are set at €168 per kWh and €88 per kWh respectively (Knupfer et al., 2017).

However, batteries are not the only costs of an energy storage system with Li-ion batteries. Currently, the costs are roughly split into 50% battery costs and 50% for the remainder of the system as described by Martin Kok (2017): *'...when we deliver a [Li-ion energy storage] system, including other systems like transformers, cables and installing the system; halve of the costs are, for now, the batteries. If you calculate what the prices were 5 years ago...you can imagine that the entire system has become 25% cheaper for installing the same amount of MW*

including all preconditions.' (p.2). As such, the costs for a Li-ion energy storage system are expected to decrease due to the projected decrease in Li-ion battery prices.

Spatial requirements

Most Li-ion energy storage systems are placed in containers because they need a specific temperature to function best in, which is more easily controllable in a closed space like a container. The dimensions of a standard sea-cargo container is 12.02m long, 2.35m wide and 2.38m high (Mol-logistics, 2017). However, the containers are usually not directly connected to another, resulting in more space needed than just the container's dimensions.

Discharge time

Though discharge time can differ with the power of the battery, the recently installed Li-ion energy storage system in San Diego has a power of 30MW and an energy capacity of 120MWh, implying a discharge time of at least four hours. The same article also mentions a similar Li-ion energy storage system by Tesla with 20MW power and an energy capacity of 80MWh, again implying at least a four hour discharge (Geuss, 2017). Yang et al. (2011) confirm this by stating that the discharge time of Li-ion batteries can take up to 4 hours.

Respond time

Li-ion batteries, as with most batteries, have a very quick response. They can respond in mere milliseconds (Yang et al., 2011).

Capacity

The capacity in power can vary between a few kW and a few MW (Yang et al., 2011). Although commercial systems usually do not have more capacity than a few MW, multiple systems can be connected to each other to increase the capacity. Currently, the largest grid-tied Li-ion energy storage system is located in San Diego with an energy capacity of 120MWh (Geuss, 2017).

Efficiency

According to Yang et al. (2011) the efficiency of a Li-ion battery ranges from 94 to 99 percent. Nair & Garimella (2010) state that the efficiency of Li-ion batteries is close to 100%, which agrees with the statement of Yang et al. mentioned above. Slightly different, Zakeri & Syri (2015) state that the efficiency of Li-ion batteries range from 85 to 95 percent.

Durability

According to Yang et al. (2011) Li-ion batteries can do around 1000 deep cycles. In contrast, Zakeri & Syri (2015) state that Li-ion batteries have a long lifetime of around 10.000 cycles. The major difference is most likely due to developments in the four year time gap between the two studies and the difference in deep cycles and normal cycles.

	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
Li-ion battery	200 kWh + installation etc. equal to total battery price	12.02m*2.35m*2.38m	Up to 4h	<1s	Few kW – multiple MW	85 – 99%	Around 10000 cycles

Table 6: Performance matrix of the Li-ion battery. Source: Author.

4.9 - Performance matrix

The gathered data from literature and the expert interviews on the five energy storage techniques for each criterion is presented in table 7 on the next page. As mentioned in the theoretical framework, table 7 is called the performance matrix. The performance matrix itself would be similar to a summary of the data provided above, if there was not a weighing or categorization of the criteria. However, this study aims to establish an optimized solution for the province of Groningen by means of an MCA, which means the criteria needs to be weighted to highlight what is considered important for the province of Groningen. To weight the performance matrix below, the next chapters will go deeper into the relevance of each criteria for a business case; and from there on analyze possibilities for energy storage in the province of Groningen.

Criteria → Energy Storage technique ↓	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
Water electrolysis	420 – 2500kW + 2 – 15 kWh	100*50*40m for 147MW	2s – 24+h	1-3s	Few kWh – multiple MWh	59-63%	1000 – 20000 life cycles
PSH	513kW + 68kWh	Height difference plus a large area	Days – weeks	10m	100 – 3003 MW	70 – 85%	Long life, up to 40 years
CAES	330 – 880kW + 2 – 100kWh	Underground cavern	1h – 24+h	14m	100 – 321MW	60% overall	30+ years
Lead-acid battery	44 – 529kWh	12.02*2.35*2.38	Up to 4h	1-3s	Few kW – MW	63 – 93% with 0.3 self-discharge a day	2000-2500 cycles
Li-ion battery	200 kWh + installation etc. equal to total battery price	12.02*2.35*2.38	Up to 4h	<1s	Few kW – multiple MW	85 – 99%	Around 10000 cycles

Table 7: Performance matrix of the 5 energy storage technique for each criterion used in this study. Source: Author.

Chapter 5 – The past and current state on energy storage with an uncanny path for the future

The demand for electricity, that changes yearly, daily, hourly and even per second, brings challenges for the electrical system. Together with the need to provide energy reliably, it has motivated in the past, and still does in the present, the development of energy storage. In the past there were no efficient and low-cost gas turbines (referring to: Combined-Cycle Gas Turbine (CCGT)) to provide energy when demand exceeded base load, as is done nowadays. Instead, oil-and gas-fired steam turbines were used to provide this extra demand in energy. These were significantly more expensive than gas turbines nowadays. When prices of oil and gas increased dramatically in the oil crisis of the 1970's, the oil-and gas-fired steam turbines became significantly more expensive for generating electricity. Additionally, it was expected (in the US) that many coal and nuclear plants would be newly build to provide baseload demand. This ultimately led to limited options for providing electricity for load-following purposes, and for peak demand. Because of the high prices of oil and gas to produce electricity and the limited possibilities for load-following, PSH and other energy storage technologies were evaluated as alternatives. During these times, PSH was evaluated and appeared to be more economically viable than other sources of electricity generation, and this was without other benefits that PSH can provide. The way of evaluating and justifying those technologies, including PSH, was done by comparing the capacity and electricity provided by the specific technology to a fossil fuel plant of equivalent size. It was a purely economic analysis and the option with the lowest net-costs would be chosen. This of course, ignores other benefits that energy storage can provide (NREL, 2010).

In 1970, PSH and CCGT were similar in price. In the beginning of 2000, PSH was estimated at twice the costs of CCGT. This is due to the lower gas prices in comparison with the prices in the 1970's (NREL, 2010). This suggests that gas prices play an important role in the economic viability of energy storage technologies; and with the estimated rise in the price of gas in the future, the economic viability of energy storage is expected to increase as well. Especially in the Netherlands, the difference in costs between gas-fired units that provide peak load and coal-fired units that provide baseload is detrimental for the revenues of energy storage (Ummels et al., 2008). Additionally, it can currently already be seen in Germany that gas-fired units have to lower their output due to increasing renewable energy sources with the consequence of making them very unprofitable (Zuidema, 2017).

5.1 - Current state and knowledge on energy storage

Currently, the economic aspect is not the sole justification for implementing an energy storage technique anymore. As mentioned in the introduction, many authors have stressed the need for energy storage to mitigate the fluctuations when generating renewable energy through wind and solar. Though, NREL (2010) states that for wind these fluctuations are less since the average deviation in wind is 10%. Meaning that wind power usually does not fluctuate drastically like solar power could when for example clouds are blocking the sun; and of course the difference during day and night. Besides the economic aspect, environmental reasons play an increasingly important role, in which renewable energy sources play an important role in the latter. Subsequently, enhancing the integration of renewable energy sources in the grid and providing energy security are reasons to implement energy storage techniques. Additionally, energy storage has several other benefits other than mitigating the fluctuations of renewable energy as explained in section 4.2, which include, but are not limited to, load leveling, firm capacity, regulation services and contingency reserves (NREL, 2010).

The aforementioned expected rise in gas and oil prices, the need to mitigate fluctuations in renewable energy generation and the opportunities for energy storage that stem from that need, are a few reasons amongst many that have sparked new interest in energy storage since 2010 (NREL, 2010).

5.2 - Large scale energy storage in Groningen

In 2016, the Netherlands had installed 4.2 GW of wind power which covered around 55% of total renewable energy generation. Additionally, there are targets set for a total of 6 GW of wind capacity on land in 2020, and a total of 4.45 GW of wind capacity offshore in 2023. In this, the province of Groningen has a share of around 450 MW wind power on land, and a target for 850 MW wind power on land in 2020 (CLO, 2017). Despite the large amount of (planned) capacity to be installed and the province currently having the second most amount of wind energy generated on land, no (large-scale) energy storage units are planned for the future or presently available in the province of Groningen according to the DOE (2016). Although energy storage is included in the energy transition program of the province of Groningen, in an interview with a project leader of the 'Energy transition 2.0' program it has been stated that these goals are not quantified (Van der Veen, 2017). This could mean, in combination with the Netherlands having one of the lowest amounts of renewable energy generation in relation to total electricity consumption, that the focus is currently on achieving the quantities of renewable energy output conform the targets set by the government and EU; and energy storage being somewhat of a later concern due to the lack of quantified targets. However, Ummels et al. (2008) explain that the main reason could be because the Netherlands is a flat country, without many geographically favorable locations. This reason seems to be aimed at large-scale energy storage like PSH, since techniques like batteries do not have specific requirements in regards to height. The statement however, holds true for the province of Groningen as well where the highest point of the province is the Hasseberg, located in the south-east of the province near the German border. The hill is 14.2 meters above NAP (Normaal Amsterdams Peil)(Aurelius, 2015). Additionally, this area has been appointed as nature, making it more difficult to obtain permits for building in that area. The little difference in height in the province and the increasing difficulty to obtain permits in the place with the biggest height difference would make PSH, which relies on height difference, a poor choice for large-scale energy storage in the province of Groningen. Though PSH could be possible over little height difference, this would require a larger surface to transport the water over which is something that will take more permits, money, and time to construct.

It should be noted that studies on the integration of wind energy in the electrical grid almost universally conclude that penetration levels of renewable energy up to 30% do not require additional energy storage to account for the variability in wind and solar energy to maintain a reliable service (NREL, 2010). What this means is that until our renewable energy generation consists of at least 30% wind or solar energy, additional energy storage is not necessary. According to data from the Dutch bureau of statistics (CBS), the amount of energy generated through wind and solar was 9874 GWh in 2016 (Statline, 2017). In the same year, the total amount of energy used was close to 150.000 GWh (Gerdes et al., 2016), which comes down to a penetration percentage of around 6.6% for the Netherlands as a whole. These numbers are without biomass and water energy because the fluctuations in these sources of renewable energy are significantly less than wind and solar, which theoretically should not contribute to the problem of fluctuating electricity generation. Thus only wind and solar are used in the calculations. According to the province of Groningen (2015) the penetration of renewable energy is 15.9% for the province of Groningen alone. However, 62.4% of the renewable energy is generated through biomass, which as mentioned above does not contribute to the problem of fluctuation in electricity generation according to this study. Since the penetration percentage of wind and solar are not close to 30%, it suggest that there is not yet a need for energy storage. However, there could potentially be a need for operational changes to maintain reliability of the grid according to present standards of the grid (NREL, 2010). In other words, not having reached a 30% penetration rate does not mean that there will not be any problems

with regards to the output of renewable energy sources linked to the electrical grid, as will be further explained in section 6.6.

5.3 - Why taking action is important

Just because the generation of (fluctuating) renewable energy like wind and solar have not yet reached a penetration rate of 30%, does not necessarily mean nothing has to be done on energy storage until a 30% penetration rate is reached. As mentioned earlier, interest in energy storage has only recently been sparked again. With energy storage initiatives little in number, it suggest that energy storage is still in its infancy stage. This is partly due to the slow development of batteries, which is behind other areas of electronics because there are few electrode materials and electrolytes that are suitable for batteries, and perfecting the interactions in batteries is difficult (Armand & Tarascon, 2008). Even so, procrastinating the construction and implementation of energy storage in the electrical grid could result in a lack of knowledge on executing energy storage projects as well as less efficient techniques. Additionally, the sudden implementation of energy storage capacity to support a penetration rate of 30% would require an enormous investment, for which an estimation of costs is calculated in box 1. If we take the number on energy consumption in the previous section of 150.000 GWh for the Netherlands as a whole and take 30% of that, the penetration rate of 30% translates to 45.000 GWh. Assuming all energy is generated by wind power, the minimum capacity of energy storage should be equal to the average fluctuation in wind energy, which is 10% as mentioned in section 5.1. 10% of 45.000 GWh is 4500 GWh. Taking the price for energy storage of PSH at 68 €/kWh (one of the cheapest energy storage techniques), the total investment would be €306.000.000.000 and this is without the costs for the energy conversion systems, which would require an even bigger investment. This simple calculation is not meant as an accurate prediction of costs for the future. Instead, it should act as a trigger to think about the distanced future, that there likely will be a point where energy storage is necessary and that a strategy is needed to implement the future need for energy storage as efficient as possible. Given the contextual nature of the issue, the strategy will likely comprise of multiple approaches corresponding to the differing context. To achieve this, a framework that can assess different planning approaches based on certain characteristics linked to the ability of that approach to focus on the context, like the framework for planning-oriented action, is likely needed.

$$150.000\text{GWh} \cdot 0.3 = 45.000\text{GWh}$$

$$45.000\text{GWh} \cdot 0.1 = 4500\text{GWh}$$

$$4500\text{GWh} \cdot 1000 = 4.500.000\text{MWh}$$

$$4.500.000\text{MWh} \cdot 1000 = 4.500.000.000\text{kWh}$$

$$4.500.000.000\text{kWh} \cdot \text{€}68 = \text{€}306.000.000.000$$

Box 1: Simple calculation of the estimated costs for energy storage at 30% penetration rate of renewable energy for the Netherlands. Source: Author.

5.4 - Through failure we succeed

To be ready for when that point in time comes in which energy storage will be necessary, a strategy has to be made. Research on energy storage has to continue and energy storage initiatives have to be started. It is of importance that initiatives are carried out because actual implementation can provide information that would otherwise not have been discovered, to increase efficiency of techniques, and to decrease prices. Doing these initiatives are essential to innovate and would probably require more money than initially anticipated. As Gupta et al. (2010) state: *'An appropriate balance needs to be found between effectiveness and efficiency, as innovation processes are notoriously inefficient and should be allowed to be inefficient in order to take place at all'* (p.464). This can also be seen with initiatives in the real world. For example, the 1000MW upgrade PSH project that was initially estimated at 810 million euros in 2009, and later adjusted to 1700 million euros in 2014 (Zakeri & Syri, 2015). The same has been showcased

in the Netherlands where a battery in Etten-Leur was initially estimated to cost several tons of money and ended up costing double the amount that was initially estimated (Pondes, 2017). There are undoubtedly more examples that showcase a higher price after implementation than estimated in the planning process. However, because of such experiments the same mistakes can be avoided in the future, effectively decreasing the price of energy storage initiatives. The example of the battery in Etten-Leur has been initiated by Enexis, a regional system operator. The experiment has been initiated to provide information on how the market reacts to such experiments, what effects it has, and what that means for their system (Pondes, 2007). With such information, future initiatives could be done more efficiently and probably for a cheaper price. By continuing such experiments, more knowledge can be gathered, problems will be exposed and techniques can be adjusted to counter these problems. As a result, such improvements will help prepare for the time when renewable energy generation reaches a point when energy storage is necessary.

Chapter 6 – An optimized solution for Groningen

With the high amount of renewable electricity generated in the province of Groningen that is prone to fluctuations and the lack of energy storage projects, it is assumed that energy storage is needed in the near future. Four out of five of the interviewed experts agree that energy storage is likely going to play a role in the future energy infrastructure with Albert Pondes being more cautious about a role for energy storage in the near future. Both Albert Pondes and Chris Zuidema explain that energy storage is not the only solution out there, and more than one factor play a role in the future demand for energy. For example, if houses become energy neutral, the demand for electricity will decrease and might result in no need for storage (Pondes, 2017). Additionally, the problem of fluctuations can also be solved with smart- and supergrids (Zuidema, 2017), which connect electronic devices with systems to detect when the optimal time for usage is. It will match supply and demand better to avoid buffering as a whole. However, just like it is a long way towards 100% renewable energy, a whole country with 100% energy neutral housing or installing a nationwide smartgrid or an even bigger supergrid that connects multiple countries, will take a lot of time as well. In the meantime the fluctuation in energy generation will remain a challenge and already has shown to cause problems in some areas as will be explained in section 6.6; and a solution, arguably a temporary solution, has to be found. It has been found in the previous chapters that energy storage can be this solution, though the question remains what energy storage technique would be most suited in the province of Groningen. To find a solution that can be optimized for our case we need to find, with regard to the framework for planning-oriented action, between which goals we should optimize. In this case which services. Who are involved? Which will be addressed partly in this chapter, and the next chapter; and to what specific problem does our solution link and in which specific location does our solution need to be located? To find these answers, the next section will briefly discuss future scenarios for energy storage based on expert interviews and document analysis. Section 6.2 through 6.5 will explain the need for a business case and what it should comprise of, in this case what service(s) are involved. Section 6.6 will find a suitable location for energy storage in the case study area by establishing a link with a problem in the area. Section 6.7 will summarize the analysis done in chapter 5 and 6 to establish a weighting for the criteria in the MCA to which the energy storage techniques are tested. Lastly, section 6.8 will present the MCA and link back the process to the conceptual model introduced in section 3.8.

6.1 - Future scenarios

Determining an optimal solution is not an easy job because it is uncertain how the future energy infrastructure will develop and what is needed in that energy system. To be able to point out opportunities in energy storage for the near future, an idea of how such a future energy system will look like is needed. Therefore, all the interviewed experts were asked how they think energy storage will play a role in the future energy system. Additionally, information from the *Technology Roadmap Energy Storage 2014* by IEA is used to give more insight into a possible future scenario.

As mentioned before, four out of five interviewed experts think energy storage is likely going to play a role in the future. However, there are some differences amongst the experts on how exactly the energy system will look like and what the motives for energy storage will be. For example, Van der Veen (2017) thinks the energy system will go towards a decentralized system, with multiple forms of energy storage to enhance the flexibility and robustness of the energy system. Zuidema (2017) also thinks that for a large part, the energy system will go towards a decentralized system and that most storage is done by batteries. Abbink (2017) and Kok (2017) both agree that energy storage is going to play a role in the future, though Abbink puts the emphasize for the necessity of energy storage as part of our planning culture and the necessity to reduce wasting resources. Kok (2017) puts the emphasis on resource independence and points out possibilities of storage together with electrical cars, though he emphasizes that the cost of renewable electricity has to be similar to that of fossil fuels in order for that to happen. In this regard Zuidema

(2017) thinks the price of renewable energy will not play a large role in the future because it has already shown that the price of renewable electricity can drop below zero; and with the projection of more renewable electricity in the future, prices of electricity are likely to not play a role anymore.

Most statements of the experts are in line with the scenarios of the International Energy Agency (2014) which predict that Europe alone needs between 41 and 90 GW of energy storage, depending on what scenario is used. Unfortunately, the same report states that the current amount of energy storage in Europe is hard to estimate because of scarce data on the topic, nor has another reliable source for these statistics been found during this research. The best available source is the DOE energy storage database (2016) and according to that, the total amount of energy storage in the Netherlands is 19 MW. Thus, it is almost certain that the amount of energy storage in the Netherlands has to increase even if the scenario with the least amount of energy storage holds true. According to the International Energy Agency (2014), such an increase in energy storage capacity would require an investment between 77.5 and 112 billion euros for Europe as a whole. If we simply assume costs will be split evenly amongst all 51 countries (the scenarios did not differentiate between the European Union and Europe thus assuming all of Europe is meant), the costs for the Netherlands would range between 1.52 and 2.2 billion euros.

6.2 - Creating a business case

The estimate of costs for energy storage in the previous section, brings us to the criteria of costs of energy storage, which has been mentioned as an important factor in the studied literature (Yang et al., 2011; NREL, 2010); as well as in all the interviews with the experts. A very important finding during the interviews with Kok (2017) and Abbink (2017) is that there are convincing business cases for energy storage, contrary to what most literature write. Abbink (2017) states: *'The business case can only be conclusive if you connect multiple services. With just storage you can't make a convincing business case and so the income from just one service is not enough to justify the investment. So you always have to combine multiple services...'* (p.4). Additionally, NREL (2010) also state that combining services increase the value of energy storage. Now that it is known that the project can have a conclusive business case, it would be sub-optimal to not pursue such a business case. Since the goal is to establish an optimized technique for the province of Groningen, it should be assumed that this technique needs to have a convincing business case, and thus has to consist of providing multiple services.

As stated in chapter four, providing a service has certain performance requirements for the energy storage technique. Since creating a conclusive business case consists of providing multiple services, it is wise to find a place where multiple services can be provided due to the contextual nature of the issue, and translate those into requirements for the energy storage technique and not the other way around. If an energy storage technique is chosen based purely on what seems like the best performance according to the multi-criteria analysis, that energy storage technique might not be able to provide multiple services in the specific context of Groningen and creating a conclusive business case would fail.

6.3 - Frequency regulating services

NREL (2010) states that frequency regulation has the highest value potential for an energy storage technique. Furthermore, they state that energy arbitrage (buy low, sell high) holds the least value with the returns on investment dropping even more for devices that have a storage capacity of more than 10 hours. This is because most energy shifting is done during the day, at night the energy just sits there idle, because demand is low enough for the baseload plants to cover. Thus lowering the return on investment significantly. Contingency reserves have a higher value than energy arbitrage, though the value is lower than that of frequency regulation (NREL, 2010). This is in line with Pondes (2017) who states that: *'Profitability often is not possible unless you're active on the short-term market, then there*

are possibilities.' (p.1). Additionally, Zuidema (2017) states that: *'But you do know that part of the business case, per definition has to be that you can provide this service [providing electricity] stably to the customer. Because if you cannot do that there will be no money to make, because then the customer will not be happy, he/she just wants to turn on their tv.'* (p.4). Suggesting frequency regulation has the most value as a service, also for future business cases.

Since frequency regulation services have the most value, arguably also in the future, of an energy storage device, it would be wise to include it into our business case. However, to use an energy storage technique for such a service, an agreement with the national grid operator has to be made. In the Netherlands, TenneT is the operator of the national grid. In an article last year, TenneT announced that it is looking for possibilities for energy storage with new parties (Crezee, 2016). These could possibly be decentralized parties as well, like local smaller energy storage devices or even energy storage devices in households. Unfortunately no specific requirements have been found for 'renting out' energy storage to TenneT. Therefore, it is assumed that the requirements for frequency regulation conform the literature is acceptable to TenneT for renting out energy storage.

6.4 - Contingency reserve services

Next to frequency regulations, the technique should also provide contingency reserves. Not only are they second in value according to NREL (2010), they also go well with the performance requirements of frequency regulations. Since frequency regulations have many charge and discharge actions during a day to maintain the frequency, which do not require much capacity, the overall level of charge does not change that much (Yang et al., 2011). So if the capacity of the technique is high, a percentage of that capacity can be used for frequency regulations while the rest is used for contingency reserves. The boundary for the capacity of the energy storage technique should be less than 10 hours, since return on investment drops rapidly after the 10 hour mark as explained in section 6.3. Additionally, Yang et al. (2011) state: *'A recent analysis suggested a relationship between contingency reserve capacity requirements and reserve response time ... a fast-responding EES unit may potentially provide a higher value to the grid than a conventional turbine unit of the same capacity size (MW).'*' (p.3578 - 3579). Further suggesting that frequency regulations, which already demand a fast response time, would fit well with contingency reserves. Furthermore, with the projected future increase in renewable electricity generation and the problems of fluctuations accompanied with renewable sources of wind and solar power, it would make sense for contingency reserves to expand as well due to the larger chance of mismatch between supply and demand resulting in a power outage, which would justify additional contingency reserves.

6.5 - Load shifting services

Though frequency regulations and contingency reserves have high value for the grid, the most mentioned problem of renewable energy sources in this study is the fluctuation in generation. To combat this problem, contingency reserves help start up after a power outage. However, it would be better to prevent the problem directly up front instead of curing it afterwards. Thus excess electricity has to be stored for times when generation is low. Effectively this translates into load-leveling and therefore should be incorporated into the solution. Though load-leveling also has benefits for the grid as a whole, it is considered an end-use application. An end-use application has an effect on the end-user, the consumer. If end-use applications are to compete economically, their site selection plays an important role (NREL, 2010). As the name suggests, the device would ideally be placed at the end-user to prevent additional straining of the grid by using more cables and connections than necessary. Additionally, according to the first law of thermodynamics; moving energy generates heat and that energy is separated from the initial input of energy, leaving a smaller amount of energy as output after transport (Khanacademy, 2015). What this means is that the longer the transport, the higher amount of energy converted to heat and thus less electricity reaches the load, suggesting that energy storage devices should have as little distance between source and load as possible.

6.6 - Finding a location in the province of Groningen

Now that a preferred combination of services has been established, a suited location has to be found. As mentioned previously, a location with as little distance between load and source would be optimal to minimize energy loss as a result of electricity converting to heat during transport. Since this study focusses on energy storage for renewable energy, the optimal location would be close to a source of renewable energy and the load, its consumers. Such a location could for example be close to residential housing with PV. It could also be close to a wind farm and industrial area. Maps that highlight the locations of renewable energy sources and (high voltage) cable routes in the province of Groningen would be helpful for this step in the process to establish a location. However, wind farms generate high amounts of electricity, usually at a multiple of 10MW power. To create a buffer with energy storage that could shift the electricity at peak times to off-peak times would require a large amount of energy storage capacity, this brings us to large-scale energy storage techniques like PSH and CAES which have been stated before as a poor choice in this context. Therefore, a location close to residential housing with PV would be a better choice for our case.

To truly combat the problem of fluctuating renewable energy generation, a location where the effects of these fluctuations are felt is needed. A link between the energy storage project and the surrounding area, presumably an existing problem is needed for better implementation (Zuidema, 2017; De Boer & Zuidema, 2015). As Zuidema (2017) states: *'I think you are very vulnerable if you cannot establish a link with something that is already in your area and you will not be able to easily get a conclusive business case on paper'*. (p.8). Again, stressing the contextual nature of the planning issue. As mentioned before, our current grid is doing its job so well that with the current national penetration of renewable energy, little to no problems occur. These problems however, can vary per region and in 2016 problems have been reported in the province of Groningen. Multiple articles e.g. by the NOS (2016) and Energy Business (2016), have written about grid problems in the area of Slochteren as a result of the high amount of PV panels which were bought with money from the NAM to cover earthquake damages. The PV panels generate too much electricity during peak time for the grid to process. As a result, the converters in the houses turn off, which halts the production of electricity (Geertsma, 2016; Kelder, 2016; NOS, 2016). In some cases the fuse box can even be overloaded, causing a power outage in the house (Geertsma, 2016). Additionally, when the converters shut themselves off the owners do not get any money for generating electricity and selling it back to the grid, which is undesirable (Geertsma, 2016; Kelder, 2016; NOS, 2016).

Kelder (2016) mentions that these problems, related to the significant increase of PV panels, take place in the municipalities of Bedum, Loppersum and the town of Stedum (located in the municipality of Loppersum). According to the province of Groningen (2015), the municipality of Loppersum is tied at second place with the municipality Eemsmond regarding the amount of Watts generated per citizen. Though the municipality of Winsum and Eemsmond have a higher total amount of MW generated by PV panels and a similar amount of Watts generated per citizen (Provincie Groningen, 2015), which would make them more favorable for energy storage, no similar problems have arose in these municipalities to the authors knowledge. This suggests that either there are no problems in Winsum and Eemsmond regarding renewable energy generation or those problems have already been solved, which makes energy storage less necessary and valuable in these places. Since Bedum has a lower total amount of MW and a lower amount of Watts generated per citizen, Loppersum would be a better location for energy storage. It can be assumed that the grid for the municipalities is based on the amount of citizens that live there. So the higher the amount of electricity generated and sold back to the grid, the more likely congestion problems that result in a shutdown of the converter or even overloading the fuse box will occur. Therefore, it can be assumed that the place with the highest amount of Watts generated per citizen has the highest chance of having problems with delivering electricity back to the grid. In this case, the municipality of Loppersum not only has one of the highest amount of Watts generated per citizen, it is known to have problems with the grid regarding the high amounts of electricity delivered back to the grid as mentioned in multiple news articles (Geertsma, 2016; Kelder, 2016; NOS, 2016). This makes the municipality of

Loppersum the preferred location for energy storage, and with the town Loppersum being the most likely place where these problems occur because it has the most inhabitants; the town of Loppersum is the chosen location for this study.

6.7 - Summarizing the requirements for the optimal solution

This section will summarize the analysis of chapter five and six and translate this analysis into point for weighting the criteria in the MCA, in order to establish an optimized energy storage technique for the province of Groningen. An energy storage technique is needed that has a conclusive business case, with conclusive we mean that the project has more, or at least the same, value (not necessarily monetary value) than it costs. To do so, costs should be kept as low as possible and the value as high as possible. Costs can more easily be measured in a monetary value, in this case euros. However, the value is more difficult. In this chapter it has been established that the value is measured through the services an energy storage technique can provide. In this case the highest priority is given to frequency regulations. Therefore the highest priority is given to a fast respond time and the ability to do high amounts of cycles. Next is contingency reserve services, NREL (2010) states that: *'Contingency reserves can require as little as 30 minutes, depending on the market and market reliability rules. The challenge for a device providing contingency reserves is that the device must be able to respond rapidly, typically in a few minutes or less.'* (p.12). Additionally, as mentioned before, Yang et al. (2011) state that a faster respond time could be more beneficial for contingency reserve services. This works well with the fast respond time already needed for the regulation services. It has also been stated that the technique should provide load shifting services, though it theoretically holds the least value. Important is that the energy capacity is not more than 10 hours, since return on investment rapidly drops after the 10 hour mark. Additionally, load leveling need discharge times of a few hours as well as capacities of multiple MWh or even GWh (Yang et al., 2011). However, since our location is a town in the province of Groningen and the objective is to shift the excessive electricity generated through the PV panels in that village, capacities of GWh are not necessary. Generally speaking, a higher efficiency is always preferred because it reduces the needed capacity and cost. Lastly, since the location is a town in the province of Groningen, there are some spatial requirements. Though there are no specific ones, the energy storage technique should be placed nearby the load and source to increase its efficiency. This means that it cannot harm the nearby houses when functioning, or in the event of dysfunction with the probability of hazardous consequences. The above mentioned points will function as a weighting mechanism to establish which of the studied energy storage techniques are possible in the case study area and which energy storage technique can be optimized for the context of Loppersum.

Table 8 on the next page is the performance matrix from section 4.9, adjusted according to the above stated performance requirements. When a technique can provide the required performance as stated above, the criterion will be colored green. If the technique would not be the best pick for a criterion but is not the worst either, it will be colored orange. If the technique cannot provide the required performance or performs the worst out of the five energy storage techniques, the criterion will be colored red.

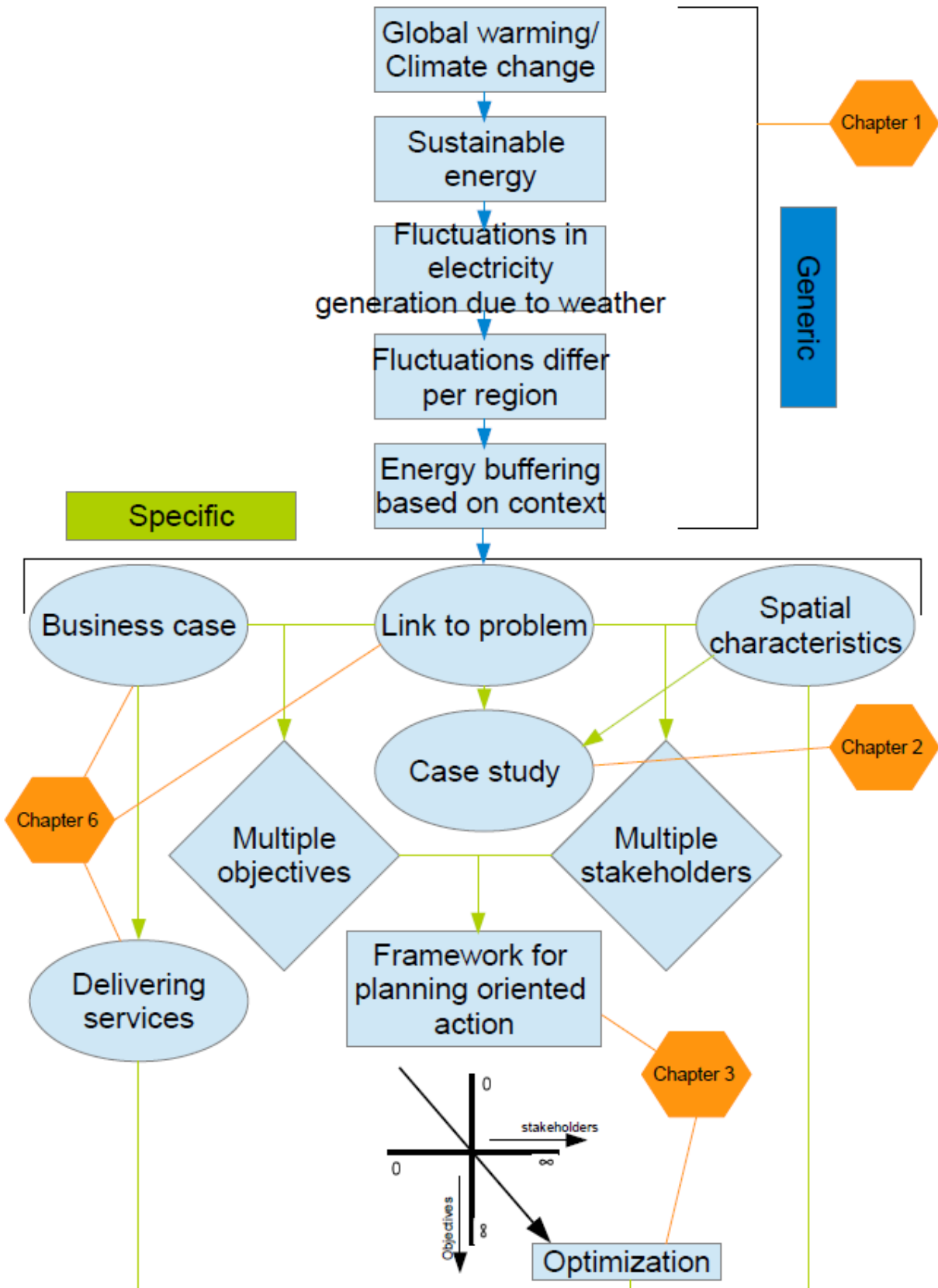
6.8 - Multi-criteria analysis

In chapter four, the performance matrix has been made, though it lacked weighting. In chapter five and six it has become clear what criteria are more important and what would best fit in the province of Groningen, which allows for an optimized solution to present itself. Table 8 showcases the performance matrix as presented in table 7 with weighting of the criteria conform the results of the analysis in chapter five and six, as briefly summarized in the previous section.

Criteria → Energy Storage technique ↓	Cost in euros per power and/or energy unit	Spatial requirements	Discharge time	Respond time	Capacity	Efficiency	Durability
Water electrolysis	420 – 2500kW + 2 – 15 kWh	100*50*40m for 147MW	2s – 24+h	1-3s	kWh - MWh	59-63%	1000 – 20000 life cycles
PSH	513kW + 68kWh	Height difference plus a large area	Days – weeks	10m	100 – 3003 MW	70 – 85%	Long life, up to 40 years
CAES	330 – 880kW + 2 – 100kWh	Underground cavern	1h – 24+h	14m	100 – 321MW	60% overall	30+ years
Lead-acid battery	44 – 529kWh	12.02*2.35*2.38	Up to 4h	1-3s	Few kW – MW	63 – 93% with 0.3 self- discharge a day	2000-2500 cycles
Li-ion battery	200 kWh + installation etc. equal to total battery price	12.02*2.35*2.38	Up to 4h	<1s	Few kW – MW	85 – 99%	Around 10000 cycles

Table 8: The multi-criteria analysis of the five energy storage techniques with color coding based on their performance. Source: Author.

Figure 6 on the next two pages showcases how the conceptual model has been used as a tool to do research throughout this study. Chapter one focused on explaining the problem of climate change, the need for sustainable energy and the fluctuations such energy sources are prone to. Chapter two has explained the research strategy, research approaches and introduced the case study. Chapter three has explained that energy storage is a complex and contextual issue by using the framework for planning-oriented action that has led to the need for optimization. In chapter four, the five energy storage techniques have been introduced and explained, as well as the seven criteria to measure the performance of each energy storage technique for the services they can provide. Chapter five and six have analyzed the information from chapter four to complete the multi-criteria analysis and to establish a conclusive business case as well as finding a suited location with a link to a problem related to fluctuating energy generation of renewable sources. Chapter 7 will established an energy storage technique that is optimized for the specific context of the province of Groningen. However, as stated in chapter 2, this study aims to do more than the conceptual model in figure 5 indicated. In the next chapter, the results of the multi-criteria analysis will be interpret and translated into a more concrete proposal for an energy storage project in the province of Groningen.



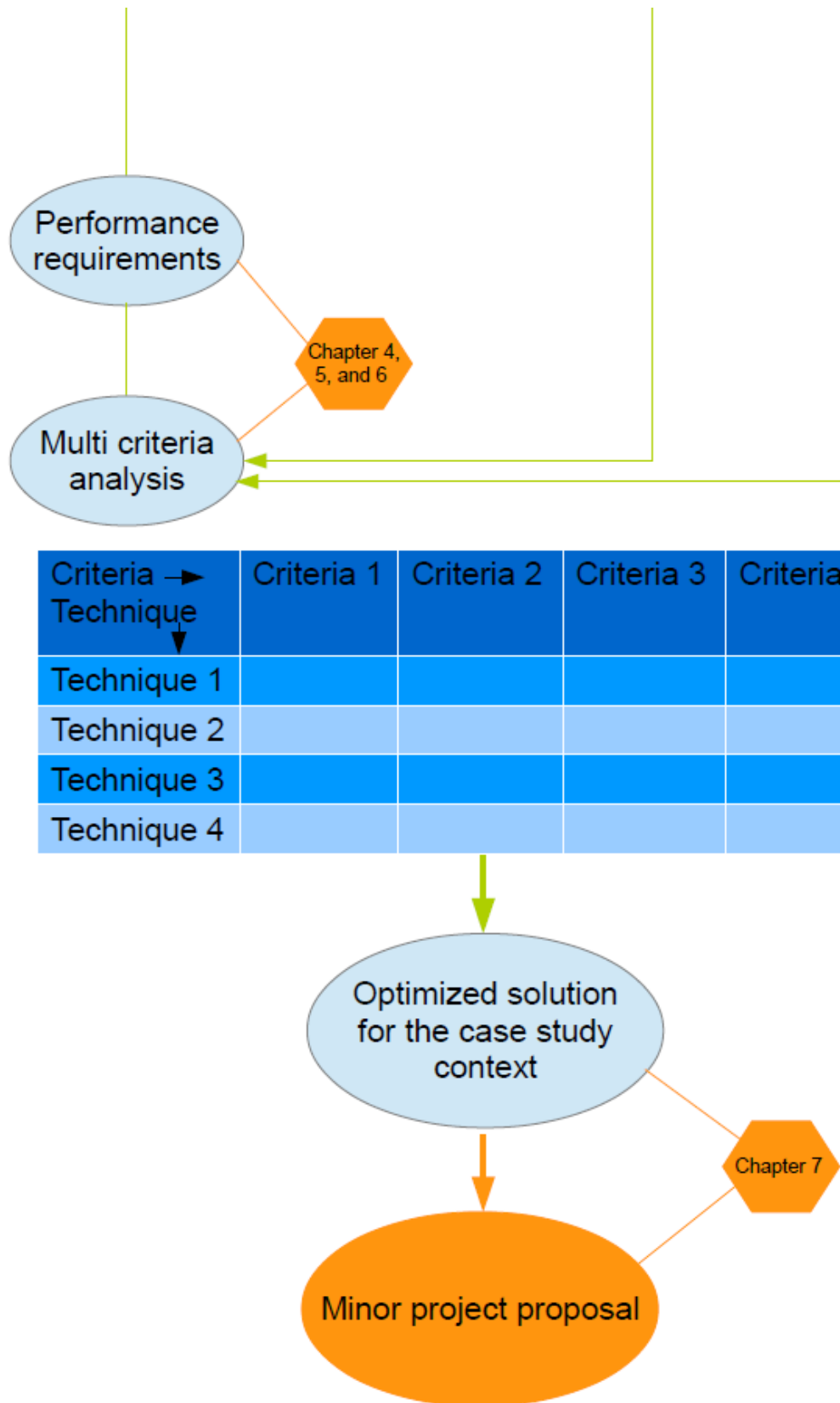


Figure 6: Illustration of how the conceptual model has been used as a tool to do research with throughout this study. Source: Author.

Chapter 7 – The first energy storage project in Groningen

This chapter will interpret the outcome of the MCA in the previous chapter and translate that into the first energy storage project in the province of Groningen. It will do so by analyzing what is needed in the province of Groningen and matching that with the data collected in chapter four, five and six. What is needed in the province of Groningen can differ per area, which is why this project proposal will be focused on one place due to the contextual nature and its characteristics as discussed in chapter three. Especially when it comes to the implementation of a plan, the context is of importance. The framework for planning-oriented action has helped establishing some important characteristics when it comes to (very) contextual planning issues that guides us towards a planning approach that can deal with these characteristics.

7.1 - Towards a project proposal

As mentioned in the introduction, there are no registered energy storage projects in the province of Groningen. By this criteria, the proposal in this study should be the first energy storage project in Groningen. However, any non-registered energy storage projects at the DOE and projects that are on the agenda but have not entered the planning stage yet, are not included. As stated in the introduction, the province of Groningen has one of the highest amounts of TJ in wind energy generated on land. Additionally, there are a few towns in the province of Groningen like Bedum, Stedum and Loppersum where a lot of solar panels are installed with money from the NAM, as compensation for the earthquakes related to gas extraction in Slochteren. Furthermore, the province has the aim to achieve a 21% share of sustainably energy out of total consumption in 2020, and wants to be energy neutral in 2035. This aim is significantly higher than the aim of the national government, which is 14% in 2020 and energy neutral in 2050 respectively. A consequence of this aim is that the fluctuations that are accompanied with wind and solar energy could form a problem earlier in the province of Groningen than the rest of the country. Altogether, these conditions can make energy storage more beneficial to the electrical grid in the province of Groningen, and suggests that an energy storage project is possible in the province of Groningen.

7.2 - Why large scale energy storage is currently a poor choice for Groningen

Chapter five and six have already discussed some possibilities in the province of Groningen. An important finding is that large scale energy storage is not yet necessary because the 30% penetration rate of fluctuating sustainable energy sources like wind and solar has not yet been reached. This gives a big disadvantage to energy storage techniques like PSH and CAES. Additionally, PSH has spatial requirements like natural height difference, which is hard to provide in the province of Groningen. PSH also requires a large initial investment and has a relative long construction time, these things together make PSH a poor choice as an energy storage technique for the province of Groningen. The same goes for CAES, the spatial requirements of an underground cavern could be fulfilled by excavated salt pillars or depleted oil/gas fields, which the province of Groningen has. However, there are two big problems related to this requirement. The first is that Akzo Nobel and Gasunie are already 5 to 10 years busy with getting permission to use the salt pillars for a different purpose (Van der Veen, 2017), which will make it hard to compete for using these salt pillars for CAES. The second is the recent concerns with earthquakes as a result of gas extractions in Slochteren, which has made many people anxious for ‘meddling’ in the (deep-) surface of the earth. This will make it even harder for a CAES project to be approved. Though no literature has been found to back up the latter statement, in an interview with Zuidema (2017) he agrees that such a claim seems valid. Additionally, CAES requires natural gas for generating electricity, which would not fit well with the aims of the province to be energy

neutral and to stop relying on natural gas. Moreover, CAES has one of the lowest efficiencies of the studied storage techniques as can be seen in table 8. Furthermore, the respond time is too slow to provide regulation and contingency reserve services and the costs are, in comparison with other techniques, significantly higher. Additionally, Lund & Salgi (2009) also conclude that: ‘... the system-economic analysis is that CAES plants cannot alone solve the problems of excess electricity productions and other options are significantly more attractive’ (p.1177). Although their study was not aimed at the context of Groningen, their statement does hold true for our case. Looking at the MCA in table 8, it can clearly be seen that most criteria are marked red, which means the criteria is insufficient for our case. Consequently, other techniques in the MCA are significantly more attractive.

7.3 - Going from possibilities towards an optimized solution

With PSH and CAES as unfavorable, three options remain promising; two of which are batteries. All three have some good aspects, which makes it hard to rule one out completely, which suggests that all three are possibilities. However we are looking for an optimal energy storage technique for a specific context, thus we will continue until there is one option left. Looking at the highest value service, regulation services, it has been established that the technique needs a fast respond time and can do a lot of cycles. The lead-acid battery does the lowest amount of cycles out of all options. Though its costs are amongst the lowest, the low amount of cycles results in quick wearing of the installation and calls for replacements in relatively short time. Eventually, this will result in more costs when comparing to the techniques with higher cycle rates. Additionally, though there is a large margin, the efficiency of the lead-acid battery is relatively low, which results in less electricity produced and thus more costs. Altogether, it makes the lead-acid battery a relatively poor choice as an energy storage technique.

With the lead-acid battery out, this leaves the Li-ion battery and water electrolysis techniques remaining. Both techniques have a fast enough respond time for regulation and contingency reserve services. Both techniques can have the desired energy capacity of multiple MWh, and both techniques can do high amounts of cycles. While water electrolysis has the preferred discharge time of up to 10 hours, its efficiency is one of the lowest and the margin on costs and amount of cycles is extremely high. Additionally, though it is not certain, the spatial requirements of a water electrolysis plant seem higher than those of the Li-ion battery. On the other hand, the Li-ion battery has the highest efficiency of the studied techniques and significantly higher than that of water electrolysis. Additionally, it has more favorable spatial requirements. As a result, the Li-ion battery seems a better choice for the established location, keeping in mind that it is likely being placed close to residential area. Though the Li-ion battery might not be the best for load shifting, it would be the optimal choice when looking at all the services in our business case, excelling in regulation services and contingency reserve services, which have the highest value out of the three services. Additionally, the amount of electricity needed for load shifting purposes are probably lower than usually assumed in literature because of the relatively small amount of people living in the municipality of Loppersum. Furthermore, the margin on costs and amount of cycles of water electrolysis are just too large to assume it would be better than the Li-ion battery; and despite that, the costs of the Li-ion battery is lower and has significant cost reduction prognoses for the future. With costs being one of the most important criteria mentioned in literature and by the experts, the Li-ion battery comes out as the optimal choice for Loppersum.

7.4 - The project proposal

Now that a technique that is optimized for the context of the chosen location has been established, the project proposal can be made. To start, the type of energy storage is the Li-ion battery. Its functions are regulation services, contingency reserve services and if there is enough electricity generated through the PV panels, load shifting services. Please note that there is a ‘but’ with the load shifting service, because if there has not been a surplus of electricity generated to charge the battery, there is no load to shift. The location is the town Loppersum in the municipality of

Loppersum. The exact location of the battery should be in the area that generates the most electricity and experiences the most problems as a result. However, this information has not been found in the studied literature and documents, and therefore left out since no good conclusions can be made for an exact location without it. The calculations of both the capacity and the estimated price are both showcased in box 2. The capacity can be calculated by using the total Wattpeak of the PV panels in Loppersum, which is 4.01MWp (Provincie Groningen, 2015); and take 85% of that, which is the actual amount of electricity that can be generated for PV panels here in the Netherlands (Siderea, 2017). This means that the total amount of 4.01MWp actually generates 3.41MW. 2016 has been listed in the top-10 of warmest years in Dutch history, with the national average amount of sun hours being 1881. Taking a month with very high sun hours is essential because if the storage capacity is too little, the problems could still occur in month with above average sun hours. Taking the month with the highest amount of sun hours in 2016 is August. In August, the amount of sun hours was 240 (KNMI, 2016). Dividing 240 by the amount of days, 31, the average amount of sun hours a day can be calculated, which is around 7 hours and 44 minutes.

This makes the total amount of electricity generated by PV panels on an average day in Loppersum August 2016, 26.39MWh. However, according to an article in the Dagblad van het Noorden (2016), the converter is off several hours during the day, so not the entire day (Van Sluis, 2016). With an exact amount of hours lacking, 'several' is interpreted as 3 hours. Assuming 3 hours, the total amount of overcapacity during a day would be 10.23MWh. The town of Loppersum had 4385 households in 2012 (Stadindex, 2017), and in 2016, 20.2% had PV panels on their roof (Zierse, 2016). According to this data, the amount of households that have PV panels is 886. An average Dutch household uses 3300kWh of electricity a year (Milieu centraal, 2016). So a day in August would use around 9kWh per household. The total amount of electricity used by all the households with PV panels would on average be 7974kWh per day. If the total amount of solar electricity generated is 26.4MWh and its residents use approximately 8MWh, the amount that should be sold back to the grid is 18.4MWh. Yet the grid cannot do so and has to shut off the converters for several hours. Though the interpretation of several as 3 hours is arbitrary, it gives an estimate of the capacity needed for the energy storage device. To account for the overcapacity, based on 3 hours, the estimated energy capacity is 10.5MWh. Since the costs of the Li-ion battery per kWh is known, the estimated price would be € 200*10.500kWh = € 2.1 million; plus roughly the same cost for cables, installation, cooling, energy management software etc. as mentioned in chapter four, gives a total estimated price of € 4.2 million for the technique according to the calculations made in box 2.

7.5 - Initiating the project

Now that a project proposal has been made, there is the question of who will initiate such a project. The literature does not give much information on exactly who or what party should do it. Therefore, all experts were asked their

$$\text{Actual PV power : } 4.01\text{MWp} * 0.85 = 3.41\text{MW}$$

$$\text{Sun hours per day : } 240\text{h}/31 = 7.74; 0.74 * 60\text{m} = 44.4\text{m}; \text{ total} = 7\text{h } 44.4\text{m}$$

$$\text{Total generated electricity per day : } 3.41\text{MW} * 7.74\text{h} = 26.39\text{MWh}$$

$$\text{Overcapacity : } 3.41\text{MW} * 3\text{h} = 10.23\text{MWh}$$

$$\text{Households with PV panels : } 4385 * 0.202 = 885.77 = 886 \text{ households}$$

$$\text{Average electricity usage per household per day : } 3300\text{kWh}/365 = 9.04\text{kWh}$$

$$\text{Total electricity usage of all households with PV panels : } 9\text{kWh} * 886 = 7974\text{kWh}$$

$$\text{Project costs : } € 200 * 10.500 = € 2.100.000 * 2 = € 4.200.000$$

Box 2: Calculations for establishing the capacity and price of the Li-ion battery in Loppersum. Source: Author.

opinion on who should do such a project. Though there are some differences amongst the experts, most experts agreed that the government should play a role in initiating energy storage projects. Three out of five experts agreed that the government should help in the form of e.g. guaranteed prizes for stored electricity, subsidies for storage devices or by helping organizations to find each other (Kok, 2017; Zuidema, 2017; Van der Veen, 2017). Additionally, Abbink (2017) thinks that the government should take full responsibility for such an initiative because they are the ones that are pushing a higher rate of renewable energy generation, thus creating the problem of fluctuation in the grid. Therefore the government should take the initiative to solve it, following the Dutch 'the polluter pays' approach. The governments involved in this case are the regional government, which is the province of Groningen; and the local government which is the municipality of Loppersum.

The companies and organization that are according to Zuidema (2017) 'first in line' to initiate an energy storage initiative are big energy companies and network administrators. In this case the involved network administrators are TenneT, because of regulation services that are linked to them; and Enexis, which is the regional network operator that distribute electricity (and gas) and also own the underground electrical infrastructure in the province of Groningen. The energy producer(s) needs to be involved as well. In this case, those inhabitants that have solar PV panels on their roofs are the energy producers. Finally, the companies providing the energy storage technique and energy management systems should be involved because of the contextual nature of the issue, which calls for a tailor-made solution.

While there could arguably be more actors or stakeholders involved, the above mentioned stakeholders and actors are the first in line when it comes to an energy initiative and are showcased in figure 7 below. To summarize: the province of Groningen, the municipality of Loppersum, Enexis, TenneT, the inhabitants that produce sustainable energy through PV panels, and the companies that provide the energy storage technique and energy management system, should be involved in this particular energy storage initiative.

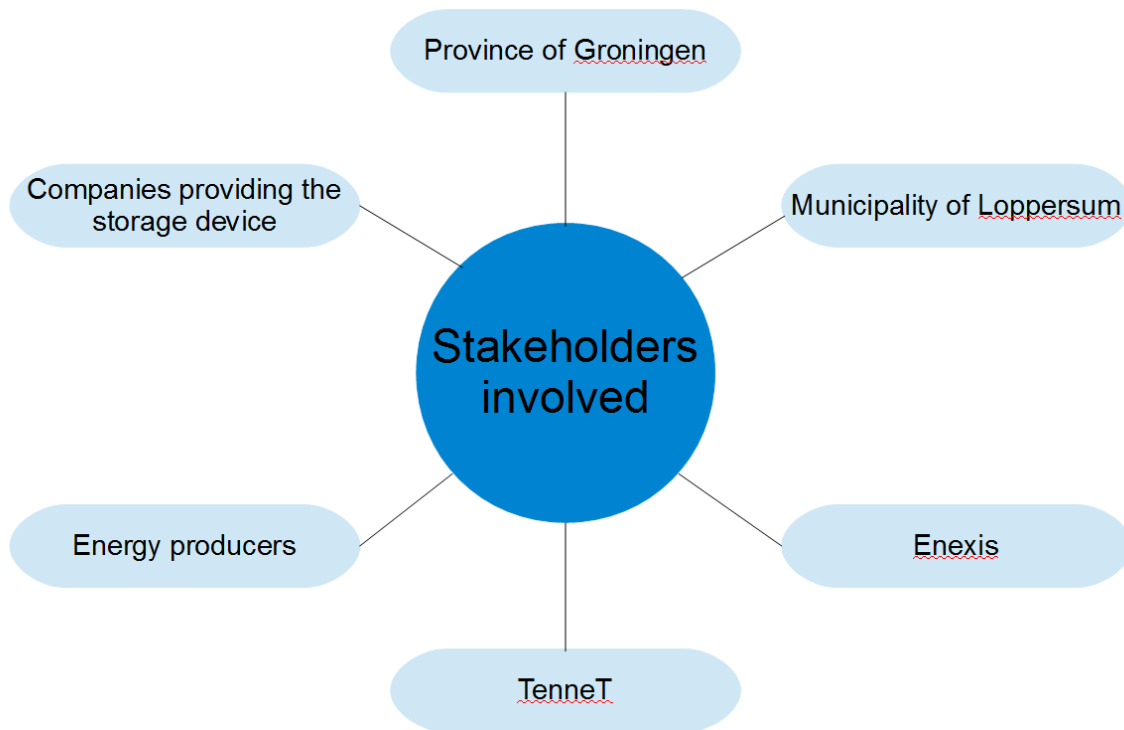


Figure 7: Stakeholders that should be involved in the project for an energy storage device in Loppersum. Source: Author.

Chapter 8 – Discussion and main findings

The aim of this study has been to search for opportunities in general for the storage of renewable energy for a specific context and an optimized opportunity for the province of Groningen in specific, for the near future. To do so, five different energy storage techniques have first been identified and then analyzed on the basis of seven criteria by means of a multi-criteria analysis. To answer the central research question; the multi-criteria analysis has shown that there are three possibilities for energy storage in the province of Groningen in general, with two being close contenders for the specific services that the technique has to provide to generate the highest value and thus most likely have a better business case. According to the MCA, there are three possibilities: the Li-ion battery, the lead-acid battery, and water electrolysis. The Li-ion battery has been favored over water electrolysis because of lower costs, higher efficiency and a greater certainty in the amount of cycles and costs. It has been determined that the Li-ion battery is the best optimized choice for an energy storage project, the next step has been to determine a suited location based on the requirements in the business case and a link to a problem concerning fluctuating electricity generation. The determined location is the town of Loppersum, due to the high amount of PV panels that generate renewable electricity and the accompanied problems. The Li-ion battery in Loppersum needs a capacity of 10.5MWh to prevent the PV panel converters to shut off due to overcapacity. Its function is to provide regulation services, contingency reserve services and load shifting services. The estimated price of the technique conform the requirements calculated in box 2 (section 7.4) for the town Loppersum is € 4.2 million.

8.1 - Answering the first sub-question

To answer the first sub-question of what factors play an important role in the context of energy storage in the province of Groningen: shortly said the important factors are the type of energy storage, the location, its function, its capacity, and the price. Some factors, like function and capacity, are of course linked to the criteria of the MCA. Price is linked to the technique, and probably location as well since ground prices can vary significantly; and location is linked to all factors due to the contextual nature of the problem. All these factors link back to the theoretical framework of this study. The contextual nature of the planning issue has been established using the framework for planning-oriented action. With the help of the framework it has also been established that there are multiple objectives involved in the planning issue. Due to the multiple objectives involved, there also have to be multiple factors that play a role in the context of energy storage. If this was not the case, either the interpretation of the planning issue would have been done wrong or the used theoretical framework would not suffice for researching this topic. For example, if the framework for planning-oriented action characterizes the planning issue as one which incorporates multiple objectives, yet our analysis showed that only costs matter then there would have been a misinterpretation in identifying the planning issue. However, it has been showcased that the context is of importance, due to the spatial aspect of some energy storage techniques, the weather, a link to a problem, and infrastructure of renewable energy sources; which also includes the factor location, since context is inherently tied to location. The type of energy storage, its function, its capacity, and price are all connected to the business case, which has been established as an important aspect in the conceptual model. Not only are these connected to the business case, they are also interconnected as they influence each other and eventually the business case as well. Therefore these five factors all play an important role in energy storage initiatives in the province of Groningen. Though these factors may also prove important in other areas, likely areas with similar characteristics, it is not guaranteed that these factors are always important factors in each case.

8.2 - Answering the second sub-question

The second sub-question of who are involved in an energy storage initiative cannot be specifically answered because of the contextual nature of the matter, which also characterizes a multitude of stakeholders involved according to the framework of planning-oriented action in chapter three. It ultimately means that actors and stakeholders can e.g. differ per geographical location, objectives, and solutions. However, some actors and stakeholders can be identified as generally involved with energy storage initiatives. These stakeholders and actors are: the regional and local government, TenneT in case of regulation services, the regional network administrator(s), the energy producer(s), companies involved with the energy storage technique of choice and the energy management system. The involvement of inhabitants is somewhat of a difficult matter. If inhabitants are the ones producing the sustainable energy that needs to be stored, they are the energy producers and thus should be involved in the planning process. However if the inhabitants are not the energy producers, it becomes situational. For example, inhabitants in close proximity of the storage device should be involved because the energy storage device has an impact on the area. However, as Van der Veen (2017) mentions: *'... the subject [of energy storage] has less meaning amongst citizens.'* (p.1). It suggests that most citizens do not really concern themselves with energy storage (yet). As a consequence, including citizens who basically do not care that much about energy storage into the project could cause unnecessary complexity. In turn, this could result in a mismatch in the configuration of effectiveness and efficiency as explained in the theoretical framework of this study, resulting in a sub-optimal planning process. This could mean that it is not wise to include too many stakeholders in an energy storage project. As mentioned before, some of the actors involved depend on the context. Some are dependent on the energy technique and the services the technique provides, like the involvement of TenneT due to regulation services, which probably do not have to be included if regulation services were not provided; and is therefore also tied to the businesscase.

8.3 - Answering the third sub-question

As stated in the theoretical framework, choosing an approach that does not allow for certain characteristics of the planning issue as described in the framework for planning-oriented action, would result in negative consequences for effectiveness and/or efficiency. Therefore, for planning to contribute effectively and efficiently for implementing forms of energy storage for sustainable energy, a planning approach has to be chosen that allows and takes into account the characteristics of the planning issue. This way the focus on the objective(s) and interaction can be optimized which will result in positive consequences for planning against the issue. The framework for planning-oriented action has showcased that with a multitude of objectives and stakeholders, the planning issue becomes increasingly complex and can be dealt better with if an approach is used that can deal with those characteristics. With the increasing complexity, the focus shifts towards the context instead of just one part of the problem. The first sub-question has concluded that there are indeed multiple factors involved which are important and correspond with a multitude of objectives that have an important role in the planning issue. The second sub-question has concluded that a multitude of stakeholders can be identified in the planning issue, which means that the framework for planning-oriented action can be used for guidance in search for a planning approach in energy storage planning issues. Since the framework of planning-oriented action corresponds with the concluded multitude of objectives and stakeholders involved in sub-question one and two, and therefore increased complexity of the issue and focus on the context; it can be assumed that therefore the statement of negative consequences for effectiveness and/or efficiency holds true for the planning issue in this study. Thus, how planning can contribute to effectively and efficiently implement forms of energy storage for sustainable energy is to use a planning approach that allows for the characteristics of the planning issue. If multiple objectives and stakeholders are involved then one centralized bureaucracy with a blueprint planning approach will decrease effectiveness and efficiency of the plan. In this specific case, the multitude of objectives and stakeholders involved as well as the complexity and focus on the context call for a planning approach that can deal with these characteristics. Therefore, the area-oriented approach has been

chosen, because it can deal with a multitude of objectives and stakeholders which allows for a context-specific solution. Doing so should not cause a mismatch in configuration between objective and intersubjective as explained in section 3.1, and therefore has no negative consequences for effectiveness and/or efficiency of the plan.

8.4 - Answering the central research question

The central research question in this study has been: What are opportunities for energy storage of sustainable energy in the province of Groningen in the near future, using the framework for planning-oriented action? Chapter three in general and section 3.1 in specific have showcased that searching for opportunities becomes a process of optimization. The framework for planning-oriented action has showcased that a planning issue involving multiple objectives and stakeholders becomes a process of optimization, and thus a searching for opportunities is a process involving multiple objectives and stakeholders. In this regard, sub-question one and two have showcased that the planning of energy storage involves multiple objectives and stakeholders respectively. Thus an approach to search for opportunities fits with the planning issue. With the MCA as a tool to compare the five different energy storage techniques: water electrolysis, PSH, CAES, lead-acid battery, and Li-ion battery; it has become clear that PSH and CAES are poor choices to install in the province of Groningen. This is largely due to spatial requirements which are hard to fulfil in the province of Groningen, and a mismatch between the preferred services for the business case and performances of the two techniques for the respective criteria. This leaves water electrolysis, lead-acid battery, and Li-ion battery as opportunities for the province of Groningen. The context ultimately decides which of the three would be an optimal choice, which in this case is the Li-ion battery.

8.5 - Critical reflection of this study

During this research some choices have been made that knowingly or unknowingly have had consequences for the outcome of the study. Some choices were a result of limited time or sometimes limited resources, which have an impact on the produced outcomes.

Firstly, although the Li-ion battery has been established as the optimal choice for the town of Loppersum, there are multiple other energy storage techniques that have not been included into this study. Consequently, it cannot be excluded that those techniques could also be a possibility or even a better choice than the Li-ion battery. Moreover, whilst the criteria for the MCA have been carefully chosen based on literature and their importance for a business case, these criteria limit the outcome as well. The seven criteria used in this study are important for the services they can perform and the business case which comprises these services. However, a different issue, goal or situation might call for other criteria than those used in this study, which is likely given the contextual nature that is associated with the issue. In other words, adding or subtracting one criteria might give a different outcome in the MCA.

Secondly, due to a lack of stakeholders directly included in the weighting of the MCA as is typically done, the weighing has been done without the process of stakeholders directly discussing what criterion should weigh more or less than another. Instead, the weighting is based on literature and suggestions in interviews, the latter could be seen as indirect inclusion of stakeholders. However, this might have made the process somewhat arbitrarily. As a consequence, the validation of the criteria in the MCA might be less. It would have been better if, for example, a focus group was conducted in which the results of the performance matrix and analysis of Groningen were critically discussed to weight the performance matrix.

Thirdly, the conducted interviews were fixed on energy storage techniques and not so much their connection to the grid. As mentioned in chapter three, there is not much information available on how the grid is managed. The expert interviews could have shed some light on this matter or perhaps an explanation on why there is little information

available. An improvement would have been to include a question about managing the grid and its connection to energy storage, which would also be an interesting question for further research.

Fourthly, although required information from the expert interviews as stated in the methodology has been gathered, a key player in the electricity grid and identified as generally involved as a stakeholder is TenneT, who would have been interesting to interview. Not only would additional information and their opinion on energy storage with the emphasis on regulation services be of value; they could also help elucidate the above stated matter as they are the TSO (Transmission System Operator) of the high voltage grid.

Lastly, with the issue being contextual, it limits the possibilities for generalization of findings due to the case study approach. In other words, it is not guaranteed that the project proposal as stated in this study would work elsewhere in the Netherlands or even elsewhere in the province of Groningen. However, there are some findings in this study regarding the strategy and research approach that can be generalized, which will be discussed below.

8.6 - Main findings

Firstly, by using the framework for planning-oriented action, it has been established that the planning issue consist of multiple objective goals, and that an approach to search for opportunities fits that characteristic. The stakeholder analysis has shown that multiple stakeholders are generally involved with the planning issue. Consequently, the framework for planning-oriented action guides us towards a planning approach that focusses more on the process than on the objective. Additionally, the framework indicates a shift towards the context and an increase in the complexity involved due to the multiple objectives and multitude of stakeholders.

Secondly, it has already been mentioned in chapter three that a MCA has been widely used in energy policy contexts and energy management. This study has confirmed the statement above and has also established that a MCA can be used in the context of energy storage in specific, due to the multiple objectives involved in the planning issue that cannot always be expressed in one unit of measurement.

Thirdly, next to establishing an optimized solution for energy storage in the province of Groningen, this study has found that large scale energy storage in the province of Groningen would not be viable currently. Literature suggest that large-scale energy storage would become viable only after a 30% penetration of renewable energy sources that are prone to fluctuation. Groningen as a province has not yet reached this number, with 2015 having a 15.6% penetration of renewables including a large amount of biomass, which causes little fluctuation. Additionally, the spatial requirements for the studied large-scale energy storage techniques PSH and CAES pose problems with regards to costs, permits and potentially public support. Consequently making them a poor choice for energy storage in the province of Groningen. Therefore also limiting the possibilities for large scale energy storage in the province of Groningen in general.

Fourthly, an important finding that can be generalized for the Netherlands as a whole and possibly internationally is that the business case of an energy storage project can be made conclusive, contrary to what most literature write; and that it currently consists of providing multiple services. The exact services and in which order however cannot be generalized, because of the contextual nature of the planning issue. This in itself means that the business case always has to be linked to the specific context where the issue takes place. Additionally, while it has been shown that one energy storage technique would suit this specific context better, the technique did not excel on all criteria. This, plus the finding that the business case always has to be linked to the specific context where the issue takes place suggest that there is no 'one size fits all' energy storage technique or 'super innovation' that can be implemented without a doubt because of its superior performance. Therefore the issue remains contextual, and different energy storage techniques would fit better in different contexts as a result of their differing performances. What this means

in general is that an area-specific approach is needed to establish an energy storage technique that suits the area. Such an approach has been used for the province of Groningen in specific which concluded that a Li-ion battery in the town Loppersum as an optimized solution.

Lastly, with respect to certain criteria, this study has shown that literature alone is not enough to base a MCA on and that literature of a few years old can already be outdated. In some of the literature of just a few years old there was a significant difference in data on performance of certain energy storage techniques. Especially the costs of certain techniques have changed significantly in just a few years, which could have changed the outcome of the MCA. This confirms that research and developments in the field of energy storage is quick, and caution has taken with choosing literature to do research on the topic.

8.7 - Contributions to planning theory and planning practice

Throughout the study it has become clear that energy storage is a relative new subject, and little projects have been done so far in the Netherlands and especially the province of Groningen. Therefore the framework of planning-oriented action has been used to help point towards a planning approach that could be used for the planning issue. As a result it has been established that the multiple objectives and stakeholders associated with the planning issue, together with the contextual nature, make it a complex issue. To avoid negative consequences for planning in effectiveness and efficiency, an appropriate planning approach should be taken. In this case the area-oriented approach has been used, though the contextual nature could require a different approach in another situation. It means that planners have to be careful with the approach used in practice, since the contextual nature and the complexity involved could require a differing approach in different situations. Furthermore, the conclusion that there currently is no super innovation that fits every situation creates room for research on what planning approaches can help deliver satisfying results for this planning issue. It shows that planning theory also extends into the field of energy storage projects.

For planning in particular, this study has shown that the MCA can be an useful tool for comparison between multiple techniques or options that are not similar in design, yet can be compared based on a set of criteria that link to one, or a set of services the technique or option can provide. This study has also shown that the MCA can be useful for planning issues that involve multiple objectives and stakeholders, have a contextual nature and are complex. It suggests that the MCA can also be useful for planning issues that have similar characteristics in other fields.

Lastly, this study has shown opportunities and barriers for energy storage in the province of Groningen. These should be taken into account in future energy storage projects, which can help avoid some problems in the planning process. Additionally, this study has provided a summary and in some cases an update of available information of the five researched energy storage techniques: PSH, CAES, water electrolysis, Li-ion battery, and lead-acid battery.

8.8 - Recommendations for further research

Just like Ummels et al. (2008) recommended a similar research to their own to see what has changed and which findings still hold true, which is somewhat what this study has done, it is recommended that a similar research to this study will be done in the near future. Throughout this study it has become clear that developments in the field of energy storage are rapid, and some literature used has already proven to be outdated. To prevent such a thing, similar research should be done in the near future. Taking the price of Li-ion batteries as an example, which have changed significantly in the time of six years, it is recommended that similar research is done in an even shorter timespan to prevent such gaps in literature. Furthermore, this study has searched for opportunities in energy storage in the province of Groningen. Firstly, it is recommended that a similar study is done on a larger, for example national scale. Though that might be against the contextual nature of the issue as concluded in this study, it might prove

important to find out if the main findings that can be generalized as found in this study hold true on a larger scale. Secondly, it is interesting to see what similar research in other provinces of the Netherlands concludes in regards to possibilities for energy storage. Third and lastly, this study has mostly focused on what is possible regarding energy storage and how to optimize between the chosen criteria to give an optimal result; linked to a problem in an area caused by fluctuations in renewable energy generation. Those who are 'first in line' to initiate such a project are according to Zuidema (2017) the big energy companies and network distributors. However, Zuidema (2017) has also hinted that in the future those who are first in line will change, and thinks that it will change towards companies that generate renewable electricity. It is very interesting to explore how such a business case would look like for such companies and what the possibilities for energy storage in such a business environment are.

References

- Aalst, J.W. van (2017). *Imergis kaarten: Gemeenten, Provincies, Regio's (2017)*. Retrieved on 06-10-2017 from: <http://www.imergis.nl/asp/44regios.asp>
- Allmendinger, P. (2009). *Planning theory*. 2nd edition. London: Palgrave.
- Aurelius (2015). *De aanwezigheid van bergen in de provincie Groningen*. Retrieved on 02-06-2017 from: <http://reizen-en-recreatie.infonu.nl/binnenland/157242-de-aanwezigheid-van-bergen-in-de-provincie-groningen.html>
- Boer, J. de & Zuidema, C. (2015). Towards an integrated energy landscape. *Urban Design and Planning*, 168(5), 231-240.
- Bowen, G.A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Brain, M., Bryant, C. W., Pumphrey, C. (2000). *How batteries work*. Retrieved on 14-03-2017 from: <http://skol.ca/wp-content/uploads/2012/09/battery.pdf>
- Buchholz, T., Rametsteiner, E., Volk, T.A., Luzadis, V.A. (2009). Multi criteria analysis for bioenergy systems assessments. *Energy Policy*, 37, 484-495.
- Centraal bureau voor de statistiek (2015). *Elektriciteitsverbruik 16 keer hoger dan in 1950*. Retrieved on 13-02-2017 from: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2015/07/elektriciteitsverbruik-16-keer-hoger-dan-in-1950>
- Centraal bureau voor de statistiek (2016a). *Hernieuwbare energie in Nederland*. Retrieved on 13-02-2017 from: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2016/39/hernieuwbare-energie-in-nederland>
- Centraal bureau voor de statistiek (2016b). *CBS: 'Nederland scoort niet goed op klimaatbescherming en hernieuwbare energie'*. Retrieved on 14-02-2017 from: <http://www.fluxenergie.nl/cbs-nederland-scoort-goed-op-klimaatbescherming-en-hernieuwbare-energie/>
- Centraal bureau voor de statistiek (2016c). *NEV 2016 laat zien: doel hernieuwbare energie in zicht*. Retrieved on 14-02-2017 from: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/41/nev-2016-laat-zien-doel-hernieuwbare-energie-in-zicht>
- Communities and local government (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*. West Yorkshire: Communities and Local Government Publications.
- Compendium voor de leefomgeving (CLO) (2017). *Windvermogen in Nederland, 1990-2016*. Retrieved on 13-11-2017 from: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0386-windvermogen-in-nederland>
- Crezee, B. (2016). Netbeheerder Tennet start zoektocht naar energieopslag. *Follow the Money*, 07-03-2016.
- Denscombe, M. (2014). *The good research guide for small-scale social research projects*. 5th edition. Berkshire: Open University Press.
- DOE (2016). *Global energy storage database*. Retrieved on 02-07-2017 from: <http://www.energystorageexchange.org/projects>
- Duit, A., & Galaz, V. (2008). Governance and complexity—emerging issues for governance theory. *Governance*, 21(3), 311-335.

Dunn, B., Kamath, H., Tarascon, J. (2011). Electrical Energy Storage for the grid: a battery of choices. *Science*, 334(6058), 928-935.

EIA (2016). *World total energy consumption by region and fuel*. Retrieved on 16-04-2017 from: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=2-IEO2016®ion=0-0&cases=Reference&start=2010&end=2040&f=Q&linechart=Reference-d021916a.3-2-IEO2016&sourcekey=0>

Eurostat (2015). *Europe 2020 strategy*. Retrieved on 13-01-2017 from: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/europe-2020-strategy>

Eurostat (2016). *Renewable energy statistics*. Retrieved on 14-02-2017 from: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics

Faludi, A. (2000). The performance of spatial planning. *Planning Practice & Research*, 15(4), 299-318.

Fingrid (2017). *Maintenance of power balance*. Retrieved on 16-04-2017 from: <http://www.fingrid.fi/en/powersystem/Power%20system%20management/Maintaining%20of%20balance%20between%20electricity%20consumption%20and%20production/Pages/default.aspx>

Gahleitner, G. (2013). Hydrogen from renewable electricity: An international review of power-to-gas pilot plants for stationary applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38, 2039-2061.

Geertsma, P. (2016). Er wordt te veel zonne-energie opgewekt in Groningen in 2016? *Technisch Werken*, 18-07-2016.

Gemeente Groningen (2015). *Groningen geeft Energie*. Retrieved on 13-08-2017 from: <https://gemeente.groningen.nl/groningen-geeft-energie>

Gerdes, J., Marbus, S., Boelhouwer, M. (2016). *Energietrends 2016*. Report 4. S.I. ECN, Energie-Nederland and Netbeheer Nederland.

Gerrits, L., Rauws, W., Roo, G. de (2012). Dutch spatial planning policies in transition. *Planning Theory & Practice*, 13(2), 336-341.

Geuss, M. (2017). Largest grid-tied lithium ion battery system deployed today in San Diego. *ARS Technica*, 24-02-2017.

Giampietro, M., Mayumi, K., Munda, G. (2006). Integrated assessment and energy analysis: Quality assurance in multi-criteria analysis of sustainability. *Energy*, 31, 59-86.

Healey, P. (1996). The communicative turn in planning theory and its implications for spatial strategy formation. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 23(2), 217-234.

IEA (2014). *Technology roadmap energy storage*. Paris: International Energy Agency (IEA).

IEA (2016). *International Energy Outlook 2016*. Report 7. Paris: International Energy Agency (IEA).

IPCC (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Report 4. New York: Cambridge University Press.

Ipsakis, D., Voutetakis, S., Seferlis, P., Stergiopoulos, F., Elmasides, C. (2009). Power management strategies for a stand-alone power system using renewable energy sources and hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, 7081-7095.

Kelder, R. (2016). Congestie elektriciteitsnet Groningen door zonnepanelen. *Energie Business*, 19-07-2016.

Khanacademy (2015). *The laws of thermodynamics: First and second laws of thermodynamics as they apply to biological systems*. Retrieved on 01-08-2017 from: <https://www.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/the-laws-of-thermodynamics/a/the-laws-of-thermodynamics>

Klimaatmonitor (2014). *Duurzame energieproductie per provincie naar energiebron in TJ*. Retrieved on 02-07-2017 from: <http://www.waarstaatjeprovincie.nl/Paginas/Milieu/Duurzame%20Energie.aspx>

KNMI (2016). *Augustus 2016*. Retrieved on 10-08-2016 from: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2016/augustus>

Knupfer, S.M., Hensley, R., Hertzke, P., Schaufuss, P., Laverty, N., Kramer, N. (2017). *Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability*. S.l.: McKinsey&Company.

Kothari, C.R. (2004). *Research methodology: methods and techniques*. 2nd edition. New Delhi: New Age International (P) Limited Publishers.

Kowalski, K., Stagl, S., Madlener, R., Omann, I. (2009). Sustainable energy futures: Methodological challenges in combining scenarios and participatory multi-criteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 197, 1063-1074.

Lahdelma, R., Salminen, P., Hokkanen, J. (2000). Using multicriteria methods in environmental planning and management. *Environmental management*, 26(6), 595-605.

Lund, H. & Salgi, G. (2009). The role of compressed air energy storage (CAES) in future sustainable energy systems. *Energy Conversion and Management*, 50, 1172-1179.

Luo, X., Wang, J., Dooner, M., Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied Energy*, 137, 511-536.

Madlener, R., Kowalski, K., Stagl, S. (2007). New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: The case of renewable energy use in Austria. *Energy Policy*, 35, 6060-6074.

Manthiram, A. (2016). Electrical energy storage: materials, challenges and prospects. *MRS Bulletin*, 41(8), 624-631.

Meissner, E. & Richter, G. (2003). Battery monitoring and electrical energy management precondition for future vehicle electric power systems. *Journal of Power Sources*, 116, 79-98.

Milieu centraal (2016). *Gemiddeld energieverbruik*. Retrieved on 10-08-2017 from: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energie-rekening/gemiddeld-energieverbruik/>

MOL-Logistics (2017). *Afmetingen containers*. Retrieved on 02-07-2017 from: <http://mol-logistics.nl/academy/afmetingen-containers/>

Moseley, P.T. & Garcke, J. (2014). *Electrochemical energy storage for renewable sources and grid balancing*. Amsterdam: Elsevier.

NOS (2016). Te veel zonnepanelen in Groningen. *NOS*, 18-07-2016.

NREL (2010). *The role of energy storage with renewable electricity generation*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory (NREL).

O'Leary, Z. (2004). *The essential guide to doing research*. London: Sage Publications.

Ongkiehong, O. (2006). *Electricity grids: description of the state under the Dutch energy research program*. Report 2. s.l. SenterNovem EOS.

Poortinga, E. (2017). *Deskresearch en literatuuronderzoek: het verschil*. Retrieved on 01-05-2017 from: <http://www.studiemeesters.nl/studietips/verschil-tussen-deskresearch-literatuuronderzoek-theorie/>

Provincie Flevoland (2017). *Energie in Flevoland*. Retrieved on 21-10-2017 from: <https://www.flevoland.nl/wat-doen-we/energie>

Provincie Groningen (2015). *Energiemonitor provincie Groningen*. S.l. E&E Advies and Province of Groningen.

Provincie Groningen. (2017). *Duurzame energie*. Retrieved on 02-06-2017 from: <https://www.provinciegroningen.nl/actueel/dossiers/duurzame-energie/>

Rijksoverheid (2016). *Rijksoverheid stimuleert duurzame energie*. Retrieved on 14-02-2017 from: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/inhoud/meer-duurzame-energie-in-de-toekomst>

Roo, G. de (2003). *Environmental planning in the Netherlands, too good to be true*. Aldershot: Ashgate Publishing.

Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A., Booij, M., Verckens, J.P. (2011). *Methoden en Technieken voor onderzoek*. 5th edition. Amsterdam: Pearson Education Benelux.

Science in Action (2005). *How do batteries work?* Retrieved on 06-10-2017 from: <http://sxxz.blogspot.nl/2005/03/how-do-batteries-work.html>

Siderea (2017). *Instralingsdiagram Nederland*. Retrieved on 09-08-2017 from: <http://www.siderea.nl/zonne-energie/zonne-energie/instralingsdiagram.html>

Sluis, B. van (2016). Gronings stroomnet overbelast door teveel aan zonnepanelen. *Dagblad van het Noorden*, 18-07-2016.

Stadindex (2017). *Loppersum*. Retrieved on 31-08-2017 from: <https://www.stadindex.nl/loppersum>

Statline (2017). *Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen*. Retrieved on 03-06-2017 from: <http://statline.cbs.nl/statweb/publication/?dm=slnl&pa=82610ned>

Stokmans, D. & Logtenberg, H. (2017). Hoe één verroest draadje de halve Randstad platlegt. *Nieuwe Rotterdamse Courant (NRC)*, 07-07-2017.

Ummels, B.C., Pelgrum, E., Kling, W.L. (2008). Integration of large-scale wind power and use of energy storage in the Netherlands' electricity supply. *IET Renewable Power Generation*, 2(1), 34-46.

Verbong, G., Geels, F. (2007). The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960-2004). *Energy Policy*, 35, 1025-1037.

Yang, Z., Zhang, J., Kintner-Meyer, M.C.W., Lu, X., Choi, D., Lemmon, J.P., Liu, J. (2011). Electrochemical energy storage for green grid. *Chemical Reviews*, 111, 3577-3613.

Zakeri, B. & Syri, S. (2015). Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 569-596.

Zierse, M. (2016). Texel bewijst: subsidie voor zonnepanelen werkt. *Trouw*, 19-07-2016.

Zuidema, C. (2016). *Decentralization in environmental governance: A post-contingency approach*. Routledge: Abingdon.

Internet sites where the pictures for the front are from:

Houses with solar panels:
http://resources.mynewsdesk.com/image/upload/t_open_graph_image/eugmptfpob7jsiz6l1l0.jpg

Martinitoren: http://www.grunn.nl/fotoalbum/img/martinitoren_grote_markt_oude_tekening.gif

Neighborhood with solar panels: https://si.wsj.net/public/resources/images/EY-AA597_SOLAR_P_20131107193959.jpg

Energy storage containers: <http://aesenergystorage.com/wp-content/uploads/2017/02/SDGE-home-page-rotation-4.jpg>

The rest of the pictures are from freeclipart.com with free usage of the logo's under the Creative Commons license.

Appendix A – Interview guide

All the interviews have been conducted in Dutch, the questions and text below were translated from Dutch. Text in *italics* are the central questions asked in every interview. Questions below the central questions marked with a ‘-’ in front of the question are situational (depending on the answer that has been given by the interviewee).

Start the interview with an introduction of myself and the research I do for my master thesis (skip introduction if there is little time for the interview). Ask before and after the start of the recording if the full interview can be recorded and start with a small introduction to the first question.

There is a pressure to achieve the goals set by the government for sustainable energy, like 14% in 2020, 16% in 2023, and the province of Groningen even wants 21% sustainable energy in 2020 and completely sustainable in 2050.

How does energy storage fit in that picture? Is it something that's often mentioned in the debate or is it seen as something for later?

- If seen as something for later, can you expand on why it is seen that way?

In recent years more energy storage projects have been done or started, for example a battery on the neighborhood level, hydrogen storage by the province of Groningen and also very large projects like that of Eneco and Mitsubishi in Germany where they are building the largest battery in Europe.

Why do you think companies are investing in energy storage? Because as far as I know from literature, energy storage projects are not very profitable, if at all.

- Is there more or less a political pressure to invest in it?
- Do you think that it has something to do with the companies 'image' as a reason to tolerate such monetary losses?

Who eventually takes the decision to start such an energy storage project?

Could you explain more about how the project is formed in the planning process?

- Does the public get involved? Why or why not?
- What gets most attention during the area-analysis?
- How is the technique of energy storage chosen? Are there specific reasons to choose a specific technique?

Are there often problems during such a project? And if so, can you name an example?

At the moment, it is to my knowledge still unknown who should take the initiative for an energy storage project. There are several reasons for multiple parties to be the one that should take the initiative. For example, TenneT owns the national grid and energy storage has a positive impact on the grid; owners of sustainable energy sources because energy storage allows them to store energy that would otherwise be wasted and thus increase revenues; regional grid operators because energy storage would allow them to make profits by buying low and selling during peak demand; the government because energy storage can help reach the goals for sustainable energy faster if they could store electricity made during off-peak hours and use it when demand rises, so less fossil fuels have to be used.

What is your opinion on this?

- Can you elaborate on why you choose that/those sector(s)/organization(s)?

How do you see energy storage in the future?

What do you think should change to, at least, bring more attention to energy storage?

Close off the interview and explain that the interviewee has the right to, at any moment, declare a statement in the interview or the entire interview invalid. Lastly, offer a copy of the finished product.

Appendix B – Interview transcripts

Below are the written interviews of the five interviewed experts in this study, in alphabetical order: Abbink, J.; Kok, M.; Pondes, A.; Veen, I. van der; Zuidema, C.

Interview met Johan Abbink, werkzaam als Sales Manager Utiliteit & Industrie bij Eaton. Gehouden op 10 juli 2017 via de telefoon.

- *Schuingedrukte teksten representeren de gesproken teksten van de interviewer*
- ***Dik- en schuingedrukte teksten zijn specifiek de vragen die zijn gesteld in het interview***
- Teksten zonder opmaak representeren de gesproken teksten van de geïnterviewde.

Volgens mij hadden we de vragen al een beetje doorgenomen de vorige keer.

Nou om eerlijk te wezen weet ik het niet meer precies, ik weet dat het gaat over de mogelijkheden voor energieopslag of iets dergelijks in de provincie Groningen. Dat is ongeveer het enige wat mij nog bijstaat.

*Ok, ok. Ja dat is helemaal correct inderdaad. Ik heb een aantal vragen over hoe energieopslag nou een beetje in de markt staat. Hoe dat nou gaat om zo iets op te zetten en meer een persoonlijke vraag van hoe jij de toekomst voor je ziet van energieopslag. Daarbij allereerst is de vraag dat met name het rijk wil heel veel percentages behalen gezien duurzame energie. Bijvoorbeeld 14% in 2020, 16% in 2023. **Kun je een beetje aangeven hoe energieopslag in dat hele plaatje staat? Kun je vanuit de markt bijvoorbeeld merken dat mensen er interesse in hebben of is het iets dat je toch meer moet verkopen, waar mensen niet heel veel van af weten om zo maar te zeggen?***

Je stelt nu een paar vragen tegelijk, dat geeft niks. Mensen weten er weinig vanaf, dat valt mij op. Maar mensen zijn er bijzonder nieuwsgierig naar. Om eerlijk te wezen, er ontstaan heel veel vragen vanuit de markt over energieopslag. Er komen op dit moment veel vragen op ons af over energieopslag omdat het een hot topic is bij veel mensen. Veel mensen zijn er mee bezig. Zonder het precies te doorgronden. Veel mensen hebben de klok wel horen luiden maar weten niet waar de klepel hangt. Ze weten er niets van af, maar zijn er erg nieuwsgierig naar. Dus in dat opzicht hoeven wij er bijna niet op uit om verhalen over dit onderwerp te vertellen maar wij worden veel benaderd, er komt veel voorbij. Je ziet ook dat veel bedrijfjes opduiken in de sfeer van adviesbureaus. Iedereen denkt dit is een nieuw fenomeen, daar ga ik mij mee bezig houden. Allerlei lieden die erop duiken, dat zie ik.

Dat wordt ook in verband gebracht met overheidsdoelstellen, daar begon jij mee, daar introduceerde je de vraag mee. Daar wordt het inderdaad mee in verband gebracht. Dus mensen hebben interesse om energie op te slaan voor eigen gebruik, mensen begrijpen dat als de zon schijnt de energie die dan gemaakt wordt niet op dat moment volledig gebruikt kan worden. Dat weten mensen omdat particulieren inmiddels ervaring hebben opgedaan met zonnepanelen. Ze hebben ze thuis of op de caravan, of de buurman, iedereen kent wel mensen met zonnepanelen. Iedereen kent het fenomeen dat de zon schijnt terwijl je de energie niet nodig hebt of dat de wind waait en je de energie niet nodig hebt. Dus iedereen kan wel snel begrijpen dat het handig kan zijn om die energie te bewaren voor een moment dat je het wel kan gebruiken. Dat basisprincipe dat begrijpt bijna iedereen die er naar vraagt. Het is wel heel erg basic, maar dat doet wel de nieuwsgierigheid aanwakkeren; net zoals er een behoorlijke nieuwsgierigheid was 5, 8, 10, 12 en 15 jaar geleden over hoe werkt het nou met zonne-energie. Zijn die panelen betrouwbaar? Is het rendabel? Noem maar op. Dat was toen zegmaar dat mensen interesse begonnen te ontwikkelen (voor zonnepanelen). Nu zie je datzelfde maar in een versnelt tempo, het heeft de karakteristieken van een hype wat mij betreft.

Oke, oke. Aan het begin zei je ook dat jullie veel vragen erover op je afkrijgen. Kun je een paar voorbeelden geven wat mensen zoal vragen?

Die vragen lopen uiteen, van mensen met de basiskennis die ik net als voorbeeld noemde tot mensen die zich er al wat verder in verdiept hebben. Dan zie je met name dat de mensen die zich er wat verder in verdiepen, dat zijn met name mensen die kennis verkopen. Die dus zelf, vroeg, meer willen weten om die kennis vervolgens als consultant of adviseur weer in te zetten. Je ziet met name dat adviesbureaus of kleine specialistische bedrijven erg nieuwsgierig zijn om er meer van te gaan weten. Ook bedrijven die bezig zijn met duurzaam bouwen, met BREEAM certificeringen wat ook te maken heeft met energieneutraal zijn. De overheid heeft aangegeven dat al haar gebouwen binnen een X periode een bepaald energielabel moet behalen, op een bepaald level. Er ontstaat iets waardoor allerlei lieden er meer van willen weten om te kijken of energieopslag de missing link is. Ik heb ook presentaties gezien en heb zelf ook wel zo'n presentatie van 'hé dit is de heilige graal of de missing link', want er wordt gezegd: Energieopslag brengt balans tussen vraag en aanbod. Dus in wezen de missing link om vraag te matchen met aanbod. Ik heb nog niet zo lang geleden tijdens een event de CEO van TenneT ontmoet, TenneT dat is de beheerder van de hoogspanningsnetten van Nederland. Hij zegt, TenneT zet zwaar in op een grote hoeveelheid energiestorage omdat we zien dat er steeds meer onbalans in onze netten ontstaat. Dat is niet hetzelfde belang als de consument die denkt 'nou weetje als ik nou eigen stroom maak met zonnepaneeltjes en sla het ook zelf op dan ben ik mooi zelfredzaam'. Dat is een heel andere driver dan bijvoorbeeld TenneT die zegt van ja ons netwerk moet stabiel blijven, dat is een publiek belang, een algemeen belang, terwijl de consument die kijkt naar persoonlijk belang.

Ja, ik kan me dan voorstellen dat consumenten meer geld willen besparen; nouja, in een zin wil TenneT dat ook dan wel maar dat TenneT het meer doet om grote ingrepen in het net uit te stellen. Die er anders zouden moeten zijn.

Ja, maar los van grote ingrepen in het net heeft TenneT, en dat is een derde belanghebbende. Je hebt de consument, die wil eigenlijk zelfredzaam zijn, die wil eigenlijk zichzelf kunnen redden. TenneT die beheert de hoogspanningsnetten in Nederland, dat zijn die bovengrondse netten, die masten die je naar Groningen toe in de weilanden ziet staan. TenneT heeft een verantwoordelijkheid en een belang dat die netten stabiel blijven. Dat er altijd precies dezelfde stroom uit het stopcontact komt en dat behoren zij te regelen. Dat lukt prima als er een balans is tussen vraag en aanbod, maar als die balans, het aanbod meer gaat variëren of het aanbod en de vraag meer gaan variëren dan ontstaat er minder balans. Dat is de belangrijkste uitdaging van TenneT, om dat te matchen. Daarvoor willen ze een bepaalde hoeveelheid.. (Gesprek valt weg).

(Hervatting van gesprek) TenneT heeft dus belang bij balans tussen vraag en aanbod, dat is hun belang. Daarnaast is er nog een derde belanghebbende, dat zijn de zogenaamde netwerkbedrijven. Dat zijn eigenlijk de bedrijven die beheren de ondergrondse infrastructuur, dat zijn de kabels die door de straat lopen en door de weilanden lopen maar dan ondergronds. Zegmaar in de provincie Groningen zie je die hoogspanningsleidingen bovengronds, die ziet iedereen. Wat onder de grond zit, dat ziet niemand maar geloof me, er loopt een heel netwerk aan kabels. Tot elk huisje waar een lampje brandt zitten kabels die verbinden die hoogspanningsleidingen met dat huisje waar dat lampje brandt. Nou die ondergrondse kabels, omdat Nederland steeds voller raakt, steeds meer huizen worden gebouwd etc. loopt die infrastructuur vol, dat is net als met snelwegen die zie je ook vollopen. Dat kabelnetwerk ondergronds begint ook vol te lopen. Dus dan kan een netwerkbedrijf, zoals bijvoorbeeld in Groningen heet dat netwerkbedrijf Enexis. Die hebben daar zo'n kantoor volgens mij in de buurt van het stadion van FC Groningen, die beheren die ondergrondse kabels. Dat netwerkbedrijf kan dan besluiten het aantal netwerkkabels te verdubbelen, die kan asfalteren zegmaar. Maar je kan ook op de snelweg spitsheffing doen ofzo, de bestaande wegen slimmer te gebruiken door op sommige momenten mensen te motiveren niet de weg op te gaan. Dan gebruik je dezelfde wegen maar je voorkomt dat iedereen tegelijk op die weg zit. Een soortgelijk systeem zien Enexis en dat soort bedrijven mogelijkheden met energy storage. Door te zeggen van 'goh als de consument of de woonwijk waar de consument

woont nou even veel stroom maakt als het een dag mooi zonnig is en ze bewaren dat tot de avond, dan kunnen ze allemaal bbq'en of iets dergelijks, elektrisch, dan wordt mijn kabelnetwerk nauwelijks belast want dan sla ik de energie op dicht bij het punt waar het gemaakt wordt. Dan heb ik dat kabelnetwerk minder nodig en kan ik dat kabelnetwerk langer gebruiken zonder dat ik het hoeft te vervangen of te verzwaren.' Nou dat is de derde partij die belang heeft, die een businesscase ziet in energy storage. En zo zijn er nog wel een aantal partijen of een aantal dingen te bedenken. Je kan ook zeggen 'weetje ik heb normaal een noodstroom aggregaat met een dieselmotor erop en als mijn netspanning wegvalt, bijvoorbeeld het UMCG in Groningen heeft dat, die heeft vijf knoepers van motoren staan en als Groningen zonder stroom komt te zitten dan gaan die motoren aan en komt er zo'n grote rookpluim uit die schoorstenen'. Dat is niet heel erg milieuvriendelijk maar het ziekenhuis heeft stroom terwijl de rest van de stad donker is. Je kunt ook zeggen 'goh ik zet daar op het ziekenhuis een paar grote accu's neer, ik sla die energie op in accu's dan hoeft ik niet die ronkende dieselmotoren te starten. Dan komt er geen rook uit die schoorstenen maar dan gaat dat geruisloos'. Net zoals ik in mijn laptop een accu heb zitten, dat ding maakt ook geen lawaai. Ik kan dat gebruiken wanneer de stroom uitvalt in huis, dan kan ik nog lekker doorwerken op mijn laptop. Zo kan een ziekenhuis dat ook organiseren, die zien misschien een businesscase in noodstroomtoepassingen, dus als de netspanning wegvalt. Zo zie je dus, ik heb in vogelvlucht al vier argumenten genoemd waarom mensen interesse hebben in energieopslag. Dus heb ik jou inmiddels al wat nieuws verteld of zijn dit bekende fenomenen?

Ik heb inderdaad wel het één en ander gelezen in de literatuur over de verschillende toepassingen. Maar het is wel interessant om te horen hoe die verhoudingen dan staan. Want ik kan bijvoorbeeld geen informatie vinden over hoeveel belangstelling heeft TenneT nou bij energieopslag.

De CEO van TenneT heeft mij verteld dat ze over een X periode, het aantal jaren weet ik niet meer maar dat is wel ergens terug te vinden op het internet, dat de Nederlandse overheid als doel heeft gesteld om binnen een X periode 3% van het totaal in Nederland geïnstalleerde opwekkende vermogen, dus alle energiecentrales samen hebben een vermogen, kunnen een bepaalde hoeveelheid stroom maken. Nou 3% van dat totale vermogen willen ze in Nederland aan energy storage installeren. Die 3%, daarmee verwachten zei dat dat voldoet om vraag en aanbod in balans te houden. Dat is wat de CEO van TenneT mij vertelde.

Dat is wel interessant want in mijn gesprek met de provincie Groningen kreeg ik te horen dat ze eigenlijk geen kwantitatieve doelstellingen hebben voor energieopslag.

Nee dat begrijp ik maar ik heb gezegd dat verschillende organisaties er mee bezig zijn; de consument, een netwerkbedrijf, TenneT, bijv. een ziekenhuis of een ander bedrijf, en die hebben ieder een eigen motivatie en ieder een doelstelling die los van elkaar zijn. Kwalitatief of kwantitatief, maar die zijn niet gematched. Dus iedereen heeft zo zijn eigen motivatie om aan energy storage te denken, om plannen te ontwikkelen. Maar die doelstellingen zijn niet met elkaar opgelijnd. Dat wil zeggen, de provincie die heeft geen idee wat de motivatie is van TenneT en wat hun doelstellingen zijn. En TenneT die heeft geen belangstelling of is eigenlijk niet bezig met de provincie hierover in de weer te zijn. Ieder heeft zijn eigen motivatie. Hoe kan ik hier een metafoor bij bedenken, weetje 'Ik heb mijn eigen motivatie om mijn vrouw uit te leggen dat ik wel een cabrio wil hebben. Maar mijn buurman die bedenkt totaal andere argument om hetzelfde voor elkaar te krijgen.' Dus het is niet in lijn zegmaar, iedereen heeft zijn eigen dingen en dat is niet met elkaar in verband gebracht. Nou ga ik je daar straks wat meer over vertellen, over hoe je een businesscase voor energy storage sluitend krijgt. Want wij werken op dit moment opnieuw weer aan projecten waar energieopslag een rol speelt, we hebben net gisteren het getekende contract binnen gekregen voor de Amsterdam Arena. De businesscase is alleen sluitend te krijgen als je een aantal toepassingen met elkaar in verband brengt. Dus met alleen (opslag) op zich is de businesscase niet sluitend te krijgen en zijn de inkomsten dus op dit moment voor één toepassing onvoldoende om de investering te rechtvaardigen. Dus je moet altijd een aantal toepassingen met elkaar combineren en dat is de grap. Er zijn bedrijven of organisaties die zich toeleggen, die al behoorlijk kennis op

hebben gedaan over de verschillende toepassingen en die die verschillende toepassingen ook combineren en ook software schrijven om die verschillende bedrijfsvoeringen onderling te combineren en mogelijk te maken. Dat wil zeggen, vandaag gebruik ik mijn opslag om te verhuren aan TenneT en morgen gebruik ik hem voor mijzelf omdat ik bijvoorbeeld een evenement organiseer 'Toppers in de Arena'. Dan gebruik ik hem als reservebatterij, maar die evenementen zijn niet het hele jaar, die zijn maar een paar weken van het jaar. In die weken gebruik ik hem als reservebatterij, maar de rest van het jaar verhuur ik hem aan TenneT die hem kan gebruiken als stabilisatiebuffer. Om er energie in te stoppen wanneer het hun goed uit komt en om er energie aan te onttrekken als het hun goed uit komt. In de Arena wordt ook gewerkt aan een businesscase met meerder toepassingen en elke toepassing genereert een bepaalde inkomst of vertegenwoordigt een bepaalde waarde. Want als je hem als reservebatterij gebruikt; in de Arena waren ze gewoon om noodstroomaggregaten aan te laten rukken tijdens de Toppers, en dan moest Gerard Joling of weet ik veel hoe die kerel heet, vijftigduizend euro betalen voor de aggregaten die moeten worden gehuurd voor tijdens het concert. Zo meteen moet hij nog steeds vijftigduizend euro betalen, of veertigduizend, maar die aggregaten worden dan niet meer gehuurd. Dat kan de Arena dan in eigen zak steken want ze hebben daarvoor in die batterij geïnvesteerd. Dus hebben ze een gecombineerde businesscase, en dat is de enige mogelijkheid om energy storage economisch rendabel te krijgen.

*Ja dat was inderdaad ook mijn volgende vraag want vanuit de literatuur is er geen duidelijke businesscase aangegeven. Nou is de literatuur ook wel vaak een aantal jaren ouder, dus wat je nu zegt is dat er wel een businesscase is, en dat is het combineren van toepassingen. Waarin elke toepassing zijn eigen waarde voorstelt, bijvoorbeeld het opslaan, verhuren, misschien wel een back-up voor een ziekenhuis als die toevallig dichtbij is. **Dus zo wordt het dan rendabel?***

Zo kan je een businesscase sluitend krijgen.

Ok, ik weet dat je niet te veel over de projecten mag zeggen maar hoe wordt er uiteindelijk een besluit genomen om een energieopslag project te starten?

In de huidige situatie in Nederland zie je bijvoorbeeld voor particulieren dat een besluit wordt genomen door early adapter, dat zijn ook de mensen die vroeg in een tesla rijden. Mensen die uit status en image overwegingen hier mee bezig willen zijn. De businesscase maakt niet zoveel uit, die willen gewoon zo'n ding hebben want die willen ervaring opdoen, die willen op een verjaardagsfeestje kunnen vertellen 'ik heb energieopslag'. Dat is een bepaalde groep die het uit status doet of gewoon vroeg nieuwe gadgets willen hebben. Die ook het eerst een Iwatch etc. willen hebben, de early adapters.

En bedoel je hier alleen individuele consumenten mee of ook bedrijven?

Nou dat is de grap, er zijn ook bedrijven die graag het image hebben dat ze vroeg en volledig storten op duurzaamheid en dus ook uit imageoverwegingen dit soort beslissingen maken om zoiets te doen, strategisch. Je ziet bijvoorbeeld dat in het algemeen organisaties die veel geld kunnen besteden of hebben, die doen dit soort dingen. De groenteboer op de hoek die 20 uur per dag werkt die is niet bezig met zonne-energie of energieopslag. Maar bijvoorbeeld, ik weet niet of ze er mee bezig zijn, de ABN AMRO die zegmaar elk jaar miljarden winst maken of Shell, die kunnen het zich permitteren om te zeggen 'wij willen als organisatie dat doen, we willen aan de buitenwereld en onze aandeelhouders laten zien dat wij initiatiefrijk zijn en investeren in duurzaamheid en zaken ontwikkelen die te maken hebben met duurzaamheid. Dus wij willen zo'n project, een kantoorgebouw energieneutraal maken en daar zien we ook een toepassing in van energieopslag'. Dan heeft dat eigenlijk een soortgelijke motivatie, early adapter en status maar dan zijn het ineens niet meer consumenten maar grote organisaties die dat doen. Dus het speelt zeker een rol bij organisaties en bedrijven en consumenten. Dat past ook in mijn beleving bij de status waarin deze markt zich bevindt. Het is nog steeds zo dat het enorm moeilijk is om de businesscase rond te krijgen. Je moet heel slim

verschillende toepassingen combineren en daar ook een goed besturingssysteem voor bouwen om dat te kunnen doen, om het technisch mogelijk te maken. Maar er zijn ook mensen die zeggen 'dat komt later wel, ik koop gewoon zo'n ding. Dan is die maar niet rendabel, ik wil er gewoon ervaring mee opdoen'. Ja, dat zie je.

*Oké en dan is het dus meer het imago denk ik, dat als de businesscase niet sluitend is dan moet je andere motivaties hebben zoals het imago of omdat je zelf daarin gelooft dat groene energie zo belangrijk is. **Weet je ook hoe de planningsfase van zo'n project gaat, bijvoorbeeld hoe wordt berekend hoeveel Megawatt of Kilowatt iemand nodig heeft?***

Dat hangt af van de toepassing en dat hangt weer samen met de businesscase. Dus als mensen gedreven zijn door ideële doelstellingen, status of imago. Dan vinden mensen de businesscase minder belangrijk, dan willen ze gewoon zo'n ding hebben. Maar als mensen echt gaan rekenen, een businesscase sluitend willen krijgen, ja dan gaan ze sommen maken, dan gaan ze nadenken over de capaciteit; hoe zwaar is dat ding wat ik nodig heb, wat wil ik er mee kunnen. Want bijvoorbeeld TenneT die stelt eisen als zij een installatie willen gebruiken. Ik kan een installatie in mijn tuin zetten, in mijn tuinhuisje of op zolder. Dan kan ik die wekelijks via de APX aanbieden op de markt en kan TenneT die capaciteit huren van mij, dat is een businesscase. Maar om dat te kunnen doen stelt TenneT eisen aan de specificaties van die installatie. Dus als ik hem niet alleen als reservebatterij voor mijn eigen gebruik wil gebruiken maar ik die capaciteit ook wil verkopen voor het hele jaar of een deel van het jaar of een week per jaar aan TenneT. Dan zal die aan bepaalde eisen moeten voldoen. Dan moet die bijvoorbeeld in een kwartier volledig kunnen laden en ontladen en dat zegt iets over de omvormer van de storage unit, die moet een bepaalde capaciteit hebben zodat die snel kan laden en ontladen. Dus zo wordt, afhankelijk van de toepassing, de specificatie bepaald. De toepassing heeft dan vaak weer een relatie met de businesscase.

*Oke, dat is duidelijk. **Horen jullie ook veel problemen die voorkomen tijdens zo'n project, dan wel tijdens de implementatie of in de planning?***

Nou ik zal je vertellen, ik werk zelf dus aan het project in de Amsterdam Arena en wij zien dat het bepalen van de specificatie voor de storage unit een relatief klein kunstje is. De problemen die zich voordoen, en dat is mijn specialisme, dat is de inpassing van de storage unit in de bestaande elektrische infrastructuur. Dat is ook weer afhankelijk van de businesscase, hij moet ingepast worden en dan moet die ook nog op een bepaalde manier gaan werken. Dus er is een besturingssysteem nodig die tegen de batterij zegt wanneer die moet opladen en ontladen; een battery-management systeem. Dat gedeelte, dus de inpassing, en daar is een Engels woord voor: 'the balance of plant'. Dus hij wordt ingepast op een bepaalde 'plant' en daar moet die geïntegreerd worden en dan moet die op de goede manier bestuurd worden. Dat heeft eigenlijk niks te maken met de accu of omvormer, dus het heeft niets te maken met de storage unit. Het heeft te maken met het besturingssysteem dat ernaast komt en heeft te maken met de kabels; hoe knoop je het nou allemaal aan mekaar? Dat is net als in een huis, daar komt in de meterkast een heleboel draad uit. Dat moet je wel op de goeie manier met elkaar verknopen om het allemaal netjes te laten werken. Dus hoe knoop je het met kabels en draad allemaal met elkaar, hoe ga je het inpassen. Hoe ga je de zonnepanelen verbinden met de storage unit, hoe ga je de netaansluiting verbinden, hoe ga je de accu verbinden en hoe ga je regelen dat die accu op het goeie moment de goeie dingen doet, afhankelijk van z'n toepassing van dat moment. Vandaag gebruik ik hem als reserve accu, morgen verhuur ik hem aan TenneT. In beide situaties moet die accu verschillend werken. Ik heb deze week ook een gesprek gepland met iemand die gaat bij Schiphol een gigantisch zonnepark aanleggen en die overweegt, die is bezig met de businesscase, om daar energy storage aan toe te voegen. Je ziet ook vaak windparken die energy storage toevoegen dus je ziet allerlei mensen die bezig zijn met plannen. De capaciteit van zo'n accu bepalen is een koud kunstje maar de balance of plant, het inpassen van de accu op een bestaande locatie daar hebben heel weinig mensen voldoende kennis van, volgens mij.

Ja oke, daar komen dus de meeste problemen in voor?

Ja

En doet Eaton dat zelf dus? Dat inpassen?

Ja. Nou zeggen onze energie specialisten, ik ben er daar zelf ook één van, die houden zich daar mee bezig; met het ontwerpen van een goeie inpassing en het maken van een goeie besturing. Wij maken niet de software, dat zijn weer andere bedrijven die dat goed kunnen. Een bedrijf waar wij behoorlijk mee samenwerken is Jules Energy.

*Iedereen heeft eigenlijk wel een voordeel bij energieopslag als je erover nadenkt, wat je al zei, consumenten willen onafhankelijk zijn van het net, die willen het thuis opslaan. **TenneT die heeft zo zijn belang bij energieopslag en er zijn meerdere partijen die er belang bij hebben maar wie denk je dat eigenlijk het initiatief zou moeten nemen voor grootschalige energieopslag?***

Nou voor grootschalige energieopslag is heel simpel. Dan moet in mijn beleving de overheid het initiatief nemen. Ik denk altijd zo, waar het individu voordeel heeft moet het individu het initiatief nemen, waar een bedrijf of organisatie het voordeel nemen moet het bedrijf of organisatie het initiatief nemen; waar er collectief belang is, waar wij allemaal belang bij hebben moet de overheid het initiatief nemen. De vaarwegen, de kanalen, de rivieren, de dijken die we hebben om Nederland tegen het water te beschermen, daar neemt de overheid haar verantwoordelijk en het initiatief om dat in stand en in tact te houden. Een stabiele energievoorziening, daar hoort de overheid het initiatief te nemen om dat in stand te houden want de overheid is ook degene die de doelstelling neerzet 'wij willen zoveel energie duurzaam opwekken'. Door die duurzame opwekking ontstaat instabiliteit en dan moet de overheid ook het initiatief nemen om die instabiliteit te beheersen, terug te brengen.

Dan de laatste vraag is een persoonlijke eigenlijk, en dat is hoe je de toekomst van energieopslag voor je ziet? Of dan, hoe je denkt dat energieopslag een plek inneemt in de infrastructuur om zo maar te zeggen dan.

Ik denk dat het heel eenvoudig is in die zin. Kijk het Groningse gasveld raakt leeg over een aantal jaren, dat raakt op. Wat we gedaan hebben is dat we een aantal buffers in Groningen hebben gemaakt voor gasopslag. Zodat we het hele jaar gas kunnen aanleveren over water, via boten, LNG, via pijplijn uit Rusland of Oekraïne. Stoppen we het daar in de opslaglocaties om het te bewaren voor de koudste winterdagen en hebben het dan nodig. Zo werkt het thuis ook, je weet dat je ook niet elke dag naar de winkel gaat om toiletpapier te kopen maar je gaat één keer in de week of in de maand en haal je dan een grote verpakking omdat je weet dat je het elke dag nodig hebt. Nou zo buffer je voor momenten, in onze cultuur zijn we ons dat gewend. In Afrika denken ze minder na over wat morgen komt, daar denken ze 'vandaag schijnt de zon, morgen zien we wel verder'. Wij hebben een planeconomie (planningseconomie), wij zitten ook als mensen zo in elkaar, dat we dus plannen. Dus ik denk dat energieopslag, ook voor elektrische energie, niet alleen voor gas maar ook elektrische energie en warmte energie. Dat het inderdaad een missing link is of een holy grail is voor het optimaal benutten van de energie. Vroeger maakte het dan niet veel uit of een auto 1 op 10 liep of 1 op 20 maar nu zeggen we dat we zuinig moeten zijn op benzine dus het is beter als die 1 op 20 loopt of 1 op 30, nog beter. We zijn er nu bewuster mee bezig met het goed gebruiken van energiebronnen en niet zomaar verkwisten ervan. Thuis draai je de kraan ook uit, die laat je niet de hele dag aanstaan om je glas eronder te houden wanneer je water nodig hebt. Dat zou makkelijk zijn, dan hoef je die kraan ook niet open te draaien dus gewoon de hele dag door laten lopen en je glas eronder houden wanneer je wat wil drinken. Maar dat doen we dus niet, we draaien de kraan uit, we gaan daar bewust mee om, sterker nog we willen niet eens dat die druppelt. Dus in onze genen zit dat we bewust met materiaal omgaan, dat heeft in mijn beleving te maken met het klimaat. We wonen hier op een deel van de wereld waar het ook af en toe koud is dus we moesten zomers in het verleden hout zoeken om 's winters onze kachel te kunnen stoken. Wij moeten plannen, daar heeft het mee te maken en het heeft te

maken met onze calvinistische aard, geen verkwisting. Dat is ook van huis uit, Nederlanders zijn calvinisten, verkwisting is niet goed. Dat zit ergens ook in de huidige generatie in het DNA opgeslagen. Dus ik denk dat dat de rol is, ik denk dus dat dat een goeie toekomst is voor energieopslag.

En als je één ding, of misschien meerdere dingen kon veranderen om dat beeld te versnellen. Wat zou je dan doen?

Ik denk, de overheid die laat het nu aan de markt over en de markt die zweeft een beetje, die zoekt een beetje, iedereen probeert wat, doet wat dingen. Ik denk dat stimulering, een overheid die duidelijk richting geeft naar energieopslag en daar ook voorwaarden voor creëert. De huidige overheid laat het een beetje op zijn beloop, laat het een beetje gebeuren en laat het een beetje over aan de markt. Wel dat er een duidelijk belang is, want de overheid neemt het initiatief voor duurzame opwekking, zon en wind energie, brengt dus die onbalans maar voelt zich minder verantwoordelijk voor de oplossing van het probleem. Ze maken een probleem en dan zeggen ze 'laat de markt zijn werk doen om dat probleem op te lossen'. Nee ik denk, de vervuiler betaald, zo werkt het ook bij consumenten, dat zegt de overheid altijd tegen ons. Dus als de overheid naar duurzaamheid wil, dan hoort dit onderdeel van duurzaamheid erbij. Dus de overheid moet het initiatief nemen om grootschalige energieopslag projecten te ontwikkelen en te bekostigen. Het hoort gewoon bij de oplossing duurzaamheid.

Oké, dat is duidelijk. Ik moet zeggen dat ik het daar ook mee eens ben om eerlijk te zijn. Nou dat waren al mijn vragen.

Ik hoop dat ik je heb kunnen helpen Niels.

*Ja absoluut, nee ik heb inderdaad een aantal dingen vooral met de businesscase dat die dus wel sluitend is. Dat is eigenlijk cruciale informatie die ik dus niet kan vinden op het internet maar die ik dus alleen op dit soort manieren, via interviews kan bereiken en krijgen. Dus daar ben ik erg blij mee ja. De tekst die moet ik sowieso uittypen maar dan zal ik het naar je toesturen en dan kun je nog dingen veranderen of schappen, of het hele interview schappen; daar heb je altijd het recht toe. **Ik had trouwens aan het begin niet opgenomen dat ik het had gevraagd maar vind je oké dat dit gesprek is opgenomen?***

Ja ik wist dat wel hoor, had je mij wel aangekondigd, volgens mij bij het maken van de afspraak ofzo. Dus dat is geen probleem.

Ja klopt, nee maar voor.. hoe zeg je dat

Ja voor het vastleggen, je moet dat ook nu nog vragen zodat het vastgelegd is.

Ja inderdaad, anders geloven ze me misschien niet. Ja, ontzettend bedankt en ik zal binnenkort dus het interview uittypen en opsturen en als je dingen wil veranderen heb je daar altijd het recht toe. Daarnaast kan ik je een versie van mijn scriptie aanbieden als je daar interesse in hebt.

Jazeker.

Oké, dan zal ik dat doen.

Einde interview.

Interview met Martin Kok, werkzaam als manager business support bij Eaton. Gehouden op 27 juni 2017 in het hoofdgebouw van Eaton, in Hengelo.

- *Schuingedrukte teksten representeren de gesproken teksten van de interviewer*
- **Dik- en schuingedrukte teksten zijn specifiek de vragen die zijn gesteld in het interview**
- Teksten zonder opmaak representeren de gesproken teksten van de geïnterviewde.

Vind je het goed dat het gesprek wordt opgenomen Martin?

Ja tuurlijk Niels

*Top. Hé we hadden het net al over energie opslag en hoe dat nu in het hele plaatje staat van de energietransitie. Op hernieuwbare bronnen worden vaak percentages gezet en op energieopslag staan geen percentages die persé gehaald moeten worden maar het speelt natuurlijk wel een rol en het gaat ook een grotere rol spelen. **Hoe denk je dat energieopslag op dit moment in de markt staat?** Om zo maar te zeggen.*

Ja bij ons zien we dat er met name heel veel interesse is in, 'wat is het', 'wat kan het betekenen', 'wat moet zo iets kosten'. Dus er zijn heel veel bedrijven die hier over nadenken. Daar komen we later op terug, die met name over het imago aan het nadenken zijn en wat zou zo iets mogen of kunnen kosten. Dat is de ene kant van het verhaal en aan de andere kant heb je echt het kijken van hoe kunnen wij onze CO2 voetprint echt verbeteren. Niet eens zo zeer om dat als uitdraging van sustainability te doen maar echt ook met het oog op terugverdienen, met het verlagen van je energierekening. Het voorbeeld wat ik al aangaf, ik weet dat het over Groningen gaat, maar het voorbeeld wat ik aangaf dat in Zuid-Afrika je moet kijken naar je drie grootste pieken want op basis daarvan wordt je energierekening bepaald. Als je die drie grootste pieken weg kan nemen dan is je energierekening heel veel lager. Dat is bijvoorbeeld op fabrieksniveau, wij zijn bezig met eindklanten, met energiebedrijven om te gaan kijken wat zou een toekomst moeten zijn van energieopslag. Daar zitten inderdaad nog geen percentages aan vast, dat is natuurlijk wel tricky. Ik denk alleen wel, wat anderen al aan hebben gegeven, hoe meer windmolens en zonnepanelen er in het net staan, waar we het ook al over gehad hebben met Appingedam, op het moment dat er dus een enorme overcapaciteit plaatsvindt is het natuurlijk funest voor het netwerk, funest voor de energiebedrijven die daarmee in aanraking komen. Het zou heel goed zijn als op dat moment het dus wel wordt opgeslagen en je dus geen onbalans in het netwerk krijgt en wellicht zelfs verloren gaat en er ergens een kolencentrale of een ander groot windmolenpark niet terug hoeft worden geschakeld maar dat je daar dus de overcapaciteit zelf kan opslaan. Dan wel voor individueel consumentengebruik, dan wel voor een productiebedrijf, ziekenhuis of andere instelling.

*Je noemde het net al, de prestige van veel bedrijven. Nou het is duidelijk, we zagen ook net dat diagrammetje waarin in het laatste jaar 900% meer energieopslagprojecten zijn gestart. **Waarom denk je dat bedrijven hierin gaan investeren?** Terwijl er voor zover ik weet, je hebt net al uitgelegd dat het wat anders ligt, maar dat er niet echt een verdienmodel is om zo maar te zeggen.*

Ik denk dat er twee drijfveren zijn: één is bewustwording. Bewustwording dat zo iets bestaat, bewustwording dat zo iets kan, bewustwording dat dit ook door andere partijen: concurrenten, klanten, leveranciers wordt gezien als een imago kwestie. Het hele sustainability verhaal, je groene gezicht van een bedrijf, CO2 neutraal, zijn natuurlijk wel veel thema's waar op dit moment op wordt gespeeld. Daarnaast ook echt wel de kosten van, met name waar wij over gepraat hebben, lithium-ion batterijen dat die toch wel over de afgelopen halve decennia, iets meer, met 77% zijn gezakt. Het is een stuk aantrekkelijker. Dat sommetje wat ik net al even liet zien, als wij een systeem leveren met onze systemen eromheen: transformatoren, kabelwerk, het aansluiten van dat alles. Dan zijn 50% van de kosten, nu nog, batterijen. Als je even terugreken naar hoe dat vijf jaar geleden zou zijn; een container is niet heel veel veranderd qua kosten, een kabelwerk is hetzelfde gebleven. Kun je voorstellen dat het nu dus, op het hele plaatje,

zeker wel 25% goedkoper is geworden om hetzelfde aantal MegaWatt te installeren inclusief alle randvoorwaarden eromheen.

Ja dat scheelt enorm dan. Hoe komt een besluit tot zo'n project tot stand?

Wij komen meestal pas in aanraking als het besluit al is genomen. Bijvoorbeeld wat ik je al vertelde, van de Arena, toch wel vanuit een sustainability, groen oogmerk maar ook wel vanuit een CO2 neutraal oogpunt wordt gekeken. Eén van de drijfveren bij hun is dat het een heel voorspelbare energieafname is. Geven de toppers een groot concert dan weet je dat er veel licht- en geluidsinstallaties zijn, heel veel mensen. Hetzelfde met een voetbalwedstrijd, het is een voorspelbare afname dus je kunt opsparen op het moment dat er niet een grote afname is d.m.v. zonnepanelen en andere opwekking die ze daar doen. Het verbruik minimaliseren of een stuk van de opslag gebruiken op het moment dat het verbruik wel enorm omhoog gaat. Wij komen echter pas in aanmerking met dit soort projecten als het besluit al is genomen en ze bijvoorbeeld bij ons komen voor een aansluiting bij het net en wij dan aan partners kunnen vertellen dat we ook energieopslag kunnen leveren. We proberen hier wel proactief aan mee te werken, wat ik liet zien is bijvoorbeeld Dutch Power, wat een samenwerking is van alle Nederlandse energieleveranciers en producenten die daarmee te maken hebben. We proberen dus wel met z'n allen na te denken over wat zou een schone, betere toekomst zijn voor Nederland. Maar goed, alles heeft natuurlijk te maken met hoe winstgevend het is, wat is de terugverdientijd en hoe gevoelig zijn instanties en/of bedrijven hiervoor.

Hoe zie jij de toekomst van energie in het algemeen en specifiek de rol die energieopslag daarin gaat spelen?

Ik denk dat de energietransitie heel duidelijk is ingezet, er is geen weg meer terug en ik denk ook niet dat dat moet en hoeft. Fossiele brandstoffen en de grote afhankelijk van de OPEC, van bepaalde landen. Ik denk dat hetgeen wat we doen met wind en met zon heel goed is. En ik denk met name als je daar een opslagsysteem bij aan kan sluiten wat ook in de toekomst voor het weggebruik met elektrische auto's ook direct een impact met elkaar kan hebben, is dat een hele goede stap voorwaarts. Nogmaals, het zou natuurlijk wel zo moeten zijn dat het op vergelijkbaar prijsniveau komt met fossiele brandstoffen, anders heb je natuurlijk altijd ergens in de wereld nog steeds mensen die voor kolen kiezen; of de stok moet er aan te pas komen, dat er vanuit overheidswegen wordt ingezet om het af te dwingen. Maar dan moet wel iedereen met z'n allen mee, dan kan het dus niet zo zijn zoals in Amerika waar één iemand zegt we doen niet mee, want dat heeft natuurlijk geen zin omdat alle netwerken op één of andere manier met elkaar verbonden zijn.

En ja je zei het net al, de stok erbij pakken om het een beetje af te dwingen. Wat denk je dat er moet veranderen om energieopslag wat hoger op de politieke agenda te zetten?

Ik zeg wel stok maar ik denk niet dat de stok de beste methode is. Ik denk met name als je kijkt naar consumenten, bijvoorbeeld een boer die een windmolen heeft naast het huis of rijdt maar eens door een woonwijk heen en zie hoeveel zonnepanelen daar tegenwoordig staan. Als die mensen het op zouden kunnen slaan i.p.v. teruggeven aan het net waarbij je niet weet of het op dat moment gewenst is, bruikbaar is, dat er zelf een soort van micro-grid ontstaat en consumenten een stuk autonomer worden met verantwoordelijkheid voor hun eigen energie verbruik. Als daar een stuk subsidie bij zou kunnen komen van de overheid voor de aanschaf van die opslagmethoden dan zal dat denk ik een enorme impuls kunnen geven.

Oké dankjewel, dat waren al mijn vragen. Als je dingen wil veranderen achteraf of het hele interview wil schappen dan heb je daar altijd het recht toe. En als je wil kan ik je een versie van mijn scriptie aanbieden wanneer die klaar is.

Nou dat sowieso, zou heel mooi zijn.

Mooi, doen we dat.

Einde Interview.

Interview met Albert Pondes, werkzaam in het asset management van Enexis. Gehouden op 29 mei 2017 via Skype.

- *Schuingedrukte teksten representeren de gesproken teksten van de auteur*
- ***Dik- en schuingedrukte teksten zijn specifiek de vragen die zijn gesteld in het interview***
- Teksten zonder opmaak representeren de gesproken teksten van de geïnterviewde.

Met de druk op het behalen van percentages voor duurzame energie (14% in 2020, 16% in 2023 en voor de provincie Groningen zelfs 21% duurzame energie in 2020 en volledig duurzaam zijn in 2050).

Hoe staat energieopslag daarin? Wordt het vaak genoemd of is het meer iets dat wordt gezien als een zorg voor later?

Iedereen is het er wel over eens dat onze fossiele bronnen eindig zijn en een overstap naar zon, wind etc. wel noodzakelijk is. Alleen die bronnen geven vaak te veel in de zomer en te weinig in de winter. En zal er vooral in de zomer thermische opslag gewenst zijn. Vooral de eindgebruiker heeft een bepalende rol in opslag. Als netwerkbedrijf mogen we daarin (nog) geen leidende rol spelen maar we voeren wel diverse pilots uit om te zien wat het effect is en wat er bij komt kijken als je dat doet.

Wordt energieopslag vanuit het Enexis gezien als iets dat toegevoegde waarde heeft of iets dat gedaan moet worden om meer 'politiek correcte' redenen.

We zien best redenen om dingen te doen in de (elektriciteits-)netten, als je op een slimme plek energieopslag kan doen dan kun je investeringen aan het net vertragen of uitstellen. Dat zijn nu nog projecten waarbij we aan het kijken zijn of ons dat gaat lukken en wat er bij komt kijken. Elektrische energieopslag is anders dan thermische energieopslag, elektrische heeft toch wel een kortere scope. Dan praten we over een dag-nacht cyclus, of twee, drie cycli op een dag.

Er zijn bedrijven die investeren in energieopslag zoals Enexis, de provincie Groningen, Eneco samen met Mitsubishi in Duitsland en nog een aantal kleinere initiatieven.

Waarom denk je dat bedrijven hier toch in investeren? Want voor zover ik weet vanuit de literatuur is er nog geen werkend business model, ze zijn nog niet echt winstgevend.

Voor Nederlandse begrippen is de winstgevendheid eigenlijk verwaarloosbaar. Winstgevendheid is er vaak niet tenzij je op de korte termijn markt zit, dan kun je wel wat doen. Maar als je de opslag niet ter beschikking stelt aan TenneT dan valt er niet veel te verdienen en dan zie je dat alleen in de korte termijn markt geldt zit. Er zijn enkele projecten bij boeren en tuinbedrijven die wel draaien, maar als de saldering wegvalt, de energiebelasting of CO2 belasting gaan veranderen dan krijg je meer een Duitsland model. In dat geval zal er meer subsidie zijn voor opslag en als de opbrengst voor opgewekte energie veranderd, want je wordt nu nog gecompenseerd, dan zal dat waarschijnlijk ook invloed hebben op opslag.

Denk je dat de economische factor, winst maken, echt doorslaggevend is voor een energieopslag project?

Elektrische energieopwekking en opslag bij duurzame energiebronnen is nu nog zo laag, dat het Nederlandse net het direct 'a la minute' kan verbruiken. Er is nog geen rendabele businesscase om daar pro-actief mee aan de gang te gaan zoals saldering en er een lage mate opwekking is.

De penetratie van bijvoorbeeld windenergie is nog te laag waardoor opslag eigenlijk nog niet noodzakelijk is, je zegt dus eigenlijk dat het net het nog kan verwerken?

De klant moet een bepaalde bijdrage betalen als een vergoeding voor de aansluiting aan het net, als die dat niet wil dan komt die aansluiting er bij wijze van spreken nog niet. Je ziet dat bij die grote kabels er allerlei netinpassingen zijn, kabels worden bijgelegd en HSMS stations worden geplaatst. Dus voor de grote windparken is er nog voldoende invoeding mogelijk indien de klant zijn aansluitbijdrage betaald en zijn kabel vergoed voor zover als dat is geregeld bij vergoedingen structuur.

Wanneer we praten over een projectbesluit, hoe en wie neemt zo'n besluit? Hoe komt het op tafel, is dat bijvoorbeeld wanneer er gemerkt wordt dat er ergens teveel overbelasting in het net is en dat daar opvang voor nodig is of is dat bijvoorbeeld bij een project voor windmolens waarbij er gevraagd wordt of er initiatiefnemers zijn voor energieopslag? Of andere redenen?

In het geval van windenergie opslaan voor een hele dag bijvoorbeeld, dat krijg je gewoon niet voor elkaar. Dat is financieel gezien onhaalbaar. De prijzen tussen energie direct opgewekt en die je dan zou verkopen vanuit opslag liggen zover uit elkaar, daar zal niet makkelijk een businesscase voor zijn. Ik moet nog zien of grootschalige elektrische opslag van windenergie wel uitvoerbaar is.

Dus het maakt eigenlijk gewoon geen winst, of het maakt te veel verlies om uit te kunnen?

Ja, wanneer je 500 euro per kilowattuur betaald, dan moet je behoorlijk wat opslag neer zetten en dat kost behoorlijk wat geld om daar iets zinvol mee te doen in tegenstelling tot wat je veel ziet, het meteen omzetten tot koudeopslag of warmteopslag. Maak de energie meteen van de vorm die het nodig heeft want de elektrische energie, uiteindelijk, is nog maar één derde van hetgeen wat we verbruiken, twee-derde is toch warmte of koude.

Kun je wat meer vertellen over de planningsfase? Ik las op de site van Enexis of Enpuls dat ze in Etten-Leur een batterij hadden neergezet. Hoe gaat zo iets te werk?

Wij hebben veel projecten waarbij we willen leren wat de nieuwe techniek betekent. Net als dat je nog nooit auto hebt gereden, dan wil je ook liever rijlessen hebben. Daarbij we ook kijken bij de klanten, wat zij willen. Willen ze de belasting van energie verschuiven over de dag heen, want dat is altijd nog goedkoper dan een accubatterij neerleggen, dan doen we dus ook projecten met klanten terwijl we daar helemaal niet horen te zijn. Wat we doen dus in die projecten is kijken hoe de markt daar op reageert, of dat ook effect heeft, wat dat voor ons betekent. We kijken dus naar allerlei aspecten. Het is zeg maar het ervaren van wat deze innovatie kan brengen. We doen deze projecten niet op een productie niveau, dit is allemaal nog een beetje kijken en voelen. Dit heeft nog niets te maken met het oplossen van een lokaal probleem.

Nee oke, dit is dus puur experimenteel, kijken hoe het gaat en wat het nou eigenlijk is om zo maar te zeggen.

Ja.

En waarom hebben jullie persé die buurt gekozen?

Ik ben niet betrokken bij het project maar de reden is volgens mij puur alleen omdat er veel zonnepanelen op de daken liggen waar ze in de zomer energie van kunnen opslaan.

Weet je ook hoe het zit met de problemen die kunnen ontstaan tijdens zo'n project?

Ik ben niet bij de uitvoering van het project geweest maar heb het met buitengewoon veel interesse aan de zijlijn gevolgd. Waar ik mij over verbaasde was dat zo'n investering om tonnen gaat. En dat je vrijwel hetzelfde bedrag ook kwijt bent aan engineering. Als je zoiets nieuws wil opstarten komt er toch nog wel wat engineering bij kijken dat je niet had verwacht, dat het bijna het dubbele kost van wat je eerst voor ogen had. Dit gaat wel om de eerste keer dan, de tweede keer heb je die kosten niet meer omdat je weet waar je aan toe bent.

De volgende vraag gaat over wie nou eigenaar of initiatiefnemer zou moeten zijn. Er zijn verschillende redenen die genoemd kunnen worden voor verschillende partijen over wie de beheerder/eigenaar zou moeten zijn. Bijvoorbeeld TenneT omdat zij het net beheren en opslag positief is voor het net voor bijvoorbeeld load leveling; eigenaren van duurzame energiebronnen omdat ze zo geen energie verliezen; regionale beheerders omdat zij uiteindelijk de energie verkopen en dus meer geld kunnen verdienen met goedkoop inkopen en opslaan, en weer duurder verkopen; de overheid omdat zij uiteindelijk verantwoordelijk zijn voor het halen van de afgesproken percentages duurzame energie.

Wie is nou eigenlijk de beste initiatiefnemer, wie zou dit op voortouw moeten nemen?

Er zijn heel wat opties over wie wat kan doen, thuisopslag is mogelijk waarbij de druk dus op de consument komt te staan. Stel dat nu iedereen zelf energie op gaat wekken middels zonnepanelen dan kan de wetgever bijvoorbeeld zeggen dat mensen overdag hun apparaten aan moet zetten (wassen etc.) of een accu moeten nemen. Maar op het moment dat daar geen initiatieven zijn om die belasting te reduceren dan kan het zijn dat de netbeheerder met oplossingen moet komen. Dan kan het zo zijn dat de klant daarbij niet mee hoeft te bewegen. De beste initiatiefnemer komt voort uit het spel van overheid die wel of niet stopt met subsidies, betaalbare oplossingen voor klanten die geen subsidies nodig hebben. Of oplossingen in het net als er geen veranderingen zijn tov hoe het nu loopt. Vooral nog is er momenteel geen druk.

Wie denk je dat het krachtigste initiatief kan nemen?

Iedereen kan net zo krachtig zijn als die wil, het gaat erom wat je onder de streep eraan overhoudt. En zolang die saldering er is, houdt er niemand wat aan over. Er is nu geen gelijk speelveld. Stel iemand investeert in zonnepanelen dan heeft iemand anders last van overbelasting in het net. Nu is het zo dat je geen rekening hoeft te houden met het teveel invoeden van energie met de zonnepanelen. Een ander moet dit dan gaan oplossen, ik denk dat degene die dit probleem krijgt ook de mogelijkheid mag hebben om dit op te lossen tegen de, voor die partij, beste oplossing. Of dit nou een nieuwe kabel aanleggen is of opslag. Het ligt ook aan de timing van de oplossing. Batterijen worden snel goedkoper. En wie weet is dat in de toekomst wel een betere oplossing dan een kabel aanleggen, het ligt daarom aan de timing welke oplossing de beste is.

Dus het heeft er ook mee te maken wat nou sneller is?

Ja, en wat duurzaam is. Gaan we nou een tweede net aanleggen wat over drie jaar niet meer nodig is omdat de saldering afgeschaft is en dus voor niets nieuwe kabels in de grond leggen, of doen we dat met batterijen die je wel kan verplaatsen en die je elders in kan zetten. Zo'n kabel kun je niet uit de grond halen met al die aansluitingen.

Hoe zie je de toekomst van energieopslag of hoe denk je dat energieopslag in de toekomst een rol gaat spelen?

Ik denk dat het begint met de energievraag van de afnemer. Centraal staat energie en niet energieopslag. Als we het voor elkaar krijgen om ook oude woningen CO2 neutraal te maken, of de helft van deze woningen, dan heb je zo weinig energie nodig in deze huizen dat vrijwel alle netwerkcongestie verdampen. Dan praat je niet meer over een toename maar van een afname van energie per woning. Dus het begint met welke ontwikkelingen er komen op het gebied van isolatie van woningen, vervolgens welke mogelijkheden er zijn voor thermische opslag en hoe goed zijn

we in staat om aardwarmte op te halen uit de bodem. De wereld van nu ziet er dadelijk onherkenbaar uit met wat er over 10 – 15 jaar is. Ik denk dat als we dan terugkijken dan zeggen “goh wat we ons daar druk over hebben gemaakt”. Hetzelfde gebeurt nu ook waarbij we ons 20 jaar geleden niet konden voorstellen wat een mobieltje is en ging betekenen.

Dus als ik het kort mag samenvatten, de vraag naar energieopslag is afhankelijk van de ontwikkelingen in isolatie en seizoensopslag voor thermische energie

Ja, op beide vlakken verwacht ik de grote wijzigingen. En dan praat ik niet meer over een vier keer toename maar over een twee keer afname.

Einde interview.

Interview met Ilya van der Veen, projectleider energiesysteem 2.0, internationalisering en kennis bij de provincie Groningen. Gehouden op 22 mei 2017 in het Provinciehuis Groningen.

- *Schuingedrukte teksten representeren de gesproken teksten van de interviewer*
- ***Dik- en schuingedrukte teksten zijn specifiek de vragen die zijn gesteld in het interview***
- Teksten zonder opmaak representeren de gesproken teksten van de geïnterviewde.

Dan gaan we weer, korte versie vraag 1; de initiatieven waaraan de provincie werkt, hoe staat energieopslag in het hele project van de energietransitie 2.0?

De opslag is een onderdeel van het hele energiebeleid dat in het provinciale energieprogramma staat beschreven. Hierin zijn drie pijlers belangrijk: energiebesparing, energieopwekking en systeem integratie. Energieopslag, samen met het flexibiliseren van de verschillende systemen, valt onder de pijler systeem integratie. De reden waarom energieopslag soms als iets voor later wordt gezien is omdat er geen kwantificeerbare doelen voor energieopslag zijn in het energieprogramma. Daarmee is de politieke druk erop ook minder kwantificeerbaar en dat kan omdat het onderwerp bij de burger ook wat minder speelt.

*Met de meerdere projecten die worden ondernomen door o.a. de provincie, Eneco en Enexis. **Waarom denk je dat bedrijven hier alsnog zo hard in investeren ook al is, voor zover ik weet, het hele model niet winstgevend?***

Wie een mooie (winstgevende) manier van opslag vindt is toch koopman? Sommigen hebben een donkergroen motief omdat het goed is om het nieuwe energiesysteem verder te bevorderen, maar vooral ook winstgevendheid en dat kan ook bijna prestigie zijn, maar wie echt een bijzondere, goeie en efficiënte manier van opslag vindt die helpt de wereld verder en die kan er veel geld mee verdienen. Ik denk dat dat het belangrijkste motief is voor bedrijven.

*De vraag over wie uiteindelijk zo'n initiatief neemt, je zei al dat het vaak in samenwerking met is en er niet echt een initiatiefnemer voor is of niet één persoon die dat doet. (Originele vraag: **Wie neemt uiteindelijk het besluit om een energieopslag project te starten?**)*

Voor provinciale activiteiten gaat dat vaak in gezamenlijkheid. De provincie sluit zich heel vaak aan bij initiatieven van anderen, bijvoorbeeld bij energie neutrale dorpen. Wij sluiten aan bij wat er leeft en dat geldt ook voor het zoeken naar nieuwe energiesystemen zoals de smartgrids of opslag waarbij we met andere overheden soms, de stad Groningen of andere provincies bijvoorbeeld, samenwerken maar ook andere partijen. Vooral kennisinstellingen en bedrijven zijn partners waar wij vaak samen mee werken en dat geldt op alle fronten, niet alleen bij opslag, ook bij warmte uitwisseling of stoom. Als de markt het zelf niet redt omdat het net te duur is of omdat ze elkaar niet vinden dan kan de provincie net dat zetje geven zodat het wel lukt.

Dus een beetje een wisselwerking, als er iets is dan springt de provincie bij en als er iets net niet is dan geeft de provincie net dat ene zetje.

Ja en van de andere kant zoals de NIB (Northern Innovation Board) die is dan in het leven geroepen door de noordelijke drie provincies, dus een initiatief vanuit de provincie samen met de andere twee provincies. Dit is om innovatie te bevorderen en op het gebied van energie zijn ze met die waterstof regio bezig, hebben dat onderzocht en willen dat promoten. Dus daar is de provincie in feite van oorsprong een soort mede-initiator van geweest.

Maar is die organisatie dan niet, ja hoe zeg je dat, een beetje irritant? Dat je daarmee moet communiceren en er weer een extra laag tussen zit?

Soms zijn het wel veel partijen, veel lagen, maar we kunnen toch niet alles zelf doen. Zeker als je het dan met andere provincies doet, daar heb je dan het samenwerkingsverband Noord-Nederland voor, in dat gezamenlijk kader doe je wel eens dingen samen. Maar het is soms wel verwarrend, veel namen en instanties en organisaties en hoe dat allemaal in elkaar grijpt.

Ja, nou dat is het eerste wat in mij opkomt, weer een organisatie. En natuurlijk als je te veel taken op je bord hebt is dat fijn maar aan de andere kant is het ook weer een extra communicatie en vooral wanneer dat niet gevestigd is in hetzelfde gebouw als waar je werkt dan is dat ook vaak weer een telefoontje of een ritje daar naartoe.

Nou het fijne hierbij is dat het NIB heel voortvarend te werk is gegaan en dat je heel veel werk kunt verzetten. Dat je op een gegeven moment als provincie denkt 'ja dit is inderdaad waar we mee verder willen'. Dat je dan als provincie ook het stukje van je eigen provincie weer naar je toe kunt pakken en er uitwerking aan kunt geven. Dus toch even een extern vliegwiel.

Op de vraag over hoe zo'n project nou wordt vormgegeven in de planningsfase, daar had je niet echt een antwoordt op voor zover ik weet?

Nee, dat hangt af van het type opslag. Bijvoorbeeld wat ik eerder noemde van de zoutkoepels waar Akzo en Gasunie al heel lang hun ogen op hebben gezet, dat is iets van 5 tot 10 jaar bezig. Terwijl anderen, die zoeken naar energieopslag in een systeem als het ware, binnen een grid, dat kan op kortere termijn.

Weet je ook waarom dat zo lang duurt dan?

Nee eerlijk gezegd weet ik dat niet, ik denk ook dat het vooral te maken heeft met lange termijn die je nodig hebt om dingen uit te zoeken. Vanaf het moment dat er een concept is bedacht en je gaat uitzoeken wat zijn de technische haken en ogen en mogelijkheden, dat dat al veel tijd kost en ook om te kijken of er ook een businessmodel is en politieke steun. En als alle lichten dan op groen staan dat dan ook nog het moment daar moet zijn dat het actueel is. Dat het zout eruit is en er gas in opgeslagen kan worden in dit geval. Je hebt ook een lange termijn nodig om dingen uit te zoeken en voor te bereiden en op dat moment moet je dan weer kijken hoe het politieke klimaat is.

Ja dan is er weer een ander kabinet wellicht na vier jaar en dan moet je misschien weer je hele plan aanpassen.

Ja of hier het provinciale college bijvoorbeeld.

Ja inderdaad, dan had ik de vraag of er problemen voorkomen tijdens zo'n project? Ik weet niet meer wat je daarvoor had geantwoord om eerlijk te zijn.

Je had het wel over waterstof binnen openbaar vervoer en dan zei ik, dan ga ik je aan de mensen van de waterstof bussen en treinen introduceren zodat je dat met hen kan bespreken. Andere problemen, ja behalve dat het geheel echt in de pioniersfase zit. Sommige stukjes zoals gewoon batterijgebruik voor huis-tuin en keuken apparatuur kennen we natuurlijk wel maar met grotere capaciteit bevindt zich allemaal in pioniersfase. Zoals topsector economie ook zegt, we zetten op alle paarden in omdat je nog niet weet wat de uitkomst is. Als je iets wil versnellen dan moet je proberen alle paarden steun te verlenen en daar kan onderweg best een heleboel mislukken, dat is het risico van het vak. Als je het ei van Columbus wil uitvinden of helpen steunen, dat hoort ook bij innovatie, dat 90% mag mislukken en 10% gaat door en dat wordt dan wat. Dus als je de rest niet verkent, daar zat misschien net dat ene succesvolle onderdeel tussen.

Hoe zit het met de eigenaar of degene die het initiatief zou moeten nemen.

Over de rollen zeg maar.

Ja inderdaad, iedereen heeft er wel baat bij maar wie zou volgens jou nou echt het initiatief moeten nemen om een energieopslag project op te zetten?

Dan heb je het bijna over wie verantwoordelijk is, dat is de overheid. Maar degene die in de praktijk toch het krachtigste initiatief kunnen nemen is de markt samen met kennisinstellingen. Dus de consortia van TNO met DNV GL of Gasunie met GCN, of individuele bedrijven zoals Holthausen die investeert in waterstof auto's. Dus ik denk dat de markt daar het sterkst in is.

En hoe zie je de toekomst van energieopslag voor je?

Nou dan komen we weer op de diverse biotopen zoals in een regenwoud, wat juist heel divers is, een heel ingewikkeld en complex systeem. En juist daardoor, dankzij die complexiteit ook robuust is en stevig en tegen een stootje kan. In die zin zou het ook goed zijn om, als het nieuwe energiesysteem die vele verschillende vormen van opslag in zich heeft, daardoor flexibel wordt om zo tegen een stootje te kunnen. Want als je op één paard wed en één vorm van opslag hebt dan denk ik alleen maar aan de geopolitiek en terrorisme, stel dat je één plek hebt waar je alle opslag neerzet, daarmee maak je het voor kwaadwillenden ook heel makkelijk om je onderuit te halen. Dat is vanuit de geopolitiek gezien maar ook uit puur energetisch oogpunt geldt dat denk ik ook wel.

Dus niet één vorm van energieopslag die zal domineren, waarschijnlijk de eerste die een werkend businessmodel heeft die zal het meest worden geïnstalleerd, maar jij zegt dat moet juist niet gebeuren?

Nou kijk dat is wel het meest kostenefficiënt op een gegeven moment. Kijk de leercurves van zonnepanelen zijn enorm en de kosten gaan gigantisch naar beneden waardoor het ook massaal toegepast kan worden waardoor het uit die pioniersfase in een bredere massatoepassing komt. Dus die kostenefficiëntie heb je absoluut nodig om het breed toepasbaar te maken, dus dat is wel een belangrijk aspect. Net zoals je zonnepanelen op het dak van één huishouden of in een groot zonnepark die verschillende aansluitingen hebben en verschillende consequenties voor het hele elektrische systeem heeft, zo moet je ook in het complete elektrische systeem, de warmte en nu nog het gas of straks misschien het groene biogas enzovoort, kijken naar hoe je een robuust systeem krijgt van decentraal tot centraal niveau toe.

En welke veranderingen zouden plaats moeten vinden om zo iets te verwezenlijken?

Ja dan hebben we het weer over die rollen hé? Ja dan denk ik toch dat er nu nog wat juridische barrières zijn die soms de rollen van netwerkbeheerders en andere partijen in het energiesysteem belemmeren. Tegelijkertijd verschuilen die partijen er zich soms ook achter of niet goed weten hoe ze hun rol moeten pakken of wat hun rol is. Persoonlijk denk ik dat verruiming van de mogelijkheden goed zal zijn. In het mooiste geval omdat ze dan meer ruimte gaan pakken en kunnen ontwikkelen en in het ergste geval omdat dan in ieder geval duidelijk wordt waarachter ze zich verschuilen.

Einde interview.

Interview met Chris Zuidema, werkzaam als assistent professor aan de faculteit ruimtelijke wetenschappen aan de Rijksuniversiteit Groningen . Gehouden op 19 juli 2017 op zijn kantoor in het Mercator gebouw, Zernike complex.

- *Schuingedrukte teksten representeren de gesproken teksten van de interviewer*
- **Dik- en schuingedrukte teksten zijn specifiek de vragen die zijn gesteld in het interview**
- Teksten zonder opmaak representeren de gesproken teksten van de geïnterviewde.

Chris, vind je het goed dat het wordt opgenomen?

Ja

Top, hartstikke bedankt. Ik had al even uitgelegd, ik doe het dus over duurzame energie en wat de mogelijkheden zijn in de provincie Groningen. Wat me opvalt is dat er heel veel percentages zitten aan het opwekken van energie, zoals 14% in 2020, 16% 2023 en de provincie heeft zelf ook 21% voor 2020 staan. Alleen energieopslag wordt daarin niet genoemd of nauwelijks genoemd. Hoe denk jij dat energieopslag nu in de markt staat om zo maar te zeggen.

Nouja, volgens mij nog vrij beperkt. Ik denk wel dat er ontwikkelingen zijn die daar mee te maken hebben. Kijk het is geen toeval. De provincie Groningen heeft een poging gewaagd, en ik weet niet zeker of ze daar nog mee bezig zijn, met die lobby want volgens mij wordt hem dat niet. Maar ze hebben natuurlijk een poging gewaagd om die Tesla fabriek hier naar Groningen te halen. Dat is een autofabriek, nou waarom zou Groningen die nou willen hebben? Nou Groningen haar verhaal was dat ze niet zozeer een autofabriek willen hebben maar een batterijenfabriek. Of daar toevallig een auto omheen zit, om die batterij, dat is dan mooi maar voor ons is het de energietransitie waarom wij die Tesla fabriek hier willen hebben. Nou waarschijnlijk gaat dat ding naar ergens in Brabant want daar zit de auto-industrie dus dat is dan weliswaar een hele andere lobby maar het laat wel zien dat er dus in de politiek en ambtelijke wereld een bewustzijn is dat dat soort type technologie onmisbaar is voor de energietransitie. Dus ik denk dat het bewustzijn er is. Ik spreek met enige regelmaat met mensen in het veld, bij provincie en ook wel bij gemeenten. Dit is een item, hier praten ze over. Eén van de dingen waar Groningen ook echt mee bezig is, dat heb je waarschijnlijk ook wel eens gezien, recent kwam er een boekje over uit: de waterstof economie in Groningen. Dat komt ook vooral door dit soort vraagstukken, dan ga je je afvragen of dat puur en alleen buffering is, nou nee. Dat is eigenlijk beseffen dat het vraagstuk van meer duurzame energie opwekken, dan moet je op een gegeven moment dat ergens gaan opslaan, dat weet je. Tegelijkertijd weten we ook dat bepaalde voorzieningen misschien wel eens heel moeilijk kunnen zijn om dat met batterijen en elektriciteit te doen, zeker als je het hebt over de chemie bijvoorbeeld die in Delfzijl zit, dat is een heel goed voorbeeld daarvan. Dat ga je niet met elektriciteit doen, daar heb je gewoon hoogwaardige warmte bij nodig. Dus dat betekent dat je iets moet verbranden, nou een elektron verbrand je niet, dus dat betekent dat als je dat duurzaam op wil wekken is dat ofwel biomassa of uit het elektriciteit omgezette product wat je kunt verbranden zoals waterstof. Dus die discussie loopt ook en er is ook nog steeds een vraagstuk rondom mobiliteit. Ik heb mijn twijfels of dat het aller slimste vraagstuk is, want ik denk toch dat het elektrische verhaal echt veel verder gaat en straks ook trucks enzo die gaan gewoon naar elektrisch toe. Misschien dat het vliegtuig nog even op zich laat wachten, dat snap ik ook nog wel. Maar zelfs daar wordt al onderzoek naar gedaan. Het kan zijn dat bepaalde voertuigen omdat daar toch veel power achter moet om dat niet elektrisch maar op waterstof te doen. Daar is nog steeds discussie over, dus het kan zijn dat dat mobiliteitsvraagstuk ook nog een vraag om waterstof heeft. Dus die discussie over buffering zit heel vaak samen met één van die andere discussies. Dus hij is wel gaande, ga je dan zeggen wat gebeurt er al, nou niet zo veel.

Ok dus als ik het kort samenvat. Er wordt aan gedacht maar het staat op een laag pitje om zo maar te zeggen.

Ik denk niet dat het op een laag pitje staat in de discussies. Ik denk ook wel dat het nu zover is dat er concreet wordt gedacht 'moeten we het niet zo doen, moeten we niet dit doen, moeten we niet dat doen'. Kijk de aanleg van een paar van die grote kabels, er is er één naar Noorwegen aangelegd en volgens mij één naar Denemarken; zou je even moeten nazoeken. Volgens mij Noorwegen en Denemarken vanaf de Eemshaven. Die kabels liggen er niet voor niets. Die kabels liggen daar omdat je toe moet naar het kunnen uitwisselen van allerlei grote hoeveelheden energie om dus dat bufferingsvraagstuk op te lossen. En eigenlijk verminderd dat de vraag naar buffering op locatie. Dat zit daar al in en dat natuurlijk wel enorme investeringen, die komen dan uit clubs als TenneT en internationale energiebedrijven noem maar op, dat heeft daar mee te maken. Dat zijn enorme geldstromen dus dat is niet zozeer de provincie die dat beslist maar de provincie wil dat wel en praat daar ook over omdat die wel beseft, dat soort dingen hebben we ook nodig. Dus we gaan voor een deel de buffering ook proberen te doen op een meertje ergens in een Fjord in Noorwegen. Daar los je het niet mee op, want je kunt met zo'n kabel nooit die enorme hoeveelheden stroom heen en weer sturen om dat hele vraagstuk op te lossen. Maar elke paar procent zorgt ervoor dat je dat niet meer met allerlei ingewikkelde batterijen en wat dan ook hoeft te doen. Dus dat hangt daar wel allemaal mee samen. Dus er wordt geld geïnvesteerd, het is een reële discussie maar om nou te zeggen dat je in de achtertuinen van mensen, in de woningen of ergens buiten een industrieterrein de bufferingsinstallaties ziet, nee zover zijn we nog niet.

Oké oké, je zei het net al, het is wel een discussie en je ziet ook dat meer bedrijven die zetten ook energieopslag neer. Vooral Eneco met Mitsubishi die hebben in Duitsland, hier in Nederland wordt ook gedaan door Eneco en Eaton, een bedrijf dat ook..

Waar zit dat?

In Hengelo zit het hoofdgebouw.

Ja maar die buffering bedoel ik.

Oh ze zijn in Amsterdam bezig, bij de Amsterdam Arena. En er was ook in Utrecht bij het stadion daar, ik weet niet of ze dat hebben gedaan, maar ook daar hebben ze energieopslag. Alleen het grappige is, nouja grappige, er is nog niet een echt volledige businesscase, tenminste niet in de literatuur. Bij Eaton hebben ze al uitgelegd dat het toch wat anders ligt en dat het wel rond kan komen. Maar het is nog niet bepaald winstgevend.

Nee, snap ik ook.

Maar waarom denk je dat bedrijven hier toch in gaan investeren? Wat hun motivatie is?

Het is heel moeilijk om te overzien wat winstgevendheid is in deze context van energietransitie. Dat kan ik je heel simpel uitleggen, dat is natuurlijk veel te simpel maar dan heb je er wel een gevoel bij. Kijk als je op een gegeven moment steeds meer wind en zon gaat krijgen, ik bedoel in deze regio gaat veel meer wind en zon bij komen. Tuurlijk we gaan vast een beetje met water en misschien nog wat osmose en er zit nog wat biomassa bij en noem maar op. We gaan ook nog wel wat gas gebruiken de komende decennia daar kun je gerust van uit gaan. Maar vooral wind en zon die komen erbij. Dan weet je, er zijn allerlei momenten waarop die wind en zon veel te veel is en er zijn momenten waarop er te weinig is en daarvoor heb je die buffering nodig. Maar wat ze voor een deel ook doen is er voor zorgen dat je overcapaciteit maakt. Zodat zelfs wanneer die dingen op 60 of 70 procent draaien dat je wel genoeg kan leveren. Want het is helemaal niet handig om steeds te bufferen, dan kun je beter een paar windmolens extra neerzetten is dan de gedachte. Dus er wordt al wel gedacht dat een beetje overcapaciteit niet onhandig is want dan kun je gemakkelijk die dalen opvangen. Dus je zoekt een bepaald optimum op waarbij je zo min mogelijk hoeft op te slaan, want dat is nooit efficiënt maar tegelijkertijd ook niet te veel extra overcapaciteit hoeft te realiseren want dat

is ook niet efficiënt. Daar ga je straks naar zoeken. Dan ga je vragen, wat is efficiënt? Dan wordt een prijs bepaald. Maar wat gebeurt er met de prijs op het moment dat die wind waait en die zon schijnt. Wind is gratis en zon is gratis. De installatiekosten die zijn elk jaar nog aan het dalen en ook hard. De voorspellingen zijn, en dan praatje niet over 10 jaar maar dan praat je waarschijnlijk al over minder dan 10 jaar, dan is de prijs van een zonnepaneel geen factor meer in de aanschaf van een zonnepaneel. De factor is de installatie van dat ding, het transport van dat ding, de ruimte die dat ding vraagt, dat zijn factoren die dan groter zijn dan de prijs. Want dat ding wordt zo goedkoop straks. Hij is al behoorlijk goedkoop aan het worden, als je die curve ziet, gaat heel snel. Dus de opwekking opzich, en ook een windmolen als je kijkt naar hoeveel het kost om zo'n ding te maken versus hoeveel energie dat ding opwekt, de kosten zitten in de infrastructuur; de kabel die in de grond ligt en dat soort dingen. Die zitten vaak niet in die wind. Dus de prijs van de energie zelf, dat wordt hem haast niet meer. Op een gegeven moment wordt het ook zo, dat zie je nu al omdat er nog subsidies op zitten, dat de prijs soms onder nul daalt. Dus dat betekent dat jij in Nederland, ik bedoel niet als klant want als klant zitten wij bij een groot bedrijf maar die grote bedrijven zitten weer verbonden aan een grote markt. Die markt die koopt soms op een schaalniveau van een jaar in, ik wil zoveel kilowatt gegarandeerd van jullie krijgen. Dus bijvoorbeeld, Vattenfall die wekt wat op en Eneco die koopt bij Vattenfall, ik noem eens iets, 500 MegaWatt in gedurende het hele jaar. Dat kan, nou dat is één marktsysteem, maar er is ook een marktsysteem die echt op het niveau van kwartieren zit. En dan zegt Eneco shit ik kom wat tekort, want mijn klanten vragen net iets meer, ik moet even wat extra MegaWatts inkopen. En dan kopen ze bij Vattenfall die MegaWatts in. Maar als de zon schijnt en de wind waait is het nu al zo, anno 2017, dat de prijs soms onder nul daalt. Met andere woorden, je krijgt geld van Vattenfall als jij als Eneco die elektriciteit afneemt. Dan denk je van hoe kan dat nou? Nou dat komt, er zit een paar cent subsidie op. Dus op het moment dat ze het wel verkopen voor -2 cent en ze krijgen 4 cent subsidie dan hebben ze nog steeds 2 cent winst. Dus als die subsidies er straks af zijn dan is dat straks nul. Maar je voelt wel aan op dat moment tendeert die prijs naar nul. Dus dan ga je afvragen van nou, er zijn natuurlijk best wel hele lange periodes waarop de wind waait en de zon schijnt. Met als consequentie dat er behoorlijk lange periodes gaan zijn in de toekomst als er meer van dat soort zon en wind is, waarbij die prijs van elektriciteit hartstikke laag is. Valt er dan aan elektriciteit zelf nog geld te verdienen? Dat is maar de vraag, dat weten we helemaal niet. En heel veel energiebedrijven zitten ook te klooiën van hoe gaan we dat oplossen. Dus wat je waarschijnlijk gaat krijgen is iets van een service verkopen. Ik zorg ervoor dat u elektriciteit heeft, ik regel dat voor u, en u gewoon van mij een stabiele hoeveelheid elektriciteit en u betaald voor de service. Of u nou, ik roep eens iets hoor, 100kWh of 200kWh verbruikt dat is niet het grootste. Het feit dat u die service van mij krijgt en de zekerheid hebt dat u het krijgt, daar zit de grootste prijs aan. Misschien dat het wel zoiets wordt, ik weet dat ook niet. Want ik ben ook alleen maar aan het gissen in een veld waar iedereen het ook niet weet. Maar dat betekent wel dat je ook nog niet weet wat voor type businesscase de toekomst gaat brengen. Maar je weet wel dat onderdeel van die businesscase, moet per definitie zijn dat jij die service stabiel kan leveren aan die klant. Want als je dat niet kunt dan valt er sowieso geen geld te verdienen, want dan is de klant niet blij, die wil gewoon zijn tv aan kunnen zetten. Dus heb jij als bedrijven, en of dat nou Eneco is of Vattenfall of wie dan ook, weet jij dat je met de fluctuatie die gaat ontstaan; er moet een onderdeel van buffering in mijn bedrijfsportfolio zitten wil ik in staat zijn op lange termijn die service te kunnen aanbieden. Dus of die businesscase nu rond is te krijgen binnen de huidige marktcondities is eigenlijk niet eens het vraagstuk. Het vraagstuk is: ik weet niet hoe die businesscase straks rond komt in de toekomstige marktcondities, maar ik weet wel dat zonder dit ding, ik geen businesscase heb. Dus je gokt. En het is een redelijk veilige gok want je kunt niet anders. Maar welke van die technologieën je doet en hoeveel zijn wel grote gokken. Want je weet ook niet, we gaan straks ongetwijfeld ook met koelkasten die een graadje warmer of kouder worden omdat ze dat afstemmen op het elektriciteitsaanbod ga je ook al buffering doen. Dus je weet niet precies hoeveel je nodig hebt maar dat het in je bedrijfsportfolio moet zitten dat ik onmiskenbaar. En ik denk dat dat veel meer de reden is waarom er geïnvesteerd wordt.

Ja dus bedrijven hebben door dat het een cruciaal onderdeel gaat worden in de toekomstige energie infrastructuur.

Ja, je kunt eigenlijk niet zonder is de verwachting. Of je dat nu onder de huidige marktcondities wel of niet rond krijgt, ja je moet wel iets rondkrijgen om het geld bij een bank vandaan te krijgen of een investering te kunnen doen. Dat is evident, maar ook die banken snappen wel dat je als bedrijf wel een bepaald portfolio moet opbouwen wil je überhaupt een duurzaam verdienmodel kunnen genereren in zijn geheel, en in dat hele verdienmodel is dit een onderdeel dat je wel moet hebben denk ik. En ik denk dat die bedrijven net zo redeneren.

Ja, denk je dat het ook te maken heeft met imago van kijk ons eens groen doen?

Ik denk dat het wel helpt maar ik denk dat als kijk ons eens groen doen wil doen dan pleur je je dak vol met zonnepanelen. Dat is toch veel tastbaarder en met buffering dan denk je daar staat een of ander ding te bufferen. Weetje dat is toch minder sexy dan 'kijk eens zij hebben een dak vol met zonnepanelen, wat een duurzaam bedrijf'. Dat voelt anders. Ik weet niet of dat een factor is. En je moet je afvragen, kijk als dat gewoon een logistiek bedrijf is dat zegt 'ik wil ook gaan bufferen'. Nou dat is gewoon een ondernemer die denk dat die een idee heeft. Als jij partijen als Eneco ofzo hebt, die zijn bezig met het ontwikkelen van een portfolio van services en diensten en mogelijkheden waarbij ze op lange termijn in staat zijn om in de markt te opereren, die zijn bezig met hun continuïteit bezig. Die kunnen niet anders, dus voor hun is het echt gewoon business.

Ja, oké dat is duidelijk. De volgende drie vragen gaan meer over de planningsfase van zo'n project. Kun je wat vertellen over hoe zo'n project wordt gestart?

Je bedoelt een bufferingsproject?

Ja.

Voor mij is dat lastig want ik heb niet veel bufferingprojecten meegemaakt om de doodeenvoudige reden dat er nog niet zo veel zijn in Nederland. In die zin heb je niet heel veel aan mij maar wat ik erover kan zeggen is dat onder normale omstandigheden wanneer je een project ontwikkelt, dan zit daar een business case achter waarbij je weet wat je terugverdient tijd is en dat je weet dat je bijvoorbeeld 50 miljoen nodig hebt en dat kun je bij een bank weghalen of ik investeer hem deels vanuit de winsten die ik heb, boek ik allemaal af en weet ik veel hoe ze het regelen maar voor een deel zitten daar gewoon weer leningen achter. Daar zit een bepaalde rente achter, dus bijvoorbeeld ik moet 3.5% rente betalen. Dus ik moet zorgen dat ik rendement maak dat hoger is dan die 3.5% en dat zodanig is dat ik in een periode van 30 jaar dat hele ding kan afschrijven, of 25 jaar of 20. Nou ik kan me voorstellen dat bij bufferingsprojecten, en ook bij meer energieprojecten, durf je niet meteen op de 30 jaar te gaan zitten. Want technologie gaat zo snel, dan kom je straks met je lithium-ion batterij aan en denk je dit wordt hem en over vijf jaar komt er één of andere vogel langs en die heeft een veel beter idee. Met andere woorden 'shit, zit ik, ik word er gewoon uit geprijsd'. Dat zien ze nu met die kolencentralen, want een aantal zijn er ook neergezet voor 30 jaar en waarschijnlijk moet je ze sneller gaan afschrijven. Dat doet pijn, dat wil je niet. Wat je wel krijgt is dat je een korte terugverdientijd wil hebben. Maar juist in die onzekere markt weet je niet of die terugverdientijd er is. Wat mijn gevoel is, is dat bij veel van deze projecten het element van 'we moeten erachter gaan komen hoe we dit soort projecten überhaupt kunnen realiseren en we moeten ons misschien niet blind staren op de financiën maar meer blind staren op wat het ons verteld in hoeverre dat onderdeel uitmaakt van iets dat we straks kunnen verkopen, die service, dat dat veel meer een onderdeel is'. Maar ik denk dat ook één van de redenen waarom het dus nog niet zo veel gebeurt is omdat je onzeker bent over 'ja ik heb hem wel nodig maar hoe ga ik hem terugverdienen, ik weet nog niet hoe'. Ik denk, en dat durf ik niet blind te zeggen, maar ik denk dat de grotere projecten hiervan alleen worden gedaan door de allergrootste energiebedrijven gedaan, want die kunnen dat aan. Die kunnen het risico nemen om aan het einde van de rit 30 miljoen af te schrijven maar als jij een klein energiebedrijf bent of een ondernemer met een begroting van 5 miljoen, dan kun jij geen 30 miljoen afschrijven. Dan ga je eraan kapot. Dus dat houdt ook iets

in de markt wel tegen. Dus ik denk ook dat, weet ik ook niet maar daar gok ik ook op dat als je iets wil versnellen, ja dan zal je waarschijnlijk ook de overheid hier een rol in moeten laten spelen.

*Ja, voor een aantal opslagmethoden is het gebied, de specificatie van het gebied erg belangrijk. **Denk je dat hier veel rekening mee wordt gehouden, hoe zo iets in elkaar wordt gezet?** Dat er nu nog veel bij na wordt gedacht. Je ziet vaak, dat hoef ik jou niet uit te leggen, dat in de vroegere tijd van de planning gewoon maar wordt gedaan. En dan later is het van 'ah shit dat hadden we anders moeten doen'.*

Ik denk dat je twee dingen ziet. Ik denk dat het gebied wel heel bepalend is voor ontwikkelingen dit plaatsvinden maar dan vooral vanuit het feit dat het op die plek het goedkoopst is. En hoe bedoel ik dat, ik verwacht wel dat straks, als er al dingen met waterstofeconomie gaan gebeuren, dan reken ik erop dat het in Zeeland, Rotterdam en Groningen gebeurt. Waarom reken ik erop? Dat zijn de plekken waar de offshore windenergie het land op komt. En er gaan momenten zijn waarop er teveel op land komt om in dat hele netwerk weg te zetten. Omdat dat netwerk op allerlei manieren in Europa wordt gekoppeld aan duurzame energie en we zijn nog allemaal aan het zoeken hoe dat allemaal moet gaan werken, dat moet één of ander nieuw supergrid gaan worden en dat moet allemaal hartstikke smart worden maar daar zijn we ook nog niet aan toe. Dus je krijgt een periode waarin je juist op die plekken een overschot hebt van duurzame energie. Wat doe je ermee? In China stoppen ze het de grond in, daar kunnen ze er niets mee. Dat wil je natuurlijk niet, dat is in Duitsland in het verleden ook gebeurt. Dat je gewoon, de windmolen draait wel maar die kan het niet kwijt, nou weg ermee. Gewoon in de grond stoppen, dan zijn we er vanaf.

Nu hoor je ook vaak dat ze het gewoon aan Nederland geven en dat we er ook nog geld voor krijgen.

Ja precies, dat soort dingen krijg je nu ook. Dus wat je eigenlijk wil in dat soort condities, dat is waarschijnlijk het moment dat je het ergens in wil stoppen zodat ik het over een aantal uur of over een aantal dagen voor een fatsoenlijk prijs weg kan doen. Dan is het efficiency verlies, weet ik veel, 40 of 50 procent en er worden wat kosten gemaakt omdat je die installatie moet maken en afschrijven maar al die centen die per kiloWatt ertussen zitten die kunnen dat misschien weer compenseren. Dus dan zit er eventueel een businesscase in. En die zit er vooral in omdat wat je nu ook nog wel ziet, in Duitsland zie je dat met name, op moment dat er te weinig zon en wind is dan moeten al die gascentrales worden bijgestookt. Met als consequentie dat er best wel veel gascentrales eigenlijk draaien op een veel te laag rendement qua verbranding. Ik bedoel die kunnen bijvoorbeeld, ik noem maar wat, 1000 Megawatt leveren maar ze leveren gemiddeld over het jaar 200. Met als consequentie dat ze hartstikke verliesgevend zijn. Maar de enige reden waarom ze er zijn is omdat op de momenten dat extra energie nodig is dan gaan ze aan en dan levert het toch weer geld op want dan is de prijs hoog. Dus dat zijn hele onlogische dingen. Als je dat vervangt met een buffer van een batterij ofzo dan is het niet ondenkbaar, en in California doen ze dat al omdat daar een hoger percentage wind en zon is. Daar is het al zo dat de fluctuaties dusdanig groot zijn dat het vervangen van een gascentrale voor batterijen al een rendabele businesscase is geworden. Dus je kunt je voorstellen dat het bij ons ook kan gaan gebeuren. Maar dan is het addertje onder het gras dat het juist lukt bij hoge elektriciteitsprijzen, maar wat nou als je op een gegeven moment te veel wind en zon hebt, is die elektriciteitsprijs dan nog hoog en is mijn businesscase dan nog rendabel. Nou dat soort dingen zijn lastig maar je zult dus wel zien, die plek waar je waarschijnlijk de aankomst hebt en waar ook die offshore energie aankomt en die moet worden geconverteerd en over het grid moet verdelen en dus plekken waar verliezen optreden. Dat zijn waarschijnlijk de plekken dat als je toch buffering neer wil zetten of waterstof van wil maken dan ga ik dat daar doen. En ook nog eens een keer omdat je vlakbij wat chemie hebt, en dat heb je natuurlijk in Zeeland, met Terneuzen en met de Sloehaven en ook in Rotterdam heb je dat. Dat zijn uitstekende plekken. Er komt een kabel aan land en er zit een afnemer vlakbij. Dus een beetje net zo als vroeger met de olie en de kolen, of sorry met staal en kolen. Dus in die zin denk ik dat het meer een economisch geografische vestigingsplaats is dan 'oh dit is een mooie plek'.

Ja oké, dus de doorslaggevende rol is de kosten.

Ik denk in dit geval dat dat veel meer een rol speelt.

Ja oké, dat is duidelijk.

En opbrengsten, kosten en opbrengsten.

Heb je voorbeelden van problemen die vaak voorkomen tijdens zo'n project?

Dat weet ik dus niet, tijdens zo'n project, omdat er gewoon nog heel weinig van dat soort projecten zijn. Maar het grootste probleem zit hem gewoon in, denk ik tenminste, dat we niet weten wat de handigste manier is. Want je krijgt ook nog de vraag, ik zit meer een breed antwoord te geven dan een antwoord op je vraag gewoon omdat ik het antwoord niet heb, op welk schaalniveau gaan we het doen. Stel je nou het scenario voor, en dan snap ik wel dat als je het hebt over Aldell dat is 1 of 1.5% van de volledige Nederlandse energievraag, Aldell is dus twee keer de stad Groningen, dat is één fabriek. Dan denk je van hallo, dat soort factoren heb je heel duidelijk. Maar als je het nu even hebt over de huishoudens, dat is maar een deel van de energievraag. Ik doe ongeveer de regel van de 1/9^{de}, dus 1/9^{de} van de volledige Nederlandse energievraag is wat huishoudens aan elektriciteit nodig hebben. De rest is allemaal wat anders.

Ja, transport, industrie enzovoort.

Precies, maar nu gaat er straks wat gebeuren want die elektrische auto die komt eraan. Als jij mensen vijf jaar geleden had gevraagd of het nieuwe model van Tesla in 2017 voordat die op de markt kwam al 400.000 keer verkocht was dan hadden ze gezegd van 'dat denk ik niet, dat is allemaal nog veel te duur'. Maar Tesla is nu zo groot dat het vergelijkbaar is met Volvo. Dat vinden we een heel normaal automerk, het gaat echt hard nu. Dus ik verwacht dat in een periode van een jaar of tien, en dat zijn dat soort termijnen, echt dat kantelpunt komt. Ik denk niet dat over 10 jaar mensen nog een nieuwe fossiele brandstofauto gaan kopen, alleen nog een tweedehands. Nieuw gaat dat niet veel meer gebeuren en dan hebben we het over dat termijn. En dat zie je nu ook, de meeste autobedrijven beginnen nu ook die kant op te gaan van 'oh shit we moeten nu'. Wat dat betekent is, er rijden straks allemaal van die elektrische auto's rond. De meeste tripjes die je met de auto maakt zijn korte tripjes, huis naar werk. Wat in de praktijk vaak betekent dat je één keer in de twee weken tankt want dat tripje is maar 1/30^e van je tank, dat is dus ook 1/30^e van je autoaccu. Het verschil tussen een tank en een accu is al niet zo groot meer dus maak er van mij apart maar 1/20^e van. Dus dat betekent ook dat wanneer je dat ding ergens neerzet dan wordt die ergens aangeplugd. Dan kan die bijtanken maar hij kan er ook wat vanaf halen. Dat kun je thuis doen, dat kun je op de werkplek doen of op een transferium, dat kun je op allerlei plekken doen. Het enige wat je waarschijnlijk hoeft te doen is in te stellen hoeveel je nodig hebt om terug te rijden. Dan kan het ook best zijn dat als de prijs wat hoog dreigt te worden, er is wat minder wind en zon, dan trek je uit al die; ik weet niet paar miljoen auto's en in Europa zijn dat er miljoenen, trek je een klein beetje uit die batterij, 10 of 20%, dat kan die auto prima hebben. Dan heb je helemaal geen buffering meer nodig, want die zit al in de auto. Hetzelfde kan zijn dat wanneer het toch zo kan, kun je ook ergens een batterij zetten in de woning. En op een gegeven moment gaat het ook zo zijn dat bij bepaalde kantoren, bedrijven, Zernikecomplex van we kunnen het wel in elk kantoor doen maar in dit geval is het goedkoper om er gewoon één centrale unit van te maken. En dan staat daar gewoon een ruimte van, weet ik veel, van zes van dit soort kantoren vol met batterijen. Die regelt dat voor het hele park. Dat soort dingen kunnen ook gaan gebeuren, met als consequentie dat je dan de vraag krijgt 'als we, zeker met die elektrische auto die kant op gaan, welk deel van die bufferingsvraagstukken als het gaat om elektriciteit worden al opgelost door die kleinschalige dingen; de smart-grids, de koelkast die wat warmer en wat kouder wordt, de temperatuur in de woningen die kouder of warmer wordt, de autoaccu, de accu die al in je huis staat, die wordt ook steeds goedkoper'. Dus je krijgt daar al verandering, dat doet

de markt voor een deel helemaal zelf, er gaat een hele wereld al veranderen. Dus dan krijg je de vraag, wat zijn bij dat soort projecten de problemen. Nouja, als het gaat om de diffuse vraag aan buffering is het echt hoogst onzeker waar het naartoe gaat. Dus je kunt nu wel een blinde gok wagen, maar dat werkt niet. Dus ofwel je maakt zoals ze dat in California dan doen met zo'n batterijcentrale vervang je een gascentrale mee. En dan weet je gewoon dit kan ik in 10 tot 12 jaar terugverdienen en dan weet ik het zeker. Want in die 10-12 jaar kan ik het nog een beetje overzien. Ofwel je weet, ik maak er waterstof van, dat is misschien niet rendabel ten opzichte van de batterij maar als ik hier chemie naast me heb staan die dat toch nodig heeft dan is het weer wel rendabel want uiteindelijk kunnen die wellicht het gas niet meer hebben. En als ik nou juist extra veel produceer wanneer de prijs heel laag is dan is het misschien wel weer rendabel. Dus je gaat bij dat soort projecten volgens mij heel veel zoeken naar 'hoe kan ik al een verbinding leggen met een bestaand iets wat ik oplos', oftewel die gascentrale moet dicht want, we gaan geen nieuwe bouwen want die investering is misschien de moeite niet waard dus laten we dat met batterijen doen. Of ik kan die waterstof nu al kwijt omdat hier een specifieke serie afnemers zit. En dan kan ik daar een casus van maken, die op zichzelf staat. Als je het geld niet kan laten rondpompen in zo'n soort systeem, ja dan doe je het voor een diffuse markt en ik denk dat heel veel projecten dat gewoon niet aandurven omdat het verdomd moeilijk is om te overzien. Met andere woorden, wat zijn de problemen? Als jij niet die link al kan leggen met iets om je heen denk ik dat je super kwetsbaar bent en dat je niet heel makkelijk een businesscase op papier rond krijgt. Ook al zou het misschien wel kunnen, maar dat zijn allemaal assumpties. Hoeveel banken durven assumpties te steunen?

Ja, geen.

Ik denk dat dat een probleem is.

*En dit is meer over de initiatiefnemers van zo'n project, want ik durf bijna te zeggen dat je voor iedereen wel een reden, een pluspunt kunt bedenken waarom zij energieopslag nodig hebben. TenneT die kan het bijvoorbeeld doen om uitbreidingen in het net uit te stellen, op zijn minst uitstellen maar misschien wel voorkomen. Nou je zei het net al, fabrieken kunnen vervangen worden tot op zekere hoogte door batterijen. Energieleveranciers zoals Eneco of Alliander kunnen het gebruiken als buffering waardoor ze dus niet last-minute energie voor een hogere prijs hoeven te kopen. En zelfs tot op consumentenniveau wanneer je zelf zonnepanelen hebt en de subsidie verdwijnt, je het zelf op kan slaan en daar waarschijnlijk weer geld mee kan verdienen (besparen). **Mijn vraag is: wie denk je dat het beste initiatief kan nemen om een energieopslagproject te starten?** Denk je dat het bijvoorbeeld op buurtniveau zou moeten, dat mensen zelf net als met zonnepanelen inkopen zoals dat een aantal jaar geleden nog wel werd gedaan, dat zij dat moeten regelen. **Denk je dat het vanuit de overheid moet komen, vanuit TenneT of de markt. Wie denk je dat het krachtigste initiatief kan nemen?***

Oeh dat is heel lastig, kijk het hangt er vanaf omdat dat per type project heel erg verschilt. Ik denk dat de partijen die er het meest belang bij hebben op dit moment, dat zijn partijen als TenneT, Enexis en Alliander. Want dat is gewoon de vraag 'pleur ik meer koper in de grond', want ik bedoel dat fenomeen ken je van dat boomstructuur van dat voormalige netwerk top-down, ja dat betekent dat het heel helder is, het stroomt één kant op en je moet steeds wat kleiner vertakken en je weet hoeveel er door gaat en dat doe je dan wat extra ruimte. Nou vervolgens, vanuit al die wortels komen dingen binnen en het komt vanuit allerlei dingen zijwaarts binnen waardoor je hele andere paden krijgt waardoor die energie gaat vloeien. Dat betekent dat je eigenlijk steeds op allerlei plekken veel meer koper zou moeten realiseren wil je het voor elkaar krijgen. En daar heb je eigenlijk helemaal geen zin in. Dat geldt zeker op dingen als het platteland, daar heb je soms een kabel liggen van twee kilometer voordat die bij het netwerk komt want die boerderij staat toevallig ver weg, en dan legt die gast even op zijn boerenschuur een enorme hoop van die zonnepanelen. Ja dat is lekker, dan moet er een nieuwe kabel in de grond, wie is verantwoordelijk; moet Enexis dat betalen? Kijk dat soort dilemma's is nu op aan het komen en dan denk je van 'dat wil je niet'. Dus dat soort partijen heeft er heel veel belang bij om niet die investering te doen, en dat zijn grote investeringen. Niet alleen is koper

hartstikke duur maar leg het allemaal maar eens aan. Maar omdat dat gewoon te voorkomen, van dat moeten we even anders regelen. Dus die hebben daar een enorm belang bij. Dus ik denk dat dat de partijen zijn die op dit moment vooraan staan. Op langere termijn, met nog meer mix van duurzame energie, dan worden denk ik de energiebedrijven kwetsbaar. Wat ik net al zei, je moet een soort stabiliteit kunnen garanderen van levering tegen een 'faire' prijs. En ik vermoedt, maar net wat ik al zeg dat is ook een gok omdat ik het ook niet weet, dat service misschien belangrijker wordt dan prijs van de kilowatt. Juist dan moet je dus die goeie service kunnen leveren en dan moet je dat op één of andere manier realiseren. Terwijl die prijs van die kilowatt misschien nog wel relevant is in de markt voor dat energiebedrijf en dat die soms ineens heel veel moet betalen omdat het even niet waait en de zon niet schijnt, dan wordt dat heel snel goedkoper om dat te bufferen. Hoe vaak dat is weten we dus niet precies, omdat dat ook weer afhangt van hoeveel overcapaciteit er is en staat er nog een kolencentrale, is het ook zo dat we straks naar een supergrid gaan waarbij er toch altijd wel ergens in Europa de wind waait en de zon schijnt dus dat het allemaal weer wordt opgevangen. Weten we niet. Maar ik vermoed nu dat je nu bij de Enexis en TenneT en dat soort partijen die het meest geïnteresseerd zijn. Op een iets langere termijn denk ik ook dat de Vattenfall, Eneco, RWE, voor een deel zijn die al hetzelfde, dat die daar interesse in gaan krijgen omdat het voor de prijs gunstig is. Dat betekent op een gegeven moment volgens mij dat daar de start is. Een vraag die je jezelf kan stellen, want ik geloof er niet zo vreselijk in, is in hoeverre straks het elektriciteitsnetwerk echt weer decentraal wordt. In India is het nu zo, er worden 25.000 dorpen gewoon meteen op zonnepanelen gezet en die worden helemaal niet aan het grid verbonden. Die hebben dus gewoon hun eigen grid. Gewoon zonnepaneeltjes, batterijtje eronder, u regelt het maar. Nou voor hun is dat perfect want die hadden al niets dus die zijn daar allang blij mee, en dan heb je ook geen grid meer nodig. Maar er kan straks een punt komen waarop het gewoon best wel handig is om niet allemaal van dat soort verbindingen te hebben. Het kan dus best zo zijn dat je straks op een situatie uitkomt waarbij het zelfs de vraag is in hoeverre we al die verbanden nodig gaan hebben. Als je die buffering inderdaad veel meer decentraal oplost en als dat het simpele batterij op huishoud niveau of soms op buurtniveau of op autoniveau veel simpeler is, ja hoeveel elektriciteit gaat er dan überhaupt nog door die grote leidingen die naar die wijk loopt. Ja, die vraag gaat op een gegeven moment opkomen. Dan kun je op een gegeven moment zeggen van nouja als die kabel is afgeschreven en dat ding wordt oud, dan trekken we die eruit en leggen er geen nieuwe in want dat is goedkoper. Nou als je in zo'n situatie zou komen, dat duurt nog wel even hoor, maar dan kan het ineens heel interessant worden om als wijk te zeggen 'wij gaan collectief die buffering organiseren, dat is voor ons veel goedkopere'. Want dan hoeven we Enexis niet meer te betalen voor die aansluiting, dat hebben we gewoon zelf. Dat mag nu helemaal niet wettelijk, ik zie het ook nog niet zo snel gebeuren. Ik denk dat op lange termijn het aan elkaar verbonden zijn nog steeds voordelen oplevert.

Ja, ja, vooral als er een Europees netwerk wordt gerealiseerd.

Ja, ik denk dat dat allemaal wel zin heeft. Eén ding moet je nog wel beseffen, bedrijven die echt heel veel afnemen daar kan het ook een voordeel voor zijn.

Voordeel om..?

Voordeel om zelf te bufferen. Als ik een enorme elektriciteitsvraag heb, ik weet helemaal niet welke bedrijven dat nou het meest hebben, maar als je dat echt hebt..

Google.

Nou google, zet er zelf maar zo'n ding neer, dat kan wel uit.

Ja waarschijnlijk wel.

Want dat betekent dat je namelijk op het moment dat die prijs ongunstig is, nouja op een gegeven moment krijg je en ik weet ook niet of dat gaat gebeuren, maar op een gegeven moment zegt Essent van 'ja dat snap ik wel dat jullie dat zelf willen gaan doen, daarom krijg je bij ons een nog lagere prijs want wij regelen die buffering wel voor je, dat kunnen wij veel beter dan jij'. Dan zegt Google van 'nou als die prijs laag genoeg is dan kan bij ons zelf dat ding niet meer uit, dan doen we het wel weer bij jullie'. Die markt gaat dat wel oplossen. Netwerkbeheerder en grote energiebedrijven, dat zijn de eersten die aan zet zijn. En om het nu rendabel te krijgen, als je echt wat wilt, denk ik dat de overheid in de vorm van subsidies en pilots nog steeds een belangrijke rol spelen. Maar dat is alleen nu, niet op lange termijn want de overheid moet het nooit zelf doen.

Nee oké, ja dat is duidelijk. Ja tuurlijk, als de markt al zelfstandig is zou het raar zijn als de overheid in één keer ermee gaat spelen.

Dan ga je geld uitgeven aan iets wat een ander kan betalen. Laten we dat dan even lekker niet doen. Dan ga ik mijn belastinggeld betalen voor iets terwijl ik dat bij mijn rekening van Essent dan ook al doe. Ja dat is niet handig, maar in de startopfase van het pilot en erachter komen, ik denk wel dat de overheid nu nog een rol heeft.

Oké, oké, overheid en energiebedrijven.

Ja en de netwerkbeheerders maar ik denk dat de overheid met name in de vorm van garantstellingen en gegarandeerde prijzen en dat soort ongein, daar kun je iets in betekenen zodat die markt het kan oplossen. Dus dat je meer zekerheid creëert in de markt, dat is het enige wat je eigenlijk nu nog even echt nodig hebt. Dus ik bedoel niet dat de overheid zelf zegt van 'nou we gaan hier een paar batterijen neerzetten'. Maar dat de overheid zegt van 'nou, als u zo'n businesscase hebt dan hebben we van die regelingen over gegarandeerde prijzen per kilowattuur of bijvoorbeeld van nou dan kun je een goedkope lening krijgen ergens of wat dan ook, wij staan garant met een bepaald bedrag'. Dus dan zegt de bank van 'als de overheid garant staat dan krijgt u die lening wel'. Op die manieren, daar kan ik me wel iets bij voorstellen.

Ja, ja, oké. En hoe zie je de toekomst van energieopslag in het grotere geheel van de energiemarkt? Je hebt al een aantal dingen aangegeven maar hoe zie je de toekomst dan voor je, samengevat.

Ik denk dat met elektriciteit het vrij vlot georganiseerd gaat worden. Het grootste vraagstuk bij elektriciteit, dus los van de dingen die ik al genoemd heb; de businesscase rond krijgen en hoe gaat het precies zich vormen en wordt het nou meer centraal of decentraal opgelost. De antwoorden op die vragen zijn allemaal te vinden. Omdat op een gegeven moment dan wijst zich dat een beetje in de markt, wat gaat gebeuren. Het lastigste gaat op een gegeven moment zijn, ik denk dat je financieel vrij snel tot de conclusie gaat komen dat in de meeste gevallen het via zo'n batterij toch het handigst is. En dat dus bij specifieke selecte casussen met waterstof of met wat anders heel goed kan werken. Of in Noorwegen met je grote valmeer enzo, dat zijn allemaal plekken waar een andere technologie ineens heel handig is, maar in Nederland zal generiek waarschijnlijk, lijkt mij, het meest voordehand liggende zijn; dat dat het pad gaat worden voor de elektriciteit. Dan komt op een gegeven moment de uitdaging van ja we kunnen die batterij wel maken en nu lukt dat nog wel maar daar heb je allerlei grondstoffen voor nodig. En we weten nu al dat als het nog even doorgaat dan zitten we over een jaar of wat, weet ik veel een jaar of 8 ofzo, dan komen we in een periode waarin de schaarste begint toe te slaan. Met name kobalt schijnt wel lastig te zijn. Dat betekent ook dat we nu al bezig zijn met 'kunnen we niet andere batterijen maken' en ik denk dat dat zich ook wel weer wijst. Ik denk dat het allemaal wel goed komt. Met andere woorden, ik zie nog wel wat hobbels bij elektriciteit, ik zie nog verschillende paden die het kunnen worden, maar ik vermoed wel dat dat vooral via batterijen gaat en dat het vooral door de markt zelf wordt opgelost en dat het op zijn minst voor een behoorlijk deel gewoon decentraal is. Er staat gewoon een batterij in je woning en er staat gewoon een batterij in je auto en her en der zijn er wat grote opslagplekken om eens even bij te pompen als het nodig is. Warmte, en daar heb je het niet eens over gehad, want

dat is ook energieopslag; dat is een veel groter vraagstuk. Dat is, ja hoe gaan we dat nou doen. Ik bedoel je kunt een deel van de vraag aan warmte kun je door elektriciteit verplaatsen, ja, maar het is eigenlijk niet handig hoor. Je wil een woning niet opwarmen met een paar elektronen door een kabeltje, dat is echt niet handig. Dat is gewoon niet efficiënt, dat is niet de manier waarop je het wil doen. Nou je hebt geothermie, je hebt ongetwijfeld wel biogas, we zullen nog wat natuurlijk gas blijven gebruiken, we gaan met warmtepompen werken, we moeten in de bodem waarschijnlijk dingen gaan opslaan, warmte-koude pompen en dat soort dingen en opslag. En waar dat naartoe gaat, ik denk dat die vraag nog veel groter is. Vooral omdat de vraag naar warmte in Nederland best reëel is, en nou is dat wel met name door huishoudens en kantoren maar 70% van wat die lui, kantoren en huishoudens doen, is warmte en niet elektriciteit. Nou, dat is een interessante.

Ja absoluut, ik moet eerlijk zijn ik heb hem expres niet meegenomen.

Dacht ik al.

Omdat het een complete studie op zichzelf is. Ik zou een complete scriptie kunnen schrijven over alleen warmte opslag, dus ik heb expres gekozen voor de opslag van elektriciteit en ik weet dat ik het energie heb genoemd en daar hoort warmte ook bij maar dat komt meer door de manier van opslag; bij PSH en compressed air is dat mechanisch, bij batterijen elektrochemisch of chemisch, nee elektrochemisch, en bij waterstof is dat chemisch. Dus vandaar dat ik de term energie heb gebruikt maar warmte heb ik daarbij niet meegenomen nee. Ja dat waren al mijn vragen eigenlijk.

Wat denk je zelf, ik bedoel je noemde ook al batterijen kunnen het wel eens worden maar met name, ik vind het wel interessant hoor met die compressed air en dat soort dingen want dat is; we voelen allemaal wel aan dat dat kan en we weten ook dat met die 'liquified natural gas' die dan enorm wordt gekoeld en dan over de oceaan wordt gestuurd en als het dan weer wordt opgewarmd kun je daar ook buffering mee doen. Daar gaan we ook meer mee spelen, dat we dat gewoon als energie gaan gebruiken. Wat denk jij, want ik bedoel ik heb daar ook minder zicht op.

Ja, voor de provincie Groningen ligt dat wat anders want PSH vereist eigenlijk een natuurlijk hoogteverschil en dat kan een steil hoogteverschil zijn, dat hebben we hier niet in de provincie Groningen, waarbij je binnen een halve kilometer tien meter verschil hebt ofzo. Dat komt vrijwel niet voor. Dan kun je het ook over een lange afstand doen, dat je dus over 2 km 10 meter hebt. Alleen dan heb je dus een veel groter volume (grond) nodig. Dat is dan weer lastig omdat we weinig ruimte hier hebben.

Ja dat gaan we hier helemaal niet doen joh.

Nee, dus die valt eigenlijk af en daarbij geeft de literatuur aan dat wil je grootschalige energieopslag rendabel maken, dan moet er eigenlijk al een 30% penetration rate, zoals ze dat noemen van windenergie of renewables. Die moet daar zijn en daar zitten we ook nog lang niet op.

In Groningen wel zo ongeveer hé.

Ja is dat zo?

Ja dat hangt er een beetje van af hoe je dat wil berekenen. Kijk als jij het landelijk beschouwt dan zitten we er niet op. Maar die zooi komt hier wel op het systeem, op het net. We zitten er nog lang niet op maar op het moment dat je zegt 'ja maar Nederland', is toch eigenlijk qua markt enorm verbonden met Duitsland, dat kan niet anders daar hadden we het net al over. En bovendien als je toch specifiek over elektriciteit hebt ja dan is die penetratie van wind, die ligt op dat soort niveaus. Dan weer wel.

Oké dan moet ik dat nog even beter inkijken.

Dus het hangt er helemaal vanaf op welk schaalniveau je dat vraagstuk stelt. Ik geloof Groningen zit nu op een procent of 14 of 15 qua duurzame energie, als provincie. Maar dat is alles. Dus daar zit ook wat dubieuze dingen bij, wat biomassa bijgestookt enzo dus dat schiet allemaal nou ook niet zo vreselijk op. Maar waar leg je de grens van je systeem, en dat is een hele lastige. Ik denk wel dat je gelijk hebt, dat is ook net wat ik zei, ik denk dat het nu nog allemaal niet zo vreselijk wil en dat je nog iets hoger moet zitten in die wind voordat het rendabel wordt. Alleen ik denk op een gegeven moment ook dan het vraagstuk veranderd van ja wat is dan rendabel omdat namelijk de marktcondities heel anders gaan worden. Je gaat fases door en in elke fase is je businesscase anders. En ik kan dat ook niet goed overzien maar dat lijkt mij de verklaring waarom het nog niet zo veel gebeurt.

Nee, oké.

Maar die compressed air, hoe zit dat. Weet jij er al meer van?

Ja dat is wel een interessante. Ik heb dus literatuur, uiteraard, erover gelezen en er zijn op dit moment twee, ja hoe zeg je dat, fabrieken is niet het goeie woord maar 'plants' zoals ze dat noemen. Het is wel interessant want het kan uit maar alleen in specifieke gevallen en één hele grote belemmering is: het moet een ondergronds reservoir hebben om die lucht in te drukken. En dan denk je meteen aan de zoutkoepels, alleen..

Die zijn dan weer zo groot.

Nou nee, dat kan wel. Alleen daar zitten Akzo Nobel en Gastera? Ik weet niet of ik die goed heb, maar die zijn al 5 tot 10 jaar bezig met het voor elkaar krijgen om daar ofwel gas in te krijgen of CO2. Dus dat heeft eigenlijk gewoon een voorrang om zo maar te zeggen. Niet alleen zijn ze al jarenlang ermee bezig en hebben ze nog geen vergunningen, en daarbij komt ook dat de opslag van CO2 als prioriteit gezien. En er zijn wel manieren om het bovengronds te doen maar dat is ook weer ontzettend duur, dat kost veel meer dan wanneer je het ondergronds zou doen.

Ja je moet dan helemaal zo'n constructie, dat zie ik ook voor me ja.

En daarbij komt ook dat je, ja wat is het goeie Nederlandse term daarvoor, ja een generator nodig die ook natuurlijk gas gebruikt. Dus de lucht wordt omgezet door middel van hitte, in stoom, en dat wordt dan weer gebruikt om energie mee op te wekken. Maar daar is wel gas voor nodig, dus zo groen is het dan ook weer niet en dan kun je gaan afvragen hoe kijken mensen daar tegenaan.

Ja dus er zitten nog wel wat haken en ogen aan, nog niet echt een pad dat echt klaar voor ons ligt.

Nee, en wat ook in Groningen dan speelt zijn de aardbevingen. Zodra mensen dan weer horen dat er iets onder hoge druk de grond in wordt gestopt, dan krijg je vast wel wat problemen. Dat weet ik natuurlijk niet zeker maar dat is gewoon een speculatie.

Nou maar dat lijkt mij een hele reële speculatie. Dat denk ik ook.

Ja en dan heb je waterstof, dat is vind ik wel een reële oplossing voor Groningen omdat er dus ambities zijn voor bussen op waterstof en omdat we de Eemshaven hebben waar ook veel waterstof wordt gebruikt. Het enige probleem is dat het membraan, dat wordt gebruikt in die installatie, én ontzettend duur is én om de vijf jaar vervangen moet worden. Dus er zitten wel wat meer kosten aan vast dan een batterij. En dan komen natuurlijk dus nog de batterijen en de lead-acid batterij die is erg laag in kosten omdat die al zo lang in gebruik is, alleen de lithium-ion heeft dan weer meer, hoe zeg je dat, ambitie om hoger te komen dan de lead-acid batterij.

Ja, die lood batterij is de ontwikkeling eigenlijk uit, dit is wat die is. En de lithium-ion batterij daar zit nog steeds ontwikkeling in en die schijnen ook heel makkelijk opschaalbaar te zijn.

Ja klopt.

Met als consequentie dat door die schaal het toch weer goedkoper wordt. Zoiets heb ik begrepen.

Ja dat komt wel redelijk overeen inderdaad met wat ik heb gelezen.

Alleen daar komt weer de vraag, gaan we dit op termijn ook volhouden, ze zijn ook alweer met nieuwe dingen in de weer.

Ja klopt, de redox-flow batterij.

Ja, we houden het goed bij.

Maar dat is het ook, het gaat allemaal zo snel. Ik heb een bron van 2011 bijvoorbeeld daarin werd gezegd dat de lithium-ion batterij, daar is de prijs het grootste dilemma. En in een interview met Eaton die die batterijen leveren, die hebben juist aangegeven dat het wel meevalt. Ze hebben me een grafiek laten zien, in 2011 was die prijs nog 800 dollar per kilowattuur, nu ligt die op 220.

Ja en die blijft gewoon vallen.

Ja die blijft gewoon vallen inderdaad. Vooral ook omdat Tesla zo hard pushed om die prijs naar beneden te krijgen. Dus er zit nog vrij veel onzekerheid in.

Ja het gaat onvoorstelbaar snel nu. Met name, en ik weet dat vrij aardig want ik ben in 2012/2013 begonnen met al die colleges over die energie, en als ik dan zie wat ik toen moest zeggen over wat de realiteit toen was en wat ik nu kan zeggen. Dan denk ik van 'het is vijf jaar man' dat voelt als niks. Wat ik een paar hele interessant dingen vind, ik laat dat nu ook zien in presentaties. Dat heb ik niet bij jullie gedaan want ik kwam het pas later tegen. In 2013 was er zo'n hoogleraar in Delft en die zegt van 'ja jongens dat we ons hier in Nederland druk maken om zonne-energie en dat we daar ook subsidies voor zetten dat is waanzin, dat kan namelijk niet; in Nederland is dat gewoon niet rendabel te krijgen want we hebben gewoon niet voldoende zon, het zit er gewoon niet in'. En in 2017 hebben we de eerste momenten waarop we zonne-energie gewoon uit de panelen kunnen halen waarbij we geen subsidie nodig hebben want het is al rendabel. Los van de subsidie. Daar zit vier jaar tussen. Dat betekent ook dat die hoogleraar het niet helemaal snapte daar had ik meteen al. Ik denk van hoezo, tuurlijk is dat rendabel te krijgen. Dat snapte ik maargoed je hebt altijd van die conservatieve figuren. Maar dat soort dingen waarvan je denkt dat gaat snel. Maar als je dan ook ziet, vanaf 1970 met een nagenoeg stabiele curve wordt zonne-energie elk jaar 11.5% goedkoper.

11.5?

Ja gaat bijna gewoon met één rechte lijn. En dan denk je van 'oh 11.5%, doe er nog eens een paar jaar bij'.

Ja dat is dan weer het probleem.

Dan weet je ook gewoon, die concurreert alles weg. Die concurreert het gewoon weg.

Ja dat is ook wel.. eigenlijk zie ik het ook een beetje als een probleem, ik weet niet of je het daar mee eens bent, maar dat men het uitstelt omdat die curve zo hard naar beneden gaat. Ook met lithium-ion batterijen, het is gewoon in 5 jaar of 6 jaar, meer dan 70% vanaf gegaan van de prijs. Dus wat doen mensen dan, ik wacht nog wel even.

Dat is ook de reden waarom mensen zeggen dat je de subsidie eraf moet halen want ze zijn al rendabel aan het worden. Dan zeg ik van doe nou nog maar niet, omdat je dan dit effect nog een beetje kan ondervangen. Maar uiteindelijk gaat die subsidie eraf en uiteindelijk moet die er ook af. En hij is nu tot 2023 nou ik heb sterk de vraag of we dan nog doorgaan met subsidies want volgens mij is de wereld dan echt veranderd.

Ja als het in dit tempo doorgaat weet ik zeker dat het..

Ja dat is nu echt rap aan het gaan. Ja je hebt allerlei voorspellingen en het is soms heel grappig om dat te zien, dat je denkt van hoe is het nou mogelijk want dan missen we soms wat er aan de gang is. Kijk de hoeveelheid geïnstalleerde zonne-energie die verdubbelt elke twee jaar. Nee ik moet het nog beter zeggen, de hoeveelheid extra geïnstalleerde zonne-energie verdubbelt elke twee jaar. Dat betekent dat als je er nu duizend hebt en je zet er dit jaar honderd bij, dan weet je dat het over twee jaar is die honderd tweehonderd geworden. Dus nog los van wat er staat, het tempo van versnellen is aan het versnellen.

Ja, dus er wordt ook steeds meer bijgebouwd.

En het is dus echt zo exponentieel, en dat gaat al vrij stabiel al een jaar of twintig nu. Het is echt gewoon heel stabiel, je ziet steeds dezelfde patronen en het enige dat opviel was dat in 2016 er een verandering in het patroon was en dat was dat het sneller ging dan het normale patroon. In 2016 kwam er nog een versnelling bij.

Is daar een reden voor?

Het vermoeden is dat het te maken heeft met het feit dat die prijzen elkaar beginnen te kruisen. Dus dat er ook ineens meer mensen zijn die denken nu stap ik ook in. En ook dat het bufferingsvraagstuk makkelijker oplosbaar lijkt te zijn en dat mensen nu echt durven. En het heeft er ook mee te maken dat een aantal groot internationale fondsen zich aan het terugtrekken is uit fossiel en richting duurzaam gaat. Dus dat betekent dat er meer kapitaal beschikbaar komt om dingen uit te rollen. Maar dat betekent ook dat je er vanuit kunt gaan dat binnen nu en een jaar of, nou ik hoorde een vent die zei zeven jaar, ik denk dat je er een paar jaar bij moet doen want er zitten allemaal juridische en technische en afschrijving dingen die eraan vast zitten. Wat toch heel lastig is, het duurt toch wel wat langer. Maar met een jaar of tien doet het aandeel zonne-energie wereldwijd echt serieus mee. Dus dan hebben het niet meer over twee procent zon, dan zeggen we gewoon 20% is zal zon. Dat soort percentages ga je over praten. Nou dat had niemand durven dromen tien jaar geleden, en dat is nu echt gaande. Dus die curve, die transitie, kantelpunt is voorbij. En het interessante daarvan is, het gaat iets doen met de prijs. Als je dan beseft, die Tesla die verkoopt nu in de voorverkoop al meer dan 400.000, dat is wereldwijd helemaal niet zo heftig want er wordt wereldwijd iets van 70 miljoen auto's verkocht. Dus op de grote bulk is dat natuurlijk nog steeds een klein percentage. Maar 400.000 van de 70 miljoen is wel een aantal dat je denk van 'oh ja, het wordt serieus'. Worden het er 700.000 dan is het een volle procent maar het komt nu, ik heb altijd het gevoel zodra iets op het niveau komt van een procent dan begint het mee te doen. Je kunt wel nagaan, op het moment dat je alcohol drinkt en er zit 1 procent in, dan begin je het te proeven. Daarvoor proef je het echt niet. Wordt het 5 procent, dan proef je het echt. En je weet dus ook, er zijn nog een aantal andere bedrijven die dat ook doen dus al die bedrijven bij elkaar die zitten ongeveer op die procent, maar over een jaar of 2, 3, dan gaan we naar die 5 procent toe hoor. Dan gaat het echt meedoen en dat is het moment dat er iets heel interessants gebeurt. De voornaamste vraag naar olie komt van mobiliteit; scheepvaart, vliegtuigen, auto's en auto's nog het meeste. Op het moment dat die auto's, als daar een serieus aandeel elektrische auto's gaat worden, dan betekent dat dat de vraag naar brandstofauto's die begint nu te stabiliseren. Wereldwijd is die verkoop nog steeds goed en er zijn nog steeds landen waar die auto echt nog aan het introduceren is, dus er zit nog een stijging in. Dus er is een stijgende vraag naar auto's, stijgende vraag naar brandstof of in ieder geval een stabiele vraag naar brandstof waardoor die prijs nog steeds goed is van die olie. Maar dan komt er dus een moment waarin zoveel nieuwe auto's komen die elektrisch zijn op de markt dat die prijs gaat niet meer stijgen. Sterker nog die gaat dalen en dat

kan ook niet anders want op een gegeven moment zijn dat er 10 miljoen, dan worden het er 15 miljoen en dan heb je in 2025, 20 tot 30 miljoen van de verkochte auto's wereldwijd, en misschien al wel meer, zijn dan elektrisch. Dan heb je alleen nog de tweedehandse en die worden er langzaam steeds uit gesaneerd en de laatste in Bangladesh en India en daar rijden dan van die oude dingen. Kijk dat duurt nog wel tot 2050 maar in de tussentijd is dus, wat gaat die olieproducent doen, wat gaat die verkopen? Ja die scheepvaart vraagt nog wat en die luchtvaart maar dat wordt lastig. Nou nu weten we ook dat er allerlei grote velden zijn waar de conventionele olie vrij goedkoop uit de grond is te krijgen en dan kun je voor prijzen in de orde van grootte van 20, 30 euro per vat de olie uit de grond halen. Dus op het moment dat de prijs van olie 30 euro is kan ik nog steeds een boterham verdienen. Als die prijs 40 euro per vat is, verdien ik goed geld. Maar dan heb je ook onconventionele olie, uit de diepzee, tarsands in Canada.

Wat we hier in Nederland hebben toch?

Ja dat is ook van die dikke meuk. En ook de schalie, dus ook van die Minnesota pipeline waar Trump mee zit te ouwehoeren. Maar al dat soort olie zit allemaal in de prijs categorie van minimaal 60 tot soms 80, 90 euro per vat. Om het er überhaupt uit te krijgen. De prijs van olie is nu ongeveer 50. En ik denk niet meer, als ik dit zo allemaal zie en ik hoor er ook mensen over, ik denk niet meer dat de kans groot is, misschien dat het nog een paar jaar een keer gebeurt maar als je ergens goed in de 2020 zit; of dat nou 2023 is of 2025 maar ergens in de die orde van grootte, dan is het ondenkbaar dat die prijs van olie echt nog boven die 50 euro gaat zitten. Want die vraag is er gewoon niet meer. Dus dat betekent ook dat al die projecten, het drillen in de arctic of de diepzee in de Golf van Mexico of voor de kust van Brazilië of de teerzanden en noem maar op, gaat allemaal af. Valt geen geld aan te verdienen. En die schalieolie ook, dus die Minnesota pipeline verdient zichzelf nooit meer terug. Geloof ik helemaal niks meer van. We zijn het kantelpunt voorbij en ik denk ook dat de meeste bedrijven, ik bedoel denk je nou echt dat Shell heeft gezegd we gaan niet meer in de arctic boren want we doen het voor het milieu of dat ze hebben gedacht het maakt toch allemaal niet meer uit.

Ja daar kun je over discussiëren inderdaad. Ik weet wel dat ze als scenario voor 2030 en 2040, dan willen ze echt heel veel off-shore elektriciteit produceren via windmolens.

Ja, shell wordt straks gewoon een windmolenbedrijf denk ik. Maar dat kan ook niet anders want een bedrijf dat daar echt een beetje creatief in denkt weet gewoon, de tijd van olie is niet voorbij maar de tijd van goedkope olie die neemt af en de vraag naar olie gaat ook afnemen. Met andere woorden, ik kan er alleen nog geld mee verdienen wanneer ik in een bepaalde niche markt zit of dat ik toevallig nog bezit heb van die goedkope winbare olie, dan wil het nog een tijdje. Gas gaat het wat langer volhouden want dat is wat beter spul. Kolen is lekker goedkoop dus dat houdt ook nog wel even vol maar kolen vliegt er ook straks uit voor een behoorlijk deel. Want dat is ook duur om die rommel uit de grond te krijgen. De enige manier waarop je dat voor elkaar krijgt is omdat er in Colombia en China mensen ze gewoon voor een habbekrats het leven wagen en zo'n tunneltje nog in gaan. Of omdat we een compleet landschap kapot graven en het eruit graven. Dat is de enige manier waarop we dat nog rendabel krijgen. Dat is natuurlijk niet een business die..

Lang stand houdt.

Nee, het is slavenhandel wat we daarmee doen, nouja. We zijn het kantelpunt voorbij hoor.

Ja ik geloof het ook wel.

De transitie gaat niet meer terug. Trump die kan doen wat die wil maar het is echt voorbij. Ik zit er niet meer mee, het gaat gebeuren. We zijn wel redelijk laat hoor want we hadden hem in 2000 al moeten hebben.

Ja dat is waar, maar ja de industriële revolutie kwam hier ook wat later..

Ja dat klopt maar we zitten gewoon met klimaatverandering, die concentratie CO2 is echt veel te hoog. Ik geloof er ook echt helemaal geen fuck van dat dit goed komt als we niet nog wat gaan terugwinnen. We moeten gewoon wat terughalen uit die atmosfeer en dat gaan we straks ook vast doen.

Hoe weet ik niet maar ik geloof het wel.

Ik ook niet, die anderhalf á twee graden. Ik bedoel we zitten nu al bijna op een graad hé, wereldwijd ten opzichte van het gemiddelde van de 20^e eeuw. 0.87 graad is nu al.

Ja dat is veel.

En er zit een enorme vertraging in omdat die oceaan eerst moet opwarmen. Dus met de huidige concentraties, voor zover ik dat ook kan interpreteren, ook met de huidige concentraties komen we al ver boven die twee graden uit. Dus we moeten echt terug naar een CO2 niveau van pak en beet het jaar 2000 of zelfs nog voor 2000. En dat was iets van 350 ofzo en we zitten nu op 405. We moeten er echt wat uit gaan halen. Ja joh we hebben nog wat te doen.

Ik weet niet of dat voor planners is weggelegd omdat te doen.

Nee dat is niet voor ons maar ik ben ervan overtuigd dat dat wel weer, ik bedoel alles heeft planologische raakvlakken.

Ja dat is waar.

Ik bedoel je hebt het nu over die CO2 opslag, ja dat is wel ook een planologisch vraagstuk, dat gaat straks ook wel gebeuren, dat gaan we ook nog wel doen. En het terugwinnen van die meuk, ja dat betekent dat gaan we via biomassa doen, moeten we wat technologie dingen, daar gaat ook iets gebeuren. Daar komen wij ook wel weer mee in aanraking.

Ja uiteindelijk wel. Nou dat waren al mijn vragen, dankjewel. Je hebt altijd het recht om dingen te wijzigen later of om het hele interview te schappen.

Ja dat weet ik.

Ja, dat weet je ook wel.

Ja je hoort ook wel, dat is allemaal speculatie en ik probeer daar ook wat van te maken maar het is verschrikkelijk moeilijk om te overzien.

Ja dat snap ik. En ik kan je een kopie van mijn scriptie aanbieden als ik klaar ben.

Dat wil ik wel.

Top, dat ga ik doen.

Bedankt voor je Sultana.

Ja geen probleem.

Einde interview.