

SELECTING MEASURES FOR A CLIMATE RESILIENT WATER SYSTEM IN THE LIEMERS BEVERMEER



Bachelor thesis report of Tom Scheper, executed between April and July 2022

Waterschap  Rijn en IJssel
WATERBEHEER: VEILIG EN OP MAAT

UNIVERSITY OF TWENTE.

Contents

Table of figures	4
Summary	5
1. Introduction	7
2. Theoretical framework and context	8
2.1 Introduction	8
Classical water management	8
First signs of desiccation	8
Desiccation on the public agenda	8
High urgency	9
Developments relevant to the WRIJ management area.....	9
2.2 Area description	10
3. Research objective and questions	11
4. Methods and scenario descriptions.....	12
4.1 Introduction	12
4.2 Expert interviews	12
4.3 Data analysis	12
Measure 1: Stopping drinking water extractions.....	14
Measure 2: Stopping irrigation from groundwater	14
Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways	14
Measure 4: Raising the drainage base	15
Measure 5: Constructing ‘stream valleys’	15
Measure 6: Infiltration from primary waterways	16
Measure 7: Water storage in ‘blue engines’	16
Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops	16
Measure 9: Removing urban area.....	16
5. Results	17
5.1 Introduction	17
5.2 Literature review.....	17
The specific yield.....	17
5.3 Data analysis	19
Measure 1: Stopping drinking water extractions.....	19
Measure 2: Stopping irrigation from groundwater	19

Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways	20
Measure 4: Raising the drainage base	20
Measure 5: Constructing ‘stream valleys’	21
Measure 6: Infiltration from primary waterways	21
Measure 7: Water storage in ‘blue engines’	21
Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops	22
Measure 9: Removing urban area.....	22
6. Discussion of results.....	23
6.1 Introduction	23
6.2 Literature review.....	23
6.3 Data analysis and expert interviews	23
Measure 1: Stopping drinking water extractions.....	23
Measure 2: Stopping irrigation from groundwater	24
Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways	24
Measure 4: Raising the drainage base	25
Measure 5: Constructing ‘stream valleys’	25
Measure 6: Infiltration from primary waterways	26
Measure 7: Water storage in ‘blue engines’	26
Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops	27
Measure 9: Removing urban area.....	27
7. Conclusions and recommendations.....	28
References	30
Appendix A: Transcripts of the interviews.....	33
Interview with the system expert	33
Interview with the ecologist	38
Interview with the agricultural expert.....	41
Appendix B: Description of the National Hydrological Instrument	45
Appendix C: Images of the effects of the measures on the groundwater level	48

Table of figures

Figure 1: The management area of WRIJ. The Liemers Bevermeer is part of the Liemers / Veluwe	7
Figure 2: The study area in dark green and yellow on the left. The right image shows the soil composition. Images taken from Engelbertink et al. (2015)	10
Figure 3: Drinkwater extraction locations near the Liemers Bevermeer	14
Figure 4: Irrigation locations and natural areas near the Liemers Bevermeer	14
Figure 5: Tertiary waterways near the Liemers Bevermeer	15
Figure 6: Drainage pipes near the Liemers Bevermeer	15
Figure 7: The Wijde Wetering near Giesbeek	15
Figure 8: The locations of the primary waterways in the Liemers Bevermeer	16
Figure 9: The locations of the urban areas in the Liemers Bevermeer in brown	16
Figure 10: A soil classification triangle showing the combinations between the three main soil types. Image adapted from Thien (1979)	17

Summary

In anticipation of climate change and increasing demand for water Waterschap Rijn and IJssel has set the objective to retain 100 millimeter extra water. Several measures are selected and their effects on the entire management area have been modelled. To come to concrete adaptations of the water system these effects were analyzed on a regional basis.

The goal of this research is to find measures that contribute to saving 100 millimeter water in the Liemers Bevermeer region. The study area consists of a mix of sandy and clay soils. These could impact the effectivity of the measures. One supporting research question is *'Do different measures have to be taken between sandy and clay soils?'* This question is answered via a literature review. The primary research question is *'Which measures are most effective to retain 100 millimeter extra water in the Liemers Bevermeer?'*. This question is answered with data analysis and expert interviews. The model data only shows the rise or decline of the groundwater level. Expert interviews are used to answer the other supporting question *'What are the secondary effects of the considered measures?'*.

Clay soil has a considerably smaller specific yield than sandy soils. This can be seen in Table 1. This means less water can be stored in clay soils. Measures that save a large amount of water on sandy soils can cause floodings on clay soils. However, only the top layer of the soil in the Liemers consists of clay. This could lead to a large underestimation of the specific yield. Extra research is needed to determine the storage capacity of this specific soil.

Table 1: The specific yield values determined via literature research

Soil type	Specific yield
Sand	0.38
Loamy sand	0.34
Sandy loam	0.29
Sandy clay loam	0.17
Clay	0.02

The results of both the data analysis and expert interviews are presented in Table 2 on the next page. Further research is needed to determine the specific behavior of measures 4 and 5, combinations of measures and adaptations to measures. Especially combining measures 6 and 7, reducing the buffer zone in measure 5 and only converting crops in measure 8.

Table 2: The primary and secondary effects of the considered measures and their effectiveness

	Measure	Water saved in mm, GHG	Water saved in mm, GLG	Water saved in mm, GVG	Secondary effects	Effective?
1	<i>No drinking water</i>	19	17	18	Increased demand for drinking water from other location	No, measure 7 is preferred
2	<i>No groundwater irrigation</i>	2	4	2	Increased demand for drinking water	No, problem is moved
3	<i>No drainage pipes and tertiary waterways</i>	10	3	8	Nuisance near cities, habitat reduced	With adaptations, can be implemented outside cities
4	<i>Raising drainage base</i>	38	24	35	Floodings, failed crops	More research needed, measure 5 is preferred
5	<i>Constructing stream valleys</i>	8	7	8	Reduction in agricultural area, habitat increased	With adaptations, smaller buffer zone
6	<i>Infiltration from primary waterways</i>	2	4	3	-	With adaptations, only if combined with measure 1 or 7
7	<i>Water storage in blue engines</i>	80	82	68	-	Yes, and can be combined with measure 7
8	<i>Converting forests and crops</i>	27	28	27	Loss of natural recreational area, crops less vulnerable	With adaptations, only converting crops
9	<i>No urban area</i>	9	3	8	If only streets removed: less nuisance from heavy rainfall	With adaptations, reducing coverage of streets, parking lots and pavement

1. Introduction

The Dutch have a long history in water management. Vulnerable parts of the coastline are defended by the impressive Delta works. Large scale land reclamation has enabled cities and farms to expand. Parts of the country are actively drained to maintain dry feet. Partially because of this the Netherlands is the second largest agricultural exporter, only behind the United States (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2019).

The abundance of water was long taken for granted. However, during the twentieth century the first signs of drought were noticeable (Rolf, 1989). This was a consequence of long-term drainage. It is expected that climate change will cause periods with either too much or not enough water. Water shortages can be damaging to nature and agriculture. Too much water can cause flooding. In order to prevent damages the water system has to be made more robust.

A robust water system stores water during wet periods. This way it does not cause nuisances and is not wasted by running off. When there is a dry period this buffer can be used. Measures for a robust water system can be difficult to implement when most of the soil consists of sand or clay. Sand particles are relatively large. They cannot hold water. Clay particles on the other hand are very small. They are packed tightly together and prevent water from infiltrating in the soil (Environment Agency, 2008).

Since the Netherlands is a river delta a large portion of the soil consists of clay. The higher lying areas mainly consist of sand. Finding measures to make the water systems with these soils more robust will improve the climate resilience of the entire Netherlands. This research is focused on designing a more robust water system in the Liemers Bevermeer area. This lies next to two rivers and the soil consists of clay and sand. This area is managed by Waterschap Rijn en IJssel, hereafter called WRIJ. The entire management area of WRIJ can be seen in Figure 1. They have determined that retaining 100 millimeters extra water during the summer period would make the water system more robust.

This is the first chapter and serves as an introduction. In the second chapter a literature review is presented to give a clear picture on the developments on drought in the Netherlands and specifically the study area. An overview of the project area is also given. The third chapter consists of the problem statement, research objective and the research questions. Chapter four contains the methods. In chapter five the results of the literature review and data analysis are presented. These are then discussed in chapter six, together with the results of the expert interviews. In chapter seven conclusions are drawn and recommendations for future research are given.

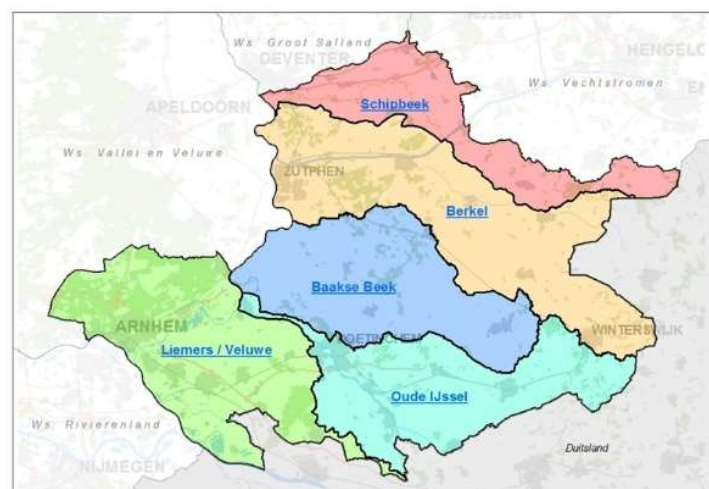


Figure 1: The management area of WRIJ. The Liemers Bevermeer is part of the Liemers / Veluwe

2. Theoretical framework and context

2.1 Introduction

Situated in a river delta there has long been an abundance of water in the Netherlands. Large scale land reclamation already took place during the tenth century. Ditches and canals were dug out to drain the fenlands by gravity. (de Bakker & van den Berg, 1982). Later innovations like windmills and steam engines made it possible to drain land below sea level. The dry land could be used for large scale agriculture and was a safe place to settle. Over the centuries the land slowly subsided. Drainage had lowered the water level which allowed the peat soils to oxidize. The countermeasures were straightforward: raising the dikes and draining excess water. Water was a nuisance and the system was designed to remove water as quickly as possible. During the twentieth century the Dutch population increased threefold (Centraal Bureau voor de Statistiek, 1999), raising the demand for water. At the same time there were increased droughts due to climate change. This has caused a shift in the Dutch water management.

Classical water management

The first Delta Committee was founded in 1953 in response to the North Sea flood, or Watersnoodramp in Dutch. Their task was to answer the question ‘... which water engineering provisions should be made with regards to the areas affected by the storm surge’ (Maris, et al., 1961). The main goal was to provide advice on how to prevent a new disastrous flood. The minister of Transport and Water Management stated that the choice was to ‘either raise over one thousand kilometers of dike by more than one meter (...) or shorten the coastline considerably’. Building larger, more robust water works was seen as the only solution. Twelve of the fourteen committee members were civil engineers. Their preliminary findings led to the first Delta Law. This was the legislative framework to construct the Delta Works.

First signs of desiccation

In 1968 Rijkswaterstaat published the Eerste Nota Waterhuishouding or First Note on Water Management. This document focused on water drainage and supply, rather than flood risks. There were already concerns that salinization could become a problem in the future. In regard to the higher Netherlands the Note states that there are three main problems: water nuisance during periods with heavy rainfalls, agricultural water supply in dry periods and water supply to the population and industry. There was a high degree of uncertainty and no concrete measures were given. The expectation was that more groundwater should be used.

Desiccation on the public agenda

The Second Note on Water Management was published in 1984. Here it was noticed that the groundwater table had lowered in large parts of the Netherlands. There were also concerns about desiccation. It was unclear whether these were long-term problems. Further research was requested. In 1989 Rolf concluded that the lowering of the groundwater table was structural. He has researched the developments on a national scale and recommends to further investigate the groundwater on a regional level. In the same year Groen et al. confirmed that the desiccation was structural too. In 1989 the Third Note on Water Management was also published. Here drought was finally admitted being a problem. In the following year 1990 the government set themselves the goal to repair 25% of desiccated area of 1985 by 2000. In 2000, only 3% was repaired (Compendium voor de Leefomgeving, 2006).

High urgency

A new Delta Committee was formed in 2007. While they built upon the result of the previous Delta Committee, this new committee had a distinctively different character. It was not formed in response to a disaster but to 'avoid that we will ever end up in a threatening situation' (Veerman, et al., 2008). Their task was to provide advice on the protection against climate change. The context was broader than just protecting against the rising sea level. The members were not only civil engineers but also experts in sustainable development, climate hydrology and agriculture. The report was aptly titled 'Working together with water'. It contained twelve recommendations on water management. One of these was to raise the water level in the IJsselmeer by 1.5 meters. This can act as a buffer for dry periods. It was acknowledged that this would probably have no effect on the high sandy soils. It was recommended to improve the water retention.

Developments relevant to the WRIJ management area

The years 2018, 2019 and 2020 were exceptionally dry. These showed once again that the Dutch water system can be vulnerable and called more attention to the consequences of droughts.

The program Elke druppel de grond in ('Each droplet into the soil') was started by WRIJ in 2018. The goal is to work together with farmers, the largest landowners, to combat drought. The management area has 1230 farmers, of which 25,5% participated in the program by 2021 (Waterschap Rijn en IJssel, 2021). The program enables the implementation of measures on a plot-by-plot scale. Examples of measures are closing off culverts, developing flow meadows and constructing drought weirs. Closing off culverts reduces drainage. Flow meadows are plots of land that are purposefully inundated during the winter. The water then infiltrates in the soil and benefits crops that grow during the summer. Drought weirs are placed in locks and small water streams. They reduce the discharge and flow speed. Water leaves the area less quickly and can infiltrate in the soil. With these measures farmers have access to more water and less washout of nutrients.

In 2021 the research 'Droogte in zandgebieden van Zuid- Midden- en Oost-Nederland', Droughts on the sandy soils of the southern, middle and eastern Netherlands, or drought study, was published (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland). The goals were to understand the consequences of the droughts, find opportunities to minimize damages in the future and develop methods to monitor droughts. The researchers found that the water system was ill-equipped to handle droughts. It was designed to remove water during the winter, without forming a buffer for the summer. Measures were only taken incidentally and at the last moment. This caused them to be ineffective. For example, using surface water for irrigation was forbidden. Therefore farmers pumped up groundwater, which was not regulated. This reinforced the damages caused by the drought. Several structural solutions could be increasing the groundwater supplementation, reducing dewatering and creating hydrological buffer zones. Extra groundwater supplementation raises the groundwater table and provides a buffer for dry times. This must be combined with raising the water levels in dewatering locks. Otherwise the extra water is simply drained. Hydrological buffer zones can reduce desiccation of natural areas. However, the groundwater level must be raised to keep these areas wet.

Also in 2021, the document Bouwstenen voorraadbeheer ('Building blocks stock management', where stock refers to groundwater) was published (van Immerzeel). This is an exploratory study and contains general measures to make the water system in the management area of WRIJ more balanced. This could be done by retaining 100 millimeters extra water during the summer. The water has to be accessible to

other users. This is approximately equal to the expected rise in precipitation deficit or the increased use from farmers. However, possible water nuisance resulting from these measures were explicitly not considered. The measures are separated in five different directions: drain less water, supply more water, let more water infiltrate, use less water and let less water evaporate. The data that these building blocks were based on will be used in this research.

2.2 Area description

The Liemers Bevermeer is part of the management area of WRIJ. Its location can be seen in Figure 2. It is located to the south-east of Arnhem. Along the south-western side flows the Nederrijn. From the western to northern side flows the IJssel. The northern border is formed by the Oude IJssel. These rivers can have an impact on the groundwater level. Along the south-eastern side lies the sand ridge of Montferland. Several cities are in the area. Water might struggle to infiltrate into the soil here. This is due to the large amount of stone covering. The rest of the region has an agricultural purpose. The elevation varies between 8.40 meter and 9.50 meter in the polder area. The elevation around the cities ranges from 9.80 meter to 13.50 meter. The majority of the peak of the sand ridge lies at 85 meters to 90 meters. Elevation data was taken from Actueel Hoogtebestand Nederland 3 (2019).

The area is located between rivers. Historically there were regular floodings. First dikes were built to defend individual cities, later these were connected to protect a larger area. The Liemers Bevermeer was turned into a polder to remove the water. Normally the water is drained by gravity, but not when the water level in the rivers is high. Therefore pumping stations were built. This focus on drainage is part of the reason that the area is vulnerable to desiccation.

Most of the soil consists of river clay. Around the cities of Didam and Wehl the soil consists of sand. This distribution can be seen in Figure 3. Together with the area's dependency on precipitation this can cause frequent flooding or drought (Liemers Actueel, 2016) (de Gelderlander, 2017) (de Gelderlander, 2020).

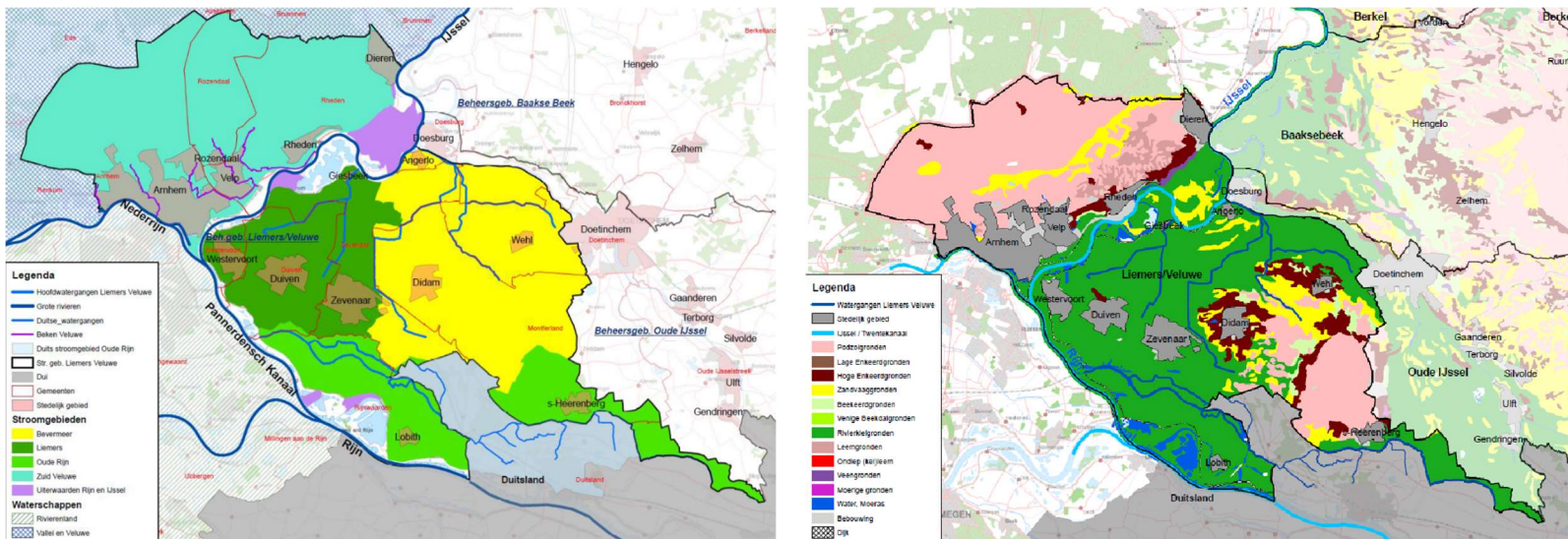


Figure 2: The study area in dark green and yellow on the left. The right image shows the soil composition. Images taken from Engelbertink et al. (2015)

3. Research objective and questions

In this section the problem statement is given. From the problem statement the research objective follows. This objective is then used to formulate research questions.

As is covered in the literature review, desiccation in the Netherlands is a well-researched topic. However, regional solutions are not yet implemented. On a high level the solutions are clear: retaining water and using it more economically. The Liemers Bevermeer is a vulnerable region. It has a relatively high urgency to be made more robust.

The Liemers Bevermeer was historically designed to drain water. Due to the layout the area is dependent on precipitation for water. Climate change will lead to more irregular weather patterns. Both floodings and desiccation are more likely to occur. The current water system is not robust enough to prevent nuisance and damage.

The objective of this research is to find the most effective measures to increase the amount of water available to agriculture, nature and the public water system in the Liemers Bevermeer by 100 mm during the months April to September without increasing the occurrence of water nuisance.

The main challenge on sandy soils is that water infiltrates too quickly. Clay soils on the other hand are impermeable. This could mean that certain measures only have the desired effect on one type of soil.

Do different measures have to be taken on sand and clay soils?

The effects of certain measures have been determined for the entire Netherlands. This data has a coarse resolution. WRIJ has worked out some of these measures for the entire management area. The effects of these measures can be taken as a starting point to determine the effects on the Liemers Bevermeer specifically.

Which measures are most effective to retain 100 mm extra water in the Liemers Bevermeer?

The amount of stored or saved water is easily quantifiable. However, secondary effects like influences on agriculture, nature or the nearby cities can be difficult to estimate. Therefore expert judgement is needed.

What are the secondary effects of the measures resulting from the second research question?

4. Methods and scenario descriptions

4.1 Introduction

In this chapter the processes of the expert interviews and data analysis are described. First the expert interviews are covered. Then the source of the data for the data analysis and their use is given.

4.2 Expert interviews

In total four experts have been interviewed. These were selected based on their expertise: water in urban areas, the system expert of the Liemers Veluwe, ecology in the Liemers Veluwe and agriculture. They were interviewed in this order. Due to technical limitations the first interview was not recorded and notes were made during the interview. The three other experts agreed to the conversation being recorded and transcribed. These can be found in Appendix A: Transcripts of the interviews. Each interview lasted approximately thirty to forty minutes. The expert was first asked how the groundwater plays a role in their field of work as a 'warm-up' question. Then each of the nine measures was shortly explained and for each the expert was asked what the secondary effects could be regarding their field of work. Over the course of the interviews the answers would often shift from stating the secondary effects to determining whether the expert would be in favor of implementing the measure. More specific questions had to be asked to steer the conversation to the desired answers. The answers of previously interviewed experts were also used to pose questions in the next interview.

4.3 Data analysis

The purpose of the measures is to increase the availability of groundwater. Measures can be taken in five different directions to come to this goal: reducing water runoff, supplying more water, infiltrating more water in the soil, using less water and reducing evapotranspiration. Based on these factors measures were determined in the previously mentioned drought study. WRIJ has selected several of these measures and added measures of which they would like the results. These can be seen in Table 3. Since this research is still exploratory the selection of measures does not have a solid reasoning and was determined by several cooperating experts. The effects of the measures have been modelled with the AMIGO model for the entire WRIJ management area. The model and drawbacks of the data were covered in the research proposal. This description can be found in Appendix B: Description of the National Hydrological Instrument.

Table 3: Connection between the measures in this report and the scenarios in internal WRIJ documentation

Term in this report	Action	Term in internal WRIJ documentation
Measure 1	Stopping drinking water extractions	Scenario 7
Measure 2	Stopping irrigation from groundwater	Scenarios 8 & 9
Measure 3	Removing drainage pipes and tertiary waterways	Scenarios 11 & 13
Measure 4	Raising the drainage base	Scenario 10
Measure 5	Constructing 'stream valleys'	Scenario 12
Measure 6	Infiltration from primary waterways	Scenario 14
Measure 7	Water storage in 'blue engines'	Scenario 15
Measure 8	Converting forest to heathland and planting different crops	Scenario 16
Measure 9	Removing urban area	Scenario 17

In total nine different measures are considered. First a reference scenario is calculated. Then for each measure a scenario is calculated. The effects of the reference scenario are then subtracted from the scenario with measures to find the difference. This is done for the period 2012-2020. This contained the exceptionally dry years 2018, 2019 and 2020. The effects on the GHG, GLG and GVG are determined. These terms are explained in Table 4. The model output is a collection of raster data files. These show the effects on the groundwater level if the measure were to be implemented with a 250x250 meter pixel resolution. All images of the effects on the groundwater level in the study area can be found in Appendix C: Images of the effects of the measures on the groundwater level.

The raster data was analysed with the Data Analysis tool in the ArcGIS Pro software to find extreme values and patterns. A simplified soil type map was copied and converted to raster data. (de Vries, Walvoort, & Brouwer, 2017). Each soil type was given the specific yield as determined in the literature review. The Raster Calculator in the ArcMap software was then used to multiply the soil type raster with the groundwater level rise rasters to determine the amount of water saved per measure in millimetres.

Table 4: Explanation of the used abbreviations based on van der Gaast et al. (2006)

Abbreviation	Dutch term	English translation	Definition
HG3	Hoogste drie grondwaterstanden	Highest three groundwater levels	The average of the three highest groundwater levels in a hydrological year
LG3	Laagste drie grondwaterstanden	Lowest three groundwater levels	The average of the three lowest groundwater levels in a hydrological year
VG3	Voorjaars grondwaterstand	Springtime water level	The average of the groundwater levels on the dates March 14, March 28 and April 14
GHG	Gemiddelde hoogste grondwaterstand	Average highest groundwater level	The average of the HG3 for at least eight consecutive hydrological years without adaptations to the water system
GLG	Gemiddelde laagste grondwaterstand	Average lowest groundwater level	The average of the LG3 for at least eight consecutive hydrological years without adaptations to the water system
GVG	Gemiddelde voorjaars grondwaterstand	Average springtime groundwater level	The average of the water level on April 1 for at least eight consecutive hydrological years without adaptations to the water system
GxG	-	-	Used to refer to the GHG, GLG and GVG

Measure 1: Stopping drinking water extractions

In this scenario all extractions for drinking water have been removed. Their locations can be seen in Figure 3. Two extraction locations lie at the southern edge of the Veluwe, near Arnhem and Ellecom. These have extraction rates of respectively 5 and 4 million cubic meters per year. Two are located on the ridge of Montferland near Zeddum. These extract 4 and 1 million cubic meters per year (Waterschap Rijn en IJssel, 2015).

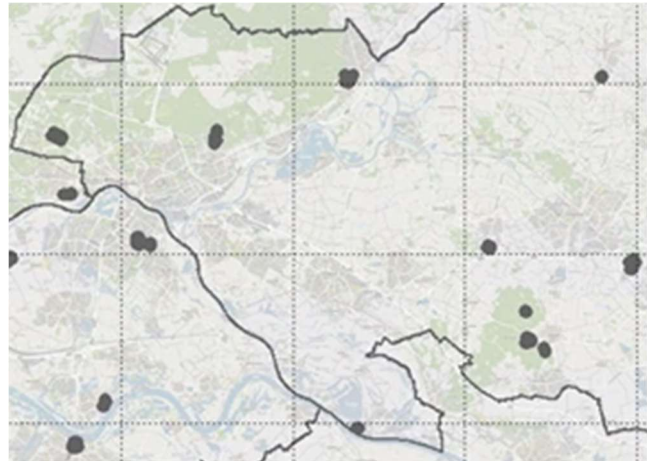


Figure 3: Drinkwater extraction locations near the Liemers Bevermeer

Measure 2: Stopping irrigation from groundwater

There are two different measures that involve stopping irrigation from groundwater. These are stopping the irrigations altogether, and only stopping the irrigations in a 1 kilometer zone around natural areas. These natural areas are represented in Figure 4 as blue circles. In the reference scenario no irrigations take place. To find the effects of this measure a scenario is created that does contain irrigation locations. These are represented in Figure 4 as red dots. The reference scenario is then subtracted from the irrigation scenarios to determine the effects of the measures.

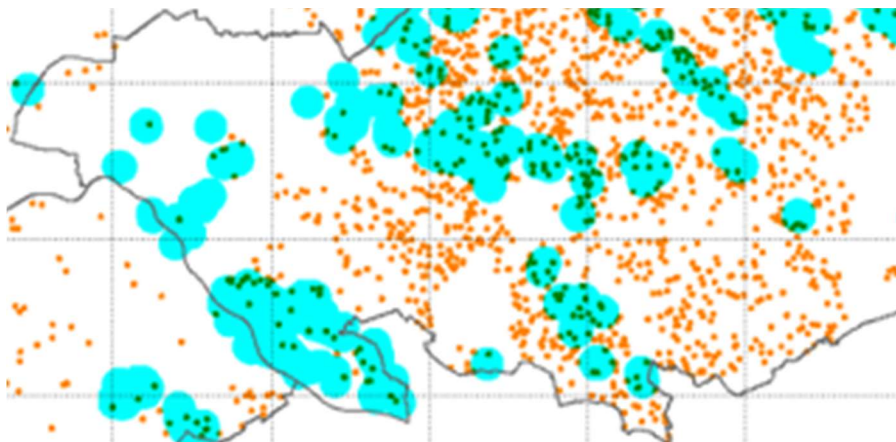


Figure 4: Irrigation locations and natural areas near the Liemers Bevermeer

Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways

Removing the drainage pipes and tertiary waterways attempts to reduce the flow of water to the primary waterways. Drainage pipes are pipes with holes that lie underground to remove groundwater. Tertiary waterways are small locks that aid in removing surface water. These are not managed by WRIJ. The latter are combined in the TOP10 database. These can be seen in Figure 5. The locations of drainage pipes are shown in Figure 6. Note that relatively few are present in the Liemers Bevermeer.

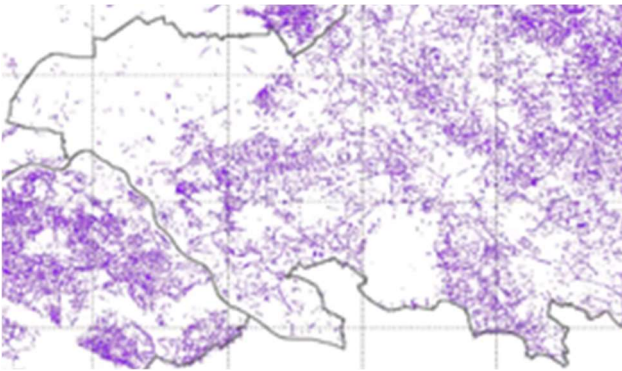


Figure 5: Tertiary waterways near the Liemers Bevermeer

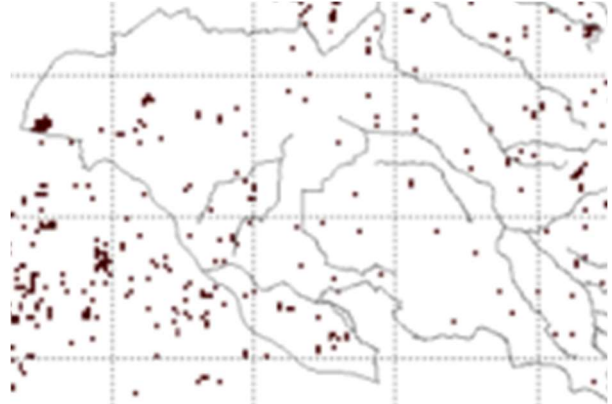


Figure 6: Drainage pipes near the Liemers Bevermeer

Measure 4: Raising the drainage base

The goal of this measure is to reduce the flow of groundwater to the primary waterways. This is done by raising the bottom of dewatering canals and locks by 30 centimeter. The water level is then raised too by 30 centimeter. So the total discharge in a normal situation does not change, only the water level relative to the surrounding area.

Measure 5: Constructing 'stream valleys'

The conventional waterways are relatively wide canals that can quickly drain excess water. This can be seen in Figure 7. This is beneficial when there is a large amount of excess water but can also dry out the system. Instead, stream valleys are constructed. The primary waterways are narrowed and the water level is raised by 30 centimeters. In the 50 meters on both sides of the waterway a buffer zone is created and the drainage pipes are removed. In dry periods the water only flows through the narrow waterway, while the 100-meter-wide valley can be used during wet periods.



Figure 7: The Wijde Wetering near Giesbeek.

Measure 6: Infiltration from primary waterways

As stated in the previous measure, the primary waterways are meant to dewater the area. Their locations can be seen in Figure 8. In the reference model these to have no infiltration to the surrounding area. Otherwise water would continuously be infiltrated from the waterway, without ensuring that the total discharge remains large enough. In this scenario they are set to have an infiltration factor of 0.3, which implies that the discharge is large enough to both infiltrate to the surrounding area and keep the design discharge.

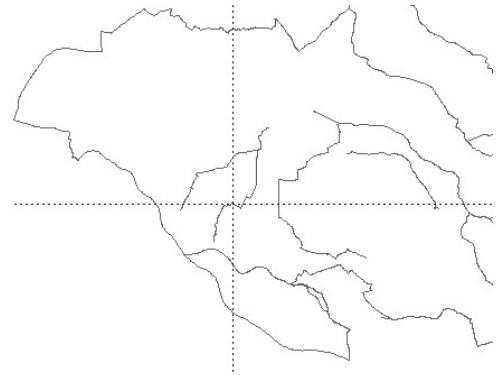


Figure 8: The locations of the primary waterways in the Liemers Bevermeer

Measure 7: Water storage in 'blue engines'

Landscapes that store a large amount of fresh water are so called 'blue engines'. A sand ridge often forms a 'blauwe motor' or blue engine. Near the study area these are the ridge of Montferland and the Veluwe. A wet natural area forms a 'kleine blauwe motor' or small blue engine. One of these are the Kruisbergse forests, just outside the study area north of Doetinchem, along the Oude IJssel. In this scenario these are infiltrated by respectively 300 millimeter and 100 millimeter water from December 1 to April 1. This buffer is then available during the summer.

Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops

This measure is meant to reduce the evapotranspiration. In the model all pine forests are converted to heathlands and the evapotranspiration of crops is set to be 10% less.

Measure 9: Removing urban area

The goal of this measure is to improve water infiltration in the soil. In the model urban area has been set to 0. This means that all cities are removed. Their locations can be seen in Figure 9.

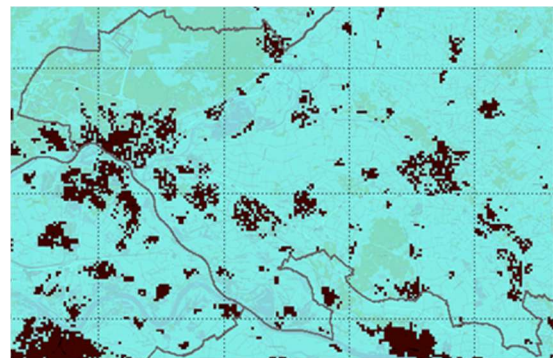


Figure 9: The locations of the urban areas in the Liemers Bevermeer in brown

5. Results

5.1 Introduction

In this chapter the results of the literature review and data analysis are given. The transcriptions of the expert interviews can be found in Appendix A: Transcripts of the interviews. The names of the experts are left out and their field of expertise used to identify them. The transcripts are presented in the order that the interviews were conducted. As stated in the methods, the transcript of the interview with the civil water expert is not available.

5.2 Literature review

In the GIS maps the effects of the measures are expressed in a groundwater level difference in meters. The water retention goal is expressed in millimeters per square meter. Soils are classified by the size of the particles, the grain size. The three main soil types are, in increasing order of grain size, clay, silt and sand. Soils consist of a mix of these materials. The soils present in the Liemers Bevermeer can be seen in

Table 5. The differences in grain size mean that the same amount of water has different effects on the groundwater level in different soil types. In order to convert the groundwater level difference to millimeters the water storage capacity of different soil types should be determined.

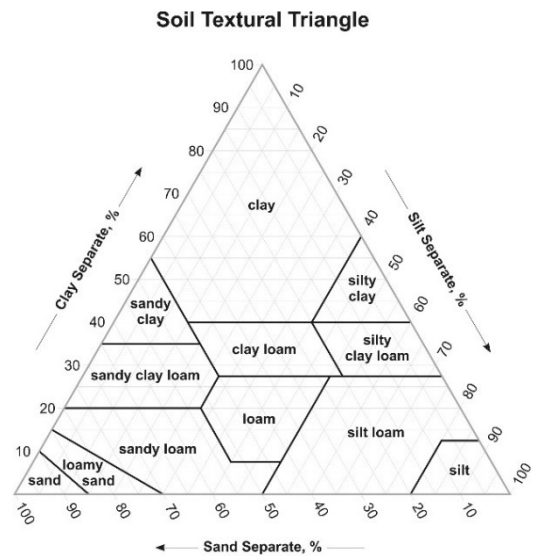


Figure 10: A soil classification triangle showing the combinations between the three main soil types. Image adapted from Thien (1979)

Table 5: The translation from Dutch to English soil types

Soil type according to de Vries et al. (2017)	Definition according to van der Meulen et al. (2003)	English term according to the soil textural triangle in Figure 10
Zand	Soil containing sand	Sand
Lichte zavel	Sandy soil containing 8% – 17.5% clay	Loamy sand
Zware zavel	Sandy soil containing 17.5% – 25% clay	Sandy loam
Lichte klei	Soil containing < 35% clay	Sandy clay loam
Zware klei	Soil containing >50% clay	Clay

The specific yield

In a dry soil the spaces between particles are empty. The ratio of void to the total volume of soil is called the porosity. This is expressed in a dimensionless number between 0 and 1. It can be possible that voids are trapped in the solid material or otherwise inaccessible to water. The void that is accessible to water is called the effective porosity.

This term is often misused as described by Olsthoorn (1977). The effective porosity is an important parameter in determining the flow speed of groundwater. However, the term is also commonly used to refer to volume of water that can be stored in the soil. These two parameters are related but do have

different values. Then there is a difference between the voids that are accessible to water, and the voids that are left behind when the groundwater level is lowered. When the groundwater level is lowered some moisture will be left behind in the soil. The amount of water the soil then can store when the groundwater level rises again is called the specific yield. When the terms storage capacity or storage coefficient are used in this report these refer to the specific yield.

In hydrology there is a distinction between the permeable and the impermeable layer in a soil. The permeable layer can transport water and often consists of sand or other materials with relatively large grains. The impermeable layer does not let water through and often consists of clay. Because clay soils are so impermeable there is little research into their water storing capacities. Data about the storage capacities of sandy soils are more available.

WRIJ uses a storage coefficient of 0.25 as a rule of thumb. Applying one coefficient to the entire study area will probably give an inaccurate conversion with large under and overestimations. Lv et al. (2021) have compiled the results of a large number of studies regarding the specific yield of soils. Only one of these studies gives an estimation of the specific yield in clay soils. This is a literature study by Johnson (1967) of soils in California, USA. He gives a minimum value of 0.00 and a maximum value of 0.05, with an average value of 0.02. This value will be used for the clay soils in the north-western and central part of the study area.

Loheide II, Butler & Gorelick (2005) have determined the specific yield of the other soil types, compensated for a depth of 1 meter. It must be noted that while the classifications fit the definitions of Table 5, the clay contents of the soils they researched were generally near the lower bound. The specific yield values used in this report can be seen in Table 6.

Table 6: The specific yield values used in this report

Soil type	Specific yield
Sand	0.38
Loamy sand	0.34
Sandy loam	0.29
Sandy clay loam	0.17
Clay	0.02

5.3 Data analysis

Measure 1: Stopping drinking water extractions

The effects of removing the extractions on the ridge of Montferland are the largest. At the current extraction point the GHG rises by 5.35 meter. The large groundwater level rise persist on the entire ridge. Northwest of the Doetinchemseweg/Beekseweg the groundwater level rise has lowered to approximately 10 centimeter, and it gradually lowers over the rest of the sandy soils. Stopping extractions on the Veluwe also has a limited effect. The groundwater level is only expected to rise in a very small part of the study area, by 1 to 2 centimeter near Lathum.

The GLG scenario shows a comparable pattern. The ridge of Montferland is majorly affected, while the area near Wehl and south of the Veluwe show less effects. In general the groundwater level rises more than in the GHG scenario, but the effects are less spread out. The exception is the northern part of the study area. Removing drinking water extraction on the Veluwe now results in a groundwater level rise of 1 to 2 centimeter between Westervoort and Angerlo, with a peak of 6 centimeter near Lathum.

This measure saves on average 17 millimeter water in the GHG scenario and 19 millimeter water in the GLG scenario over the entire study area. However, the vast majority of water is saved at the extraction locations near Zeddum and on the ridge of Montferland.

Table 7: Water saved by implementing measure 1

Groundwater level	Extra water stored by stopping drinking water extractions in mm
<i>GHG</i>	19
<i>GLG</i>	17
<i>GVG</i>	18

Measure 2: Stopping irrigation from groundwater

Only stopping irrigation near natural areas has a negligible effect. There are simply none of these areas in the Liemers Bevermeer, only at the very borders. Stopping irrigation in the entire study area does have an effect. The pattern of Figure 4 can also be seen in the GHG values. The effects in the Liemers are negligible. No irrigation takes place on the ridge of Montferland. However, because the irrigation in the surrounding area is stopped the groundwater level rises by 2 to 3 centimeter. The area around the village of Loerbeek has the largest concentration of extraction locations. Here the positive effect on the GHG ranges between 3 to 4 centimeter. Outside this location the positive effects lie between 1 and 2 centimeter.

Where the effects on the GHG occur only in a part of the study area, the effects on the GLG are seen throughout the entire Liemers Bevermeer. The only exception is the region near Westervoort and Duiven. The same pattern as with the GHG is visible. The effects on the ridge of Montferland are nearly identical. The largest effect is still visible near the village of Loerbeek. Here the groundwater level rises by 6 to 8 centimeter. Where the area between Didam and Wehl was previously only slightly affected, now the groundwater rises between 3 and 5 centimeter. The groundwater in the rest of the area rises by up to 2 centimeter.

Table 8: Water saved by implementing measure 2

Groundwater level	Extra water stored by stopping irrigation from groundwater in mm	Extra water stored by stopping irrigation from groundwater around natural areas in mm
GHG	2	0
GLG	4	0
GVG	2	0

Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways

The effects of removing the drainage pipes on the groundwater level are limited. The effects on the GLG are negligible, less than a millimeter. The effects on the GHG are slightly larger. Near Duiven and Zevenaar there are several points where the groundwater is expected to rise by 14 centimeter. However, around these points the water level rises by only 1 to 4 centimeter. The area near Zeddam is also positively affected by 1 to 5 centimeter.

The results of removing both the tertiary waterways and drainage pipes are very different. The effects on the GLG are very moderate. Throughout the entire area the groundwater level is expected to rise by 1 to 2 centimeter. The GHG scenario also shows a groundwater level rise of 2 to 7 centimeter in the entire area. However, there are also several peaks where the water rises by as much as 55 centimeter near Duiven and Zevenaar. Throughout the area there are local peaks of a 20 centimeter rise.

Table 9: Water saved by implementing measure 3

Groundwater level	Extra water stored by removing drainage pipes and tertiary waterways in mm	Extra water stored by removing drainage pipes in mm
GHG	10	< 1
GLG	3	< 1
GVG	8	< 1

Measure 4: Raising the drainage base

In large parts of the study area the GHG rises by nearly 30 centimeter. The exceptions are the ridge of Montferland and the clay soils to the west. Here the groundwater level rise is more limited. However, the smallest effect here is still a groundwater level rise of 12 centimeter.

In general, the effects on the GHG are larger than those on the GLG. The groundwater rise in the GLG scenario is also more evenly distributed. Locations where the GHG rises by a large amount are less affected, and vice versa for locations where the GHG rises only very little. The effects range from 10 centimeter at the sides of the study area to 16 centimeter in the center. The clay soil is not affected differently than the surrounding area.

Table 10: Water saved by implementing measure 4

Groundwater level	Extra water stored by raising the drainage base in mm
GHG	38
GLG	24
GVG	35

Measure 5: Constructing ‘stream valleys’

The effects on the GHG and GLG are distinctively different. The GHG scenario shows a relatively large increase of the groundwater level along the primary waterways Wijde Wetering, Didamsche Wetering, Didamsche Leigraaf and Wehlse beek. This ranges from 10 centimeter to 15 centimeter. In the west and on the clay soil the groundwater level rises between a negligible amount, while the groundwater level on the sandy soils rises by 4 centimeter to 10 centimeter. The effects on the GLG are more spread out. The west is almost not affected. The groundwater level rises by 1 centimeter to 5 centimeter throughout the entire area, with a few peaks up to 13 centimeter.

Table 11: Water saved by implementing measure 5

Groundwater level	Extra water stored by constructing stream valleys in mm
GHG	8
GLG	7
GVG	8

Measure 6: Infiltration from primary waterways

The GHG scenario does not show a distinct pattern. The groundwater level rises by 0 to 2 centimeter, with local peaks between 4 and 7 centimeter. The measure has nearly no impact on the area near Westervoort and Duiven, but there is no difference between the clay and sandy soils. The effects on the GLG scenario are similar, with a moderate rise of 0 to 2 centimeter over the entire study area. There are also more distinct peaks visible. Along the Hoge Leiding and Wehlse Beek the groundwater is expected to rise by up to 16 centimeter. Where these intersect the effects can be as much as 22 centimeter. The area near the Wijde Wetering and Zevenaarsche Wetering shows similar effects. Along these waterways the groundwater can rise by as much as 21 centimeter. These two combine and flow into the Lake of pumping station Liemers. Here the groundwater can rise by 80 centimeter.

Table 12: Water saved by implementing measure 6

Groundwater level	Extra water stored by infiltrating from primary waterways in mm
GHG	2
GLG	4
GVG	3

Measure 7: Water storage in ‘blue engines’

The GxG rise by a large amount on the ridge of Montferland. The effects on the GHG are the largest with a maximum rise of 5.40 meter. The effects on the GLG are the smallest with a maximum rise of 4.80 meter. The GHG and GVG show a similar pattern with only minor differences near Kilder. The effects on the GLG are approximately 65 centimeter and 20 centimeter lower near the top and flanks of the ridge, respectively. In the 2- to 3-kilometer-wide area from the foot of the ridge the effects decline. On the sandy soils between Didam and Wehl the groundwater level is expected to rise between 2 and 5 centimeter.

Table 13: Water saved by implementing measure 7

Groundwater level	Extra water stored by storing water in blue engines in mm
GHG	80
GLG	82
GVG	68

Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops

The entire study area is affected, but again the largest effects are seen on the ridge of Montferland. The GHG and GVG show comparable patterns. The GHG and GLG behave differently throughout the area. The GLG rises by a large amount on the ridge of Montferland, between 15 centimeter on the slope and 120 centimeter at the top. It rises relatively evenly throughout the rest of the area, by 6 centimeter near the rivers and 12 centimeter at the foot of the ridge of Montferland. The GHG rises mostly on and around the ridge of Montferland, by 116 centimeter at the top and 13 centimeter on the slopes. The area around Loil and Wehl also shows a relatively large groundwater level rise, between 9 and 12 centimeter. The rest of the study area is positively affected by 3 to 4 centimeter.

Table 14: Water saved by implementing measure 8

Groundwater level	Extra water stored by converting vegetation in mm
GHG	27
GLG	28
GVG	27

Measure 9: Removing urban area

As can be expected, only the urban area is affected. The relatively unpopulated parts show nearly no water level rise in both scenarios. The GLG scenario shows only a minor raise of the groundwater. The largest increase is 8 centimeter in the center of Westervoort, with up to 4 centimeter in Didam, Wehl and little villages. The results on the GHG are very different. The centers of Zevenaar and Didam show peaks of up to 34 centimeter throughout the entire city center. In Westervoort and Duiven there are peaks of up to 54 centimeter. In between the cities the groundwater is expected to rise by up to 4 centimeter.

Table 15: Water saved by implementing measure 9

Groundwater level	Extra water stored by removing all paving in mm
GHG	9
GLG	3
GVG	8

6. Discussion of results

6.1 Introduction

In this section the results and possible limitations of the literature review, expert interviews and literature are discussed. First the literature is covered. Then the interviews and data analysis are combined and discussed per measure.

6.2 Literature review

As stated in the results section, the porosity of a soil is an important parameter in hydrology. Sandy and loamy soils are considered permeable and their porosity and storage capacity are well-researched. The accuracy of the specific yield of the sand, loamy sand and sandy loam soils can be considered accurate for the purpose of this research.

Clay layers are often assumed to be impermeable. There is less research into their water storage capabilities. In this research an average value of 0.02 was used for the specific yield of clay soils, while the values found ranges from 0 to 0.05. This means that the water stored in the clay soil could be both under- and overestimated by a factor of at least two. Moreover, part of the soil in the Liemers is classified as clay but does not behave like this. Only the top layer of one to two meter is clay, while the lower layer is sand like in the majority of the Bevermeer. This makes it likely that the specific yield for part of the study area is underestimated. This means that the amount of water saved per measure might be underestimated.

6.3 Data analysis and expert interviews

Measure 1: Stopping drinking water extractions

Completely removing drinking water extractions is not possible. Drinking water companies are obliged by law to supply drinking water. Water must be extracted from other locations to compensate. To increase the groundwater level in the Liemers Bevermeer part of the extraction could be moved from Montferland to the Veluwe. Here the groundwater supply is mostly dependent on precipitation. In order not to dry out this precious natural area the increased extractions should then only take place during summers with sufficient rainfall. However, when there is sufficient rainfall it is unlikely that the extractions from Montferland have to be lowered.

The other issue is that one of the goals of these measures is explicitly to make more water available for drinking water companies. Reducing extractions goes directly against this goal. It could be part of a solution when there is a severe water shortage and harvests are at risk of failing. However, the water that has been saved then still has to be pumped up and transported to the farmlands. It would be easier to keep extracting drinking water and irrigate from the local groundwater.

The system expert also noted that in the past the drinking water extraction near Zutphen was stopped. Here groundwater was extracted inside the city. The water contained too many heavy metals and the location had to be closed (Bult & van Engelenburg, 2016). As a result the groundwater rose and caused nuisance. This location was still present during the time period for which the model was used. Closing it has caused a 25 to 30 centimeter rise in groundwater. Stopping extractions near Montferland can cause a groundwater level rise of up to 60 centimeter in Zeddum and 's-Heerenberg. The system expert was in favor of moving some of the extractions from Montferland to the Veluwe, in order to reduce

desiccation. Especially since large rain showers can cause nuisances on the Veluwe and they reasoned that this water would otherwise go to waste.

However, the ecologist indicated that the streams on the sand ridges, both the Veluwe and Montferland, are so called 'sprengbeken'. No official English term exists, for this report the term spring stream will be used. These are manmade canals that originate in the groundwater. The height of the sand ridge makes that this water can be used to drive water mills. On the Veluwe these spring streams were of major industrial and economical importance. When the water mills were not needed anymore the streams were taken over by nature. This combination of historical and ecological significance makes these spring streams unique in Europe. Montferland only contains a single spring stream which is also of lesser significance. Shifting extractions from Montferland to the Veluwe could reduce the discharge in the important spring streams. This could cause warmer water which are more favorable to exotic species and could reduce biodiversity.

Measure 2: Stopping irrigation from groundwater

From the data analysis this seems to be a promising measure. It mostly has a positive effect on the lowest groundwater levels. These effects are spread out through the area and small enough not to cause nuisance. The highest groundwater levels are expected to rise less. A possible cause for this difference in GHG and GLG is that crops require the most irrigation when the evapotranspiration in plants is high. The agricultural expert supported this. This is during the warmer summer months, when groundwater levels are generally at their lowest. This explanation is supported by the fact that the amount of water saved during springtime is considerably less than that in the GLG scenario.

However, as with the previous scenario, one of the goals of the measures is to make more water available to agriculture. Restricting access to the water is then goes against this goal, even if the groundwater level rises. And the civil water expert stated that you could restrict access to water, but there would still be a demand for it. In cities there are mainly small users so these could choose to use drinking water. This increases demand from drinking water companies and moves the extractions from individual users to the extraction locations covered in measure 1. During the dry periods in 2018, 2019 and 2020 WRIJ has also issued an irrigation ban for surface water. When this is combined with a ban on groundwater irrigation farmers will have to use drinking water too. This demand would be too large for the current drinking water infrastructure.

Measure 3: Removing drainage pipes and tertiary waterways

When comparing these scenarios it is clear that the removal of drainage pipes has a near negligible effect. As noticed in the scenario description, few of these are present in the study area to begin with. From here there are two ways of reasoning. Since the drainage pipes seem to serve no purpose they can be removed without trouble, every small measure will contribute. Or, since the effect of removing these pipes is so small it would not be worth it to remove them. The second would be the safest approach. While the model indicates that there will be no nuisance, it determined these results for very dry years. Moreover, the civil water expert stated that the groundwater situation under a city is difficult to determine due to the large amount of human interventions. The drainage pipes are located near the cities and could prevent flooded basements in wet years. With the model possibly underestimating the impact of the drainage pipes and de nuisance mostly occurring in urban area it would be best to simply leave them in place.

Removing both the drainage pipes and tertiary waterways moderately affects the lowest groundwater level values, but has a large effect on the GHG values. The tertiary waterways serve to remove excess water from the surface. In general the lowest groundwater levels occur in dry periods during the year, with a low amount of precipitation. Higher groundwater levels occur during periods with more precipitation. Removing the tertiary waterways means that this precipitation now infiltrates in the soil and increases the already high water levels. This can cause nuisance, especially since a large amount of the groundwater level rise occurs near the cities Duiven and Zevenaar. As stated before, groundwater rise in urban area can cause nuisance.

However, the groundwater rises over the entire study area. This could be very beneficial on the clay and sandy soils. The ecologist noted that the tertiary waterways are 'unused' spaces that are used by mammals to migrate. If the waterways are removed and the extra area is converted to farmland their movement could be hampered.

Measure 4: Raising the drainage base

Raising the drainage bases directly raises the groundwater level throughout the entire study area. This measure preserves the largest amount of water, but there are also several severe drawbacks. One of these is purely practical. As can be seen in Figure 7, the water level in some of the waterways is already very close to the surface level. Here it is not possible to increase the water level. However, since the groundwater rise almost directly corresponds to the surface water level rise this indicates that the water level could be increased by a smaller amount, while still having an effect.

The system expert noted that most of the primary waterways also originate near cities. As covered before, this can cause problems. The model also shows an expected groundwater level rise of 25 to 30 centimeter in Duiven, Zevenaar and Didam.

Another potential problem is that raising the water level and river bottom reduces the profile of the waterway. This lowers the potential maximum discharge and could lead to local floodings when peak rain showers occur and the system is not able to discharge the water fast enough. As the system expert noted, this does not have to be a problem with clear communication and agreements with landowners. This is relatively easy when the surrounding area is farmland and only several farmers are involved. However, in a city there are more landowners on the same surface of land. This makes it difficult to make agreements.

Lastly, the majority of the water level rise takes place during springtime. The agricultural expert indicated that using heavy machinery on wet soils can lead to damages that last during the entire farming season. One of the consequences of this measure is that farming can only start later in the season.

Measure 5: Constructing 'stream valleys'

Just as in measure 4, the water level is raised by 30 centimeters. However, the impact on the groundwater level is significantly smaller. In this scenario the waterways are also narrowed, which causes a lower total discharge. A larger rise in groundwater would thus be expected. The difference could be explained by two factors. As covered in the previous measure, sometimes the current water level is already so close to the surface that it is not possible to increase this even more. The agricultural expert added that the surrounding area is so flat that floodings are not confined to the space near the waterways. Implementing measure 4 in the model could mean that large parts of the study area are

flooded. This then causes the large groundwater level rise. In measure 5 these floodings are only confined to the 100 meter buffer zone, thus having a smaller impact on the groundwater level in the entire study area.

Measure 6: Infiltration from primary waterways

The model data shows favorable results. The groundwater level rise happens gradually throughout the area, even on the clay soils. The measure has relatively little effect on the GHG and a relatively large effect on the GLG. This means that there is a low potential for nuisance during wet periods and that the water is primarily available during dry periods. The majority of the urban area is unaffected. The only city that is affected is Giesbeek. This is because the bottom of the lake near pumping station Liemers is also set to be porous. In reality this measure would only be taken in the main waterways, so this water level rise would be prevented. This combination of a large groundwater level rise during dry periods but a small effect near cities makes this a very promising measure.

Three experts were in favor of this measure. The general consensus was that it would be a waste to let the water in the primary waterways run off unused. However, the agricultural expert was skeptical. His remarks were in line with the issues described in the next two paragraphs.

As alluded to in the scenario description the waterways are set to continuously infiltrate. Part of the model is meant to simulate groundwater flowing to the surface. This is a normal occurrence. This water is together with precipitation discharged via the waterways. The options for modelling infiltration from surface water to groundwater are limited. This mostly happens in the larger rivers like the Rijn, IJssel and Oude IJssel. Their discharge is so large that infiltration is a constant. The discharge in primary waterways is relatively small and fluctuates throughout the year. Applying the same constant in the model to the primary waterways means that their infiltration can be overestimated. As a result extra water is 'generated' in the model. The large positive effects of this measure can be exaggerated due to the way it is constructed in the model.

This does not necessarily mean that the model is built wrong. The primary waterways discharge groundwater. Infiltration from the primary waterways then means there is a situation where the groundwater level is high enough to discharge to the waterway, but also low enough for the waterway to infiltrate to the ground. In reality this is impossible or would require very large regional differences in the groundwater table. It is logical that this cannot be implemented in the model.

Measure 7: Water storage in 'blue engines'

Incidentally the results of this measure are similar to that of measure 1, removing drinking water extractions. These extractions happen mostly on the sand ridges. Stopping these extractions greatly raises the groundwater table in these systems. Storing water in these ridges is a different measure that comes to the same result.

The experts were divided on this topic. Both the civil water expert and the agriculture expert reasoned along the same line. The first thought it would require a large amount of effort to transport the water to the blue engines, and then to the place where it would be needed. The second believed that it would take a large amount of effort for relatively little return. He stated that it should only be done as a last resort, to prevent irreversible damages to the natural area.

The system expert and the ecologist were both in favor of the measure. The system expert commented 'For this area, yes, because we are in between those sand ridges. (...) So if you can store it there, then there would be supply from the east and west. I think that would be fantastic.' The idea is also not entirely new. A similar process takes place at the Waterleidingduinen near Amsterdam. Here water is introduced from outside the dunes. After infiltration the water is extracted as drinking water.

Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops

This measure saves a large amount of water on the ridge of Montferland and a moderate amount throughout the entire study area. The ridge of Montferland is heavily forested, converting this to heathland drastically reduces the evapotranspiration. The rest of the study area is primarily farmland, which explains why the groundwater level in the entire area rises.

None of the experts supported the idea of converting forests into heathland. The system expert stated that a large amount of people visit the area to relax. Converting the forest would drastically alter this experience. The ecologist agreed and stated that instead of adapting nature to increasing water usage, the water usage should be decreased. However, all experts were in favor of planting different crops. Farming is generally seen as a less natural and more manmade process. Adapting the vegetation here would have a smaller impact on ecology and people's perception of nature. While progress is being made, the agricultural expert stated that it would still take a period of five to ten years for this measure to become widely implemented. Currently mostly corn is planted in the study area. Specific species have been refined to the Dutch climate and demands over the course of several decades. Sorghum seems to be a promising alternative crop which requires less water. However, this is relatively new and improving this crop to the point that it is a viable alternative will take several years. An added benefit is that more diverse crops reduce the risk of pests.

Measure 9: Removing urban area

In the model this measure is implemented by removing all cities. As can be expected, positive effects mostly occur in city centers. Because the Liemers Bevermeer contains a relatively large amount of cities, the area in between those is also effected. In order to still receive useful answers this measure was presented to the experts as reducing the amount of paving in cities. Each expert was in favor of the measure. Several ideas were given. Like removing paving from rural roads and roads with a dead end and leaving parking lots half open. The ecologist added that this mix of paving and open sand can be home to unique species. It can also improve infiltration in the soil. This water could otherwise have run off and cause nuisance in the surrounding built area or lower lying agricultural areas.

7. Conclusions and recommendations

The results and effects of the measures are summarized in Table 16 on the next page. Stopping the drinking water extractions saves a considerable amount of water on Montferland and the Veluwe, with the obvious drawback that there is no more drinking water available. Storing water in blue engines has the same benefits without the drawbacks and is preferred. Forbidding irrigation from groundwater would move the extractions to surface water. Surface water extractions have been banned several times during dry periods, so the only other water source would be drinking water. This infrastructure is not suited for such an increase in demand and the measure should thus not be implemented. There are relatively few drainage pipes in the area and removing those thus has little impact. It would be better to leave them in place and risk losing a relatively small amount of water. If they are removed and nuisance does occur in urban areas the overall support for water saving measures could decrease. Removing tertiary waterways has an effect on the entire study area. It would be best to leave the ones near urban areas in place and still leave several in the farmlands to prevent the soil from becoming too wet. The new area that becomes available by removing some of the waterways should remain unused to not reduce the habitats of mammals. Raising the water level in the primary waterways shows a large increase in groundwater, while raising the water level and implementing buffer zones shows a significantly smaller groundwater level rise. This could be a model fault and should be further researched. Judging from the data that is currently available the water level could be raised but by a smaller amount. Or the water level could be raised by 30 centimeters but buffer zones have to be created. The current buffer zone of a total of 100 meter is very large and more research is needed to judge whether smaller buffer zones can be used. Infiltration from the primary waterways is currently practically impossible. It can be a promising measure when combined with water storage in the blue engines. Research is needed to determine the effects of this combination. Converting forests to heathland is too drastic of a measure and should not be implemented. Crops that use water more efficiently are a promising long term measure and should be implemented. The effect of this measure in isolation should be determined. Removing all urban area is impossible but reducing paving can still have a positive effect on the groundwater level and reduce nuisance.

Table 16: The primary and secondary effects of the considered measures and their effectiveness

	Measure	Water saved in mm, GHG	Water saved in mm, GLG	Water saved in mm, GVG	Secondary effects	Effective?
1	<i>No drinking water</i>	19	17	18	Increased demand for drinking water from other location	No, measure 7 is preferred
2	<i>No groundwater irrigation</i>	2	4	2	Increased demand for drinking water	No, problem is moved
3	<i>No drainage pipes and tertiary waterways</i>	10	3	8	Nuisance near cities, habitat reduced	With adaptations, can be implemented outside cities
4	<i>Raising drainage base</i>	38	24	35	Floodings, failed crops	More research needed, measure 5 is preferred
5	<i>Constructing stream valleys</i>	8	7	8	Reduction in agricultural area, natural area increased	With adaptations, smaller buffer zone
6	<i>Infiltration from primary waterways</i>	2	4	3	-	With adaptations, only if combined with measure 1 or 7
7	<i>Water storage in blue engines</i>	80	82	68	-	Yes, and can be combined with measure 7
8	<i>Converting forests and crops</i>	27	28	27	Loss of natural recreational area, crops less vulnerable	With adaptations, only converting crops
9	<i>No urban area</i>	9	3	8	If only streets removed: less nuisance from heavy rainfall	With adaptations, reducing coverage of streets, parking lots and pavement

References

- Actueel Hoogtebestand Nederland. (2018). *AHN Viewer*. Retrieved from <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- ahnviewer*. (2019). Retrieved April 2022, from Actueel Hoogtebestand Nederland: <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- Bult, M., & van Engelenburg, J. (2016). *Robuuste Drinkwatervoorziening Gelderland 2016-2021*. Provincie Gelderland.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (1999, September 13). *Met bijna 16 miljoen inwoners de volgende eeuw in*. Retrieved March 2022, from <https://www-cbs-nl./nl-nl/nieuws/1999/37/met-bijna-16-miljoen-inwoners-de-volgende-eeuw-in>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019). *Welvaart in Nederland 2019*. Retrieved from CBS: <https://longreads-cbs-nl.ezproxy2.utwente.nl/welvaartinederland-2019/inkomen-van-huishoudens/>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2006). *Verdroging en beleid; Indicator*. Rijksoverheid.
- de Bakker, H., & van den Berg, M. W. (1982). *Proceedings of the symposium on peat lands below the sea level: Peat lands lying below sea level in the western part of the Netherlands, their geology, reclamation, soils management and land use*. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- de Gelderlander. (2017, December 14). *Wateroverlast in Achterhoek en Liemers*. Retrieved March 2022, from de Gelderlander: <https://www.gelderlander.nl/achterhoek/wateroverlast-in-achterhoek-en-liemers~ac2ddc5d/>
- de Gelderlander. (2020, September 17). *Nergens is het nu zo droog als in de Liemers en rond Nijmegen: 'Dit is de nieuwe werkelijkheid'*. Retrieved March 2022, from de Gelderlander: <https://www.gelderlander.nl/nijmegen/nergens-is-het-nu-zo-droog-als-in-de-liemers-en-rond-nijmegen-dit-is-de-nieuwe-werkelijkheid~ae0dbffd/>
- De Lange, W., Prinsen, G., Hoogewoud, J., Veldhuizen, A., Verkaik, J., Oude Essink, G., . . . Kroon, T. (2014). An operational, multi-scale multi-model system for consensus-based, integrated water management and policy analysis: The Netherlands Hydrological Instrument. *Environmental Modelling & Software*, 59, 98-108.
- de Vries, F., Walvoort, D., & Brouwer, F. (2017). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart: Herkartering van de eenheden met slappe kleilagen*. Wageningen Environmental Research.
- Delsman, J., Mulder, M., & de Wit, A. (2008). *Nationaal Hydrologisch Instrumentarium - NHI; Modelrapportage*.
- Engelbertink, R., Reurink-Vuurens, A., & Koster, A. (2015). *Statische beschrijving beheersgebied Liemers Veluwe*. Waterschap Rijn en IJssel.

- Environment Agency. (2008). *Think Soils: Soil Assessment to Avoid Erosion and Runoff*.
- Grondwateronttrekking ten behoeve van een industriële toepassing op het Bedrijventerrein A18 aan de Argonstraat 2, 7031 HZ, te Wehl., 2016-013932 (July 2018).
- Hoogewoud, J., de Lange, W., Hunink, J., Vernes, R., Simmelink, E., HHummelman, J., & Pastoors, R. (2010). *Nationaal Hydrologisch Instrumentarium - NHI; Modelrapportage fase 2*.
- Johnson, A. I. (1967). *Specific Yield - Compilation of Specific Yields for Various Materials*.
- Liemers Actueel. (2016, May 30). *Wateroverlast teistert ook de Liemers; Straten onder water*. Retrieved March 2022, from Liemers Actueel: <https://www.liemersactueel.nl/wateroverlast-teistert-ook-de-liemers-straten-onder-water/>
- Loheide II, S., Butler Jr., J., & Gorelick, S. (2005). Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: A saturated-unsaturated flow assessment. *Water Resources Research*, 41(7).
- Lv, M., Xu, Z., Yang, Z.-L., Lu, H., & Lv, M. (2021). A Comprehensive Review of Specific Yield in Land Surface and Groundwater Studies. *Journal of Advances in Modelling Earth Systems*.
- Maris, A., De Blocq van Kuffeler, V., Harmsen, W., Jansen, P., Nijhoff, G., Thijsse, J., . . . Van der Wal, L. (1961). *Rapport Deltacomissie: Deel 1. Eindverslag en interimadviezen*.
- Olsthoorn, T. (1977). In Nederlandse zandformaties zijn het doorstromende en het totale porievolume aan elkaar gelijk. *H2O*, 10(5).
- Prinsen, G., Visser, M., & Kroon, T. (2014). *Postprocessing NHI; Beschrijving van NetCDF files op basis van informatie uit het Distributiemodel*. Deltares.
- Projectteam Droogte Zandgronden Nederland. (2021). *Droogte in zandgebieden van Zuid- Midden- en Oost-Nederland: Het verhaal - analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen*.
- Rolf, H. (1989). *Verlaging van de grondwaterstanden in Nederland: analyse periode 1950-1986*. Ministerie van Verkeer & Waterstaat.
- Thien, S. (1979). A flow diagram for teaching texture-by-feel analysis. *Journal of Agronomic Education*, 54-55.
- van der Gaast, J., Massop, H., Vroon, H., & Staritsky, I. (2006). *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*.
- van der Meulen, M., de Lang, F., Maljers, D., Dubelaar, W., & Westerhoff, W. (2003). *Grondstoffen en delfstoffen bij naam; Woordenboek van Nederlandse grondstoffen en gesteenten, en daarvan vervaardigde grondstoffen*.
- van Immerzeel, K. (2021). *Bouwstenen voorraadbeheer*. Waterschap Rijn en IJssel.
- van Walsum, P., Leander, R., Pouwels, J., & Kroon, T. (2019). *Memo Robuust maken MetaSWAP*.

Veerman, C., Bakker, I., van Duin, J., Fresco, L., Heidema, A., Kabat, P., . . . Stive, M. (2008). *Samen werken met water: Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008.*

Waterschap Rijn en IJssel. (2015). *Statische beschrijving beheersgebied Liemers Veluwe.*

Waterschap Rijn en IJssel. (2021). *Resultaten 2021; Elke druppel de grond in .*

Appendix A: Transcripts of the interviews

Table 17: Clarification Appendix A

RE	Researcher, author of this report
SY	System expert
EC	Ecologist
AG	Agriculture expert
(...)	Irrelevant to this research, for example remarks about the direct surroundings

Interview with the system expert

RE: De eerste maatregel is het stoppen van de drinkwaterwinning. Op zichzelf is dat natuurlijk geen heel realistisch scenario. Maar zouden er wel mogelijkheden zijn om dat, want dat gebeurt nu bij Montferland, om dat te verplaatsen naar andere gebieden.

(...)

SY: Dat is voor mij de vraag, hoe kijk ik daar tegenaan. Kijk op zich haalt dat je grondwaterstand natuurlijk omhoog. Aan de andere kant heb ik ervaring in het stedelijk gebied van Zutphen waar indertijd de drinkwaterwinning is stilgezet. Daar leek wel een probleem te ontstaan dat het te hoog komt de grondwaterstand. Dus dat is ja, het is toch weer de balans. Ergens zou je zeggen we willen minder drinkwater winnen om die grondwaterstand niet zo omlaag te trekken. Aan de andere kant, helemaal stilzetten is denk ik geen, geen goede maatregel. Omdat je juist daarmee weer overlast kan veroorzaken.

RE: Ja. En dan bijvoorbeeld een balans er tussen vinden, bijvoorbeeld aan de ene kant hier minder oppompen en dan meer drinkwater, bijvoorbeeld, van de Veluwe halen.

SY: Dat zou kunnen. Ja dan kijk je weer naar het gebied zeg maar in zijn geheel. Dus dan kijk ik naar de Veluwe en dan hebben we bij. Ja daar hebben we toch wat minder last van de droogte. Wij hebben natuurlijk alleen de Veluwe het stuk echt wat onder aan de helling ligt. En dan krijg je de IJssel al. Dus alles wat van de helling af stroomt, stroomt de IJssel in. En, en, ik echt droogteproblemen hebben we natuurlijk rondom Arnhem, Velp, Rheden, Dieren kennen we daar niet echt. Dus voor nu zou ik zeggen, ja haal maar wat meer bij de Veluwe weg ja. Misschien dat we daarmee. En dan, dan misschien alleen in. Oh nee, dat kan niet hè, we kunnen niet precies mikken op de momenten wanneer we van die heftige buien hebben. Want die heftige buien, die zorgen juist bij de helling van de Veluwe voor problemen. Dus op die momenten zeg ik ja. Als het dan minder is, als je dan het drinkwater daar meer oppompt om in Montferland te compenseren, ja, ja. Ik, ik zou daar wel, alles is natuurlijk hè binnen de balans. Maar dat is logisch. Maar daar zou ik wel voorstander voor zijn om te zorgen dat we het gebied rond Montferland minder verdrogen.

RE: Ja, nou ja, maatregel twee is om te stoppen met irrigeren vanuit grondwater. Dus zeg maar voor de landbouw.

SY: Geen beregeningen.

RE: Nee, inderdaad. Specifiek niet vanuit het grondwater.

SY: Dan dus vanuit het oppervlaktewater bedoel je.

RE: Als dat zou moeten, ja.

SY: Dat denk ik dat dat altijd een goede maatregel is. Omdat je dan, ja je houdt meer water in de bodem. Ja wacht even, aan de andere kant, ze pompen het natuurlijk wel ter plekke in de bodem voor hun gewassen. Nou ja het geeft je natuurlijk wel een, een verlies in je bodem. Ja ik vind die wel, ik zou het toch niet als maatregel kiezen denk ik. Omdat ik, en daar heb je wel een hydroloog voor nodig. Maar als ik dus kijk vanuit mijn, vanuit het oogpunt als adviseur watersysteem zeg ik, oké als een boer het, het oppompt, pompt hij het binnen een straal van een kilometer, of binnen een straal van vijfhonderd meter wellicht. Strooit hij het dan weer, beregend hij het op zijn land. In hoeverre hebben wij daar dan een groot verlies? Dus ik vind dat een maatregel die ik, die ik. Daar zou ik.

RE: Dus het is meer een soort kringloop denk je?

SY: Ja in mijn gevoel wel, ik zou daar, voordat we zo'n maatregel zouden toepassen, daar zou, dat zou ik onderbouwd willen hebben door een hydroloog. Dat dat echt wat oplevert voor onze grondwaterstand. In eerste instantie zeg ik, want ik weet dat ze dat niet mogen hè. Dat beregenen, nee dat is beregenen vanuit oppervlaktewater, daar zetten wij een verbod op. Maar beregenen vanuit grondwater, daarvan vraag ik me af of dat de, als je kijkt naar die kringloop inderdaad, of dat zoveel invloed heeft.

RE: Maatregel drie, alle drainagebuizen verwijderen. Ja, die spreekt ook wel voor zich op zich.

SY: Ja, ja daar zou ik wel voorstander van zijn. Ik denk dat dat, dan zeg ik bijna, alle kleine beetjes helpen. Ja ik geloof dat ik daar wel voorstander van ben. En, aan de andere, ja. Ik blijf het lastig vinden. Ik moet als, in mijn rol, als adviseur watersysteem dus in de zijnde systeemkenner, moet ik het hele plaatje overzien. En als je zegt, we gaan de drainage stoppen, dan zeg ik ja. En dan zeg ik aan de andere kant, waar krijg, wat zijn dan plekken waar we overlast gaan krijgen. En hoe gaan we dat oplossen. Dus het

is, het kan niet zwart wit, maar dat snap je hè, ja. Dus dat zou bij mij de vraag zijn. Nou dat ik zeg oké, ik ben daar wel, in eerste instantie zeg ik ja omdat ik echt wel denk dat dat een bijdrage levert. Maar er zullen ook locaties komen waardoor we misschien last krijgen. Let daar ook bijvoorbeeld weer bij op. Kijk, als je de drainage stopt en je krijgt op andere plekken overlast kan het ook nog wel zo zijn dat je zegt, nou die overlast moeten we maar accepteren. Dus hier komt ook communicatie bij om de hoek kijken vind ik. Als je drainage stopt. Dat je ook die mensen mee gaat nemen, waarom doe je dat, waar komt er dan overlast en hoe ga je die overlast ondervangen. Of zeggen we met mekaar, met de eigenaar van die grond, van nou weet je, die overlast die, die, die, nou ja we dat theoretisch berekenen duurt het maar een weekje. Nou dat weekje kan ik wel lijden zeg maar. Dus daar, ik vind dat daar ook een communicatiecomponent in zit. Communicatiemaatregelen, ja.

RE: En als er dan zeg maar specifieke gebieden zijn waar veel overlast is zou je dat dan ook specifiek juist niet in die gebieden kunnen doorvoeren, of is het óf je haalt alles eruit, óf je laat alles zitten zeg maar.

SY: Nee ik zou gebiedsspecifieke voorkeuren hebben. Ja, nou de eerste optie zou toch wel bij mij zijn, haal alles er maar uit. Kijk maar eens wat er gebeurt. En dan, en zeker omdat we natuurlijk tegenwoordig ook theoretisch best veel kunnen berekenen, wat gebeurt er dan. En als we dan echt locaties. Ja ik zou het toch, ja ik hou daar nog wel van om het gewoon eens te proberen, praktisch. Weet je, als er op voorhand gebieden zijn waarvan je zegt, nou we weten op voorhand dat het problemen gaat opleveren, ja dan kan je het natuurlijk niet maken naar je ingelanden hè, dan vind ik dat je je verantwoordelijk moet nemen en dan wordt het een oplossing. Maar als je dat niet weet dan zou ik zeggen, gooi alle, haal alles eruit.

RE: Je gaf een beetje aan dat we dus ook niet helemaal weten of het wel of geen overlast geeft. Dus op die manier ook maar gewoon proberen wat er uitkomt.

SY: Ja ik denk vooral, kijk ze zijn natuurlijk veelal aangelegd om overlast te voorkomen, dus dat snap ik ook. Maar ja, nu zitten we ook met die droogte. Dus je wilt toch eens kijken, omdat we nu zulke droge jaren hebben gehad, en meer last krijgen van nu, misschien is die drainage wel minder nodig. Dus ik zou het toch graag willen proberen.

RE: Maatregel vier, alle tertiaire watergangen verwijderen. Dus alle slootjes eruit halen.

SY: De hele Liemers Veluwe. Nou ja ik ben er toch wel een voorstander van. Want wat ik bijvoorbeeld ook merk in Liemers Veluwe is dat we best ook wel klachten hebben ten aanzien van met name waterkwaliteit. En dat het maar stilstaat, en noem het maar op. Dus ik zou zeggen ja, ja gooi hem maar dicht. Ja.

RE: En heb je dan specifieke gebieden waar je klachten over hebt?

SY: Ja, het is veelal stedelijk gebied hè, dus daar heb je wel echt klachten. Daar hebben we nu een aantal deepwells staan omdat het anders zelfs, nou ja, droogvalt. Of nee, nou, echt, nee, droogvalt mag ik niet zeggen. Want dat doet het daar niet echt helemaal in, daar waar die deepwells staan. Maar die deepwells zijn er neergezet om de waterkwaliteit, om de doorstroming te houden. Dus ja, ik ben daar wel voorstander van. Ik zeg dichtgooien.

RE: Maar bijvoorbeeld in het geval van piekbuien of, wat voor invloed zou de maatregel daarbij hebben dan bijvoorbeeld? Mocht het een keer heel hard regenen.

SY: Ja je zult. Kijk het kan, het kan denk ik niet zijn dat je. Nou ja daar zitten twee componenten in. Eén, dat je inderdaad, je zult toch moeten onderzoeken als we dit doen, wat gebeurt er, waar, waar kan het water naartoe. En dan is het dus inderdaad weer het verhaal wat ik eigenlijk net ook zei. Je gaat, we zullen in gesprek moeten om te kijken, kunnen we het, kan het daar, of levert het daar problemen op. Of maken we de keus met die ingelanden dat we zeggen, oké het kan, en het kan tijdelijk. Ja het blijft toch je ruimte gebruiken. Het zijn toch de functies die er omheen liggen. Ik denk dat daar onze grootste opgave ligt als waterschap. Om te kijken van nou kan deze functie hier of kan die hier niet. Welk type landbouw kan hier of kan het zijn als we een ander gewas gaan bouwen kan het dan blijven weet je.

RE: Dus het verschilt ook per locatie bedoel je.

SY: Ja, en dat heb je binnen Liemers Veluwe het meest in vergelijking met de andere stroomgebieden. Liemers Veluwe kent namelijk twee stuwwallen, oftewel twee zandheuvelds. En daartussen ligt ook nog een heel kleigebied omdat het tussen de rivieren zit. Dus ja. Bij de klei bijvoorbeeld ook. Als die klei verzadigd is, dan ga je echt overlast krijgen. Aan de andere kant wil je die klei ook weer goed nathouden. Het mag weer niet te droog worden. Dus dat is echt, dat is echt de straggeling waar je mee te maken hebt. Om dan terug te gaan van, want dat is natuurlijk de vraag, gooi je die tertiaire dicht. Ook in de kleigronden wil ik dat willen bespreken. Nog steeds. Om ook daar te kijken, wat kunnen we doen om toch te zorgen dat die grondwaterstand hoog blijft. Dat de klei goed vochtig blijft. En hoe ga je dan eventueel om, als je toch overlast hebt. En met name in die kleigebieden heb je, want daar kan het dan vaak ook niet goed weg. Ja, ja.

RE: Ja. Maatregel vijf en zes, die hangen dan een beetje met elkaar samen. Nummer vijf dat is, ja het waterpeil in alle primaire watergangen met dertig centimeter omhoog. En ook de bodem zeg maar, met dertig centimeter omhoog. Ja, op die manier.

SY: En gaat, in stedelijk gebied gaat dat niet. Ik weet niet, maak je daar hier onderscheid tussen, is dat ook een antwoord op je vraag? Want ik merk dat.

RE: Hoe bedoel je precies?

SY: Nou wij hebben binnen Liemers Veluwe het grootste percentage stedelijke kernen, dus stedelijk gebied. En als ik in het stedelijk gebied, als we, als we daar het water dertig centimeter omhoog gaan gooien en er komt een keer een plensbui, dan heb je een probleem. Want dan gaan er heel veel huizen die water in, in de woonkamer krijgen. Ervan uitgaande dat ze die op de begane grond hebben. Of in ieder geval, die krijgen water op de begane grond.

RE: Het gaat er bij deze specifiek om de primaire watergangen. Ik ben de naam van de grote even kwijt, maar bijvoorbeeld de Wijde Wetering of.

SY: Ja, en die beginnen allemaal toch wel in het stedelijk gebied ook. Ja. Ja maar als je hem daar omhoog gooit kan het water in het stedelijk gebied zijn water niet kwijt dus daar zitten we met een probleem. In deze, in dit gebied. Want ik heb, ik heb alleen de Oude IJssel niet gehad, alle andere stroomgebieden heb ik gehad. Daar zou ik zeggen, nou als je daar de primaire omhoog gooit, nou dan heb je wellicht nog niet zo'n probleem. Je kan wellicht ook makkelijker met het water nog via een secundaire watergang waar je wat ruimte hebt zeg maar. Maar in het gebied van Liemers Veluwe. Nou ja, het is zo bebouwd, de kernen liggen al vrij dicht op elkaar. Dat ik zeg, als we dat daar gaan doen, dan krijg je Westervoort krijgt een probleem, Duiven krijgt een probleem, Zevenaer krijgt een probleem. En dan krijg je met name op de, in de kernen op de kleigronden, krijg je probleem, ja. En want ik denk Didam en Wehl, dat is wat ruimtelijker, daar zie ik het nog niet zo als een groot probleem als je daar de, de primaire watergangen, en dan denk ik met name ook aan de ?KRW? als je die daar bijvoorbeeld zou verhogen, of zou verondiepen dan zeg maar. Dan voorzie ik minder problemen dan wanneer we dat doen in Duivensebroek. Want daar zit je toch, daar, daar, is het toch anders, of vlak. En onder Didam en Wehl heb je dan weer de zandgronden. Dus deels zie ik een probleem en deels niet.

RE: Maar dat probleem komt er vooral omdat er zoveel steden zijn. Of een hoog gehalte.

SY: Ja en dat zijn dus steden die tussen de Rijn en de IJssel in liggen.

RE: Je gaf net al aan dat je bij andere gebieden hebt gezeten. Zou je het dan wel een goede maatregel vinden, waren die steden er niet geweest?

SY: Ja, want als je die steden niet hebt heb je nog wel een probleem. Dan krijg je misschien dat landbouwgronden of andere gronden onderlopen. Maar daar merk ik dat we toch makkelijker afspraken kunnen maken met grondeigenaren. In stedelijk gebied heb je natuurlijk op die ene hectare zoveel eigenaren. Het gaat gewoon niet. Daar zit ook een economisch verhaal helemaal achter, er zit veiligheid achter. En dat heb je in het landelijk gebied gewoon veel minder. Dus ik zou daar in andere gebieden wellicht een andere keuze in kunnen maken omdat daar minder stedelijk gebied is.

RE: Zoals ik net al aangaf, maatregel zes lijkt hierop. Alsnog het waterniveau met dertig centimeter omhoog. Maar de watergangen versmallen en dan aan beide kanten een buffer van vijftig meter. Mocht er een keer een piekbui zijn dan heeft hij nog een bufferzone om te overstomen.

SY: Ja, dat zou wel kunnen in de stukken die buiten de kernen liggen. Want dan heb je de ruimte om het op te vangen en dan kan het stedelijk gebied nog steeds zijn water kwijt.

RE: Dus ongeveer hetzelfde verhaal als bij de vorige maatregel?

SY: Ja, eigenlijk wel. Binnen Liemers Veluwe hebben die stedelijke kernen een grote gronddruk natuurlijk. Daar ga je anders mee om. En als ik dan terugdenk aan die vraag over die drainage. Dat ligt veelal in landelijk gebied en zo heb ik er wel naar gekeken. Want in stedelijk gebied zeg ik ook ten aanzien van drainage, waarschijnlijk kan dat niet, omdat je anders die huizen onder water zet.

RE: Ik interview verschillende experts, die van stedelijk gebied heeft hier ook al zijn oordeel over gegeven. Die zei ook al dat je het beter niet kan doen in verband met wateroverlast.

SY: Nee, in stedelijk gebied niet. En daar heb je gewoon de ruimte niet.

RE: En bij deze maatregel zit je ook nog met die vijftig meter bufferzone aan elke kant. Maakt dat uit wat betreft waar die grond nu voor wordt gebruikt of wie de eigenaar is?

SY: Nou ja, communicatie. Het is allemaal landbouwgrond wat er naast ligt, dus dat heeft wel impact. Waarom ik ja zeg is dat ik echt kijk vanuit het watersysteem. Kijk je naar het grondgebruik, dan zit je op allemaal landbouwgronden waar je die maatregel moet toepassen. Dan is het toch een kwestie van communiceren, overleggen. Nou ja verzin het, wat zijn de maatregelen daarin? Maar vanuit het watersysteem zeg ik: ja, ik zou wel willen proberen om dat te gaan doen.

RE: En praktisch gezien dan, hoe haalbaar zou het zijn denk je? Hoeveel zou het kosten, niet alleen financieel?

SY: Daar moet een heel gebiedsproces voor opgestart worden. Dus dat kost wel heel veel moeite. Nou hebben we wel de opgave, om maar even heel actueel te zijn, het stikstofverhaal wat leidt dat er rondom de Veluwe zoveel procent aan landbouw verminderd moet worden. Dat biedt kansen in deze maatregel. Als je zegt: we gaan het profiel aanpassen en we hebben een buffer van vijftig meter nodig. Dan gaat dat eigenlijk altijd wel samen met natuur. Daarin zie ik kansen. Maar of we daar de grondeigenaren blij mee maken, dat is een tweede. Dus daar gaat een heel gebiedsproces aan vooraf. Dus dat doen we niet zomaar.

RE: Maatregel zeven, in plaats van de primaire waterlopen alleen voor afwatering te gebruiken, ze ook te gebruiken om water te infiltreren in de bodem.

SY: Ja, geweldig. Dat zou de grootste voorkeur hebben. Als je op die manier met je systeem kan spleen, om het zo maar even te noemen. Als je je systeem dusdanig in kan richten dat het misschien standaard infiltreerd en dat het alleen bij pieken gaat afvoeren, ja geweldig. Dat is wat je zou willen. Dan moet ik er wel weer aan denken de 'big question' die ik dan ook weer bij een hydroloog neer zou leggen is: wat is de drooglegging die ik wel moet garanderen. Nogmaals, we hebben natuurlijk die kleigronden. Als die op een gegeven moment verzadigd zijn is het klaar. Dan kun je ook niet meer infiltreren. Stel nou dat je die drie droge jaren hebt, dan kun je ook in de klei infiltreren, of dan houdt je het nat. Maar als je die natte jaren hebt en die klei is verzadigd, en het zijn vijf natte jaren, dan ben je vijf jaar aan het afvoeren. Maar goed, als je zo'n systeem kan creëren, om er

op die manier mee om te gaan, geweldig. En die zandgronden kunnen zoveel als ze kwijt kunnen infiltreren. Maar dan blijft dus voor mij nog steeds de vraag gezien het stedelijk gebied, wat we hier gewoon het meest hebben, hoe gaan we daar mee om. En hoe kunnen we dat systeem dusdanig inrichten dat we wel infiltreren, maar geen wateroverlast veroorzaken. Dus het kan zijn dan we toch iets meer af blijven voeren omdat we een bepaalde drooglegging voor die woningen moeten garanderen.

(...)

RE: Dan maatregel acht, dat is zoetwaterberging in de zandruggen. Tijdens de winter wordt het er dan naartoe vervoert, en dan is het voor droge periodes beschikbaar. En dan als tweede vraag erbij: als je zoveel water in één gebied hebt, is het dan ook nuttig voor de rest van het hele gebied?

SY: Ik zeg voor dit gebied ja, omdat we natuur tussen die twee stuwwallen, die twee zandruggen in liggen. Dan hoop ik eigenlijk best wel dat dat ons gebied wat potentie kan geven. Dus als je het daarin op kan slaan, dat je het zowel vanuit het oosten en westen aan kan voeren. Dat zou ik wel fantastisch vinden. Ik zeg wel, en let op, dat is bij deze heel belangrijk. We hebben aan de oost- en de westkant die zandruggen. Maar we hebben aan de zuidkant een grote rivier lopen, en aan de westkant. Die IJssel aan die westkant, die maakt misschien dat we het niet in het gebied krijgen. En als je dat doet, hoe gaan we dan voorkomen dat het niet alsnog via onze grote rivieren weg zijgt. Want ik begrijp van onze hydroloog dat die grote rivieren ook ons systeem droogtrekken. Dus dat vind ik wel heel belangrijk om in dit stroomgebied te noemen. Wees alert, alle maatregelen die wij als Waterschap Rijn en IJssel nemen om die droogte tegen te gaan. Daar moeten wij ook ondersteuning voor krijgen van Rijkswaterstaat om te zorgen dat niet alsnog die Rijn en die IJssel bij ons dat grondwater wegtrekken, waar wij zoveel moeite voor doen. Daar moet je in dit gebied alert op zijn: wat doen die grote rivieren? Want die kunnen onze maatregelen teniet doen.

RE: Om daar op aan te haken, als je naar de data kijkt dan zie je dat het effect van die waterberging heel lokaal is. Als je dat in Montferland doet dan blijft het water eigenlijk ook maar echt daar. Verandert dat ook iets aan je antwoord? Of zou je zeggen: alsnog blijven infiltreren?

SY: Nee, alsnog zeg ik: blijf infiltreren. Dat is denk ik ook een gevoelsding, dat ik denk, je moet het daar gewoon houden, je moet het niet afvoeren. Als het geen overlast geeft, houdt het dan alsjeblieft daar. Ik denk dat je dan namelijk ook de drogere periodes beter op kan vangen, ook voor Montferland zelf. En om dan even verder te denken in hoe het functioneert. Het Montferland is bijvoorbeeld echt het uitloopgebied voor het stedelijke. Al die mensen gaan lekker, ik doe het zelf ook, wij wandelen heel graag in het Montferland. Dus dan blijft mijn antwoord hetzelfde: blijf die waterberging daar houden, ook al is het dan wellicht wat lokaler. Nou ja, ik ben hiervoor medewerker integraal waterbeheer geweest voor stedelijk gebied. Dan zeg ik ook, het mag daar best wat natter zijn. Dan kunnen die mensen dat ook beleven. Je kunt er ook wat uit halen als het zo'n natte plek wordt. Dat is niet alleen voor de natuur, of het grondwater, of het water systeem, maar ook gewoon voor de mensen. In de zin van, laat ze het beleven, laat ze zien wat er gebeurt met het water. Want dat vind ik bij Montferland fantastisch. Daar hebben ze die grondwaterpomp neergezet. Daar kunnen die kinderen in spelen, en dat doet toch wat met die beleving. Dat ik wel eens op een verjaardag zit en dat ze me echt vragen, oh ja, maar hoe werkt dat dan eigenlijk? Dus er zitten best wel heel veel voordelen aan, we kunnen er veel meer mee dan alleen het technische.

RE: Ik heb eerder al een interview gehouden. En hij gaf aan dat het waarschijnlijk helemaal geen goede maatregel zou zijn. Het zou heel technisch zijn om al het water erin te krijgen, en vervolgens heb je nog een oplossing nodig om al dat water eruit te halen.

SY: Als je een waterberging aanmaakt? Maar als het zo lokaal is dan heb je toch geen afstanden nodig? Zo zie ik het niet. Ik zit er natuurlijk niet zo heel technisch in, laat dat voorop staan. Dan moet ik vanuit mijn oogpunt als adviseur watersysteem naar het hele gebied kijken. En ik kijk niet zozeer naar het technische. Het gaat mij er meer om dat het water daar blijft. En als je het daar langer vast kan houden of kan bergen. Want het zit al op die zandrug hè? Ik wordt wel getriggerd door het feit, je moet het er naartoe brengen. Ja, daar zit wat in. Dat moet wel in verhouding zijn met elkaar. Maar als je zegt, ik kan het onder aan de berg vasthouden, dan zeg ik doen.

RE: Dan gaan we door naar de volgende maatregel, maatregel nummer negen. Alle naaldbossen omvormen naar heide en gewassen planten die minder water verdampen.

SY: Nou, ik ben geen ecooloog dus dat vind ik best een lastig antwoord. Maar als ik dan kijk met de kennis die ik op heb gedaan in het waterschap. Dan zeg ik, dat is toch helemaal niet goed voor je systeem, dat wil je als natuurbeheerder helemaal niet. Waarom zouden we dat willen als waterschap? Omdat we dan meer water vast kunnen houden? Nee, daar geloof ik niet in.

RE: En heb je ook een specifieke reden?

SY: Het wordt te eentonig, te eenzijdig waardoor je ook vatbaarder wordt voor exoten. Ik denk dat we andere problemen krijgen. Dat het een kwestie is van het probleem verplaatsen. Je creëert een nieuw probleem, ik geloof daar niet in. Ik geloof er niet in dat je door de natuur zo aan te passen dat zo oplost. En dan ga ik wel specifiek in op het feit dat je me de vraag stelt van naaldbos naar heide. Zeg je tegen mij, nou we gaan kijken of we een andere agrarische, kunnen veranderen. En dan niet functieverandering maar andere gewassen omdat dat beter past. Daar ga ik makkelijker in mee. Of je nou een veld met mais hebt of een veld met tarwe of verzin het, daar ben ik niet zo heel goed in. Als het daarin iets anders wordt en die boer kan daar nog steeds zijn brood mee verdienen. Dan zeg ik, daar moeten we voor gaan. Dat is in mijn ogen win-win. Maar om van naaldbos volledig naar heide te gaan, gevoelsmatig is dat geen win-win. Zoals ik de natuur ken nu, dat gaat mis. Dus dat zou ik nooit doen. Ik kan het je niet goed onderbouwen, nee, die vraag moet je stellen bij een ecooloog.

(...)

RE: En dan de laatste, dat is ook een beetje een onrealistische maatregel. Alle verharding verwijderen, alle straten eruit.

SY: Nou weet je, ik zou zeggen, ja realistisch is het inderdaad niet. Mensen willen niet in de modder rijden.

RE: En de tweede vraag daarbij was eigenlijk ook, zou dit alleen een maatregel zijn om in een stad te nemen? Of zou het echt gebiedsbreed nuttig zijn of impact hebben?

SY: Ja, daar ben ik even over na aan het denken. Want aan de ene kant zeg ik, eigenlijk zou je dat gebiedsbreed moeten doen. En bijvoorbeeld bij bepaalde type wegen waarvan je zegt, nou weet je, als we daar de verharding weghalen geeft dat niet zo heel veel overlast of andere problemen. Het water kan er mooi in wegzakken inderdaad. In stedelijk gebied, als je doodlopende straatjes hebt, ik denk niet dat je het voor elkaar krijgt in stedelijk gebied. Dat de ingelanden dat niet accepteren. Daar voorzie ik problemen in. Kijk, alles wat je aan verharding weg kan halen zeg ik doen. Maar ik vraag me af of het, nou ja, geaccepteerd wordt. Dat denk ik, dat je dat niet lukt. Maar ik vind wel, je ziet het ook aan me, ik ben erover na aan het denken. Het triggert me wel, dat ik denk, ja er zijn best wel wegen. Dat hebben we ook in het landelijk gebied. Daar zijn ook wegen niet verhard. Daar rijd ik ook gewoon met mijn auto doorheen, heb ik geen overlast. Ja oké, regent het heel hard dan wil ik er liever niet rijden wellicht. Ik wil toch niet keihard nee zeggen. Ik heb toch wel het idee dat er wellicht wel wat mee te halen is. Ja ik moet een beetje denken bijvoorbeeld. Een van mijn kinderen zit op de basisschool. Die hebben nu geen verharde speeltuin meer. Die krijgen allemaal zo'n natuurlijke speeltuin, zoals ze het noemen. Die kinderen vinden dat echt geweldig, dat merk je ook aan ze. Dat komt een beetje in mij op. Dat ik denk, waarom zijn er geen wegen in het stedelijk gebied waarvan we ook zeggen, nou ja jongens, we halen hier de verharding eruit. Als die mensen daarmee akkoord gaan. Wat mij betreft geef je ze een bon voor twee keer in het jaar naar de wasstraat, ik noem maar iets hè. Op die manier probeer ik dan mee te denken. Ja, ik vind het toch een maatregel waarvan ik denk, als dat onderbouwd kan worden door een hydroloog. Dat die zegt, nou dat draagt bij. Nou prima, dan zeg ik kom maar mee, ik ga met die getallen naar een gemeente en ik wil dat gesprek wel aangaan. Ja, ik vind het wel een maatregel die voor mij het onderzoeken waard zou zijn.

RE: Dus in principe de maatregel an sich lijkt je goed, maar het hangt vooral af van de support die het krijgt.

SY: Ja, en de nuance er weer in hè natuurlijk, waar doe je het wel, waar doe je het niet. Misschien is support het goede woord. Daar heb je gelijk in.

RE: Of er draagvlak voor is.

SY: Draagvlak, dat is het woord wat ik zocht.

RE: Als afsluiting, in het gebied ligt veel zware kleigrond. Deze maatregelen hebben daar niet altijd evenveel effect op, of dat blijft een beetje een pijnpunt. Wat gebeurt er nu al in het gebied, hoe wordt daar nu mee omgegaan?

SY: Weinig. Ik merk dat we binnen het waterschap nog achter de feiten aan lopen daarin. We hebben heel veel kennis over onze zandgronden. Daar hebben ze heel veel onderzoeken naar laten doen, maar nog heel weinig onderzoeken naar hoe dat op de klei kan werken. Dus ik kan je daar geeneens antwoord op geven. Ik zou juist willen zeggen, oh ga onderzoek doen. Wat doet dit op de klei, wat zijn de mogelijkheden op onze kleigronden? Wat ik zeg, zit de spons vol, ja dan wil je water afvoeren. In 2018 was ons eerste droogtejaar. In 2018 had je in de andere stroomgebieden al direct klachten. Dat hebben we in Liemers Veluwe eindelijk pas in 2020, het derde droogtejaar, gehad. Maar wat het probleem is binnen Liemers Veluwe, zodra die klei verdroogt is het bijna onomkeerbaar. En daar ben ik dus nieuwsgierig naar. Misschien zijn we al te laat als waterschap omdat we het drie jaar hebben aangezien. En eigenlijk heb ik nog maar één stuw geplaatst tot nu toe. Ook echt op wens van een boer. Dat onze gebiedskenner zij, dit ga ik doen, en terecht. Dat is gebeurd, maar er zijn nog veel te weinig maatregelen geweest. Dus ik ben ook blij dat jij hier nu de focus op hebt. Want ik kan je geen antwoord geven, ik had het graag gewild. Daar is echt meer onderzoek voor nodig, wat zijn de mogelijkheden. En zijn we niet te laat? Dat is mijn grootste punt merk ik. En de klei in combinatie met de grote rivieren die daaronder weer water wegtrekken. Het lijkt erop, of dat is in ieder geval de kennis die ik nu heb, dat die klei weer op een zandpakket ligt. En dat met name de grote rivieren ook weer uit dat zandpakket. Maar ja, als dat zandpakket zakt, zakt de klei ook, nou ja tel je winst maar uit. Nee, daar kan ik geen antwoord op geven. Ik ben juist nieuwsgierig en ik heb heel veel vragen. Wat doet het? Wat doet de klei? Wat zijn de mogelijkheden op de klei? Zijn we nog niet te laat? Hoe heeft de klei gereageerd? Dat.

Interview with the ecologist

RE: In hoeverre heb jij in jouw vakgebied met het grondwater te maken?

EC: Nou, tot nu toe nog vrij weinig. Ik moet daarbij zeggen, ik werk nog maar een kleine anderhalf jaar bij dit waterschap. Ik ben de gebiedsecoloog voor de Liemers en Veluwe. En dan wat meer van de Veluwe, want daar zijn de sprengbeken. Dat zijn gegraven beken waardoor het grondwater aan het oppervlak komt. Omdat we in die beken op sommige plekken bijzondere soorten hebben die afhankelijk zijn van dat stromende water en het grondwater wat daar wekomt. Maar dat is de Veluwe, dat is niet echt jouw gebied. Daar heb ik er wel mee te maken. Want als dat wegvalt, en we zien met die droge jaren 2018 tot en met 2020. We hadden het eerst nog niet zo door want de beken aan onze kant van de Veluwe bleven in ieder geval stromen. Maar ik sprak ook mensen van Geldersch Landschap en Kastelen, die zitten daar ook bij de Rozendaalse Beek. En die zeggen dan echt, ja het is maar één derde van wat er uit het grondwater komt. Dan stroomt het nog wel maar het moet niet veel langer zo doorgaan. Dan hebben wij daar mee te maken, maar dat is wel een heel specifiek systeem wat wij ook alleen in dit stuk van ons gebied hebben. Dus dat is ook anders dan de rest. En de Liemers, daarvan weet ik dat in de zomer de waterstanden ook echt dalen. Dat heeft aan de ene kant te maken met de lagere rivierwaterstand die het leeg trekt, en daaraan gekoppeld het grondwater. Maar sinds ik hier werk heb ik nog niet echt gehad dat ze droogvallen en dat we er naartoe moeten om vissen te redden.

(...)

RE: De eerste maatregel is het stoppen met de drinkwaterwinning. Dat gebeurt op dit moment op de Veluwe en op Montferland. Als je uitzet dan zie je dat het grondwater flink omhoog komt. Soms met enkele meters op de plek waar het drinkwater uit de grond wordt gehaald. Wat zouden daar de secundaire effecten van kunnen zijn?

EC: Voor de ecologie gezien zou dat an sich best mooi zijn, vooral in combinatie met de droogte die we steeds hebben. Ook dit jaar weer. De combinatie dat het én droog is én de vraag naar drinkwater steeds meer toeneemt zorgt er gewoon voor dat er steeds meer water onttrokken wordt. En op een gegeven moment is het denk ik zo dat we op de Veluwse beken droogval krijgen, Montferland heeft ook een aantal sprengbeken, dat je daar droogval krijgt. En dat daardoor in de rest van de Liemers het peil verder uitzakt. Dus voor ecologie zou het beter zijn om dat niet te hebben. In het ergste geval zou dat natuurlijk vissterfte zijn, maar er zijn ook kleine en macrofaunagezelschappen die gewend zijn aan een bepaalde stroomsnelheid of de temperatuur van het water. Want als het water ondieper is warmt het sneller op. Je krijgt gewoon verschuivingen. En als je zegt, ik wil het gewoon zo houden als het is. We proberen ook te werken aan meer biodiversiteit, meer soortenrijkdom, minder exoten. En die profiteren toch meer van warmte, snelle groei. Die zijn daar toch beter tegen bestand dan onze eigen soorten vaak. Tenminste, planten heb ik het dan over. Ja, dan heb je dat liever niet, dat er zoveel water wordt onttrokken. Ik snap ook dat dat niet realistisch is.

RE: Ik kijk dus specifiek naar de Liemers en de Bevermeer, dus de Veluwe valt daar net buiten. Wat zou je vinden van de oplossing minder uit Montferland halen en meer drinkwater van de Veluwe? Of zou je zeggen, dat kan beter in balans blijven zoals het is?

EC: Ja ik zou zeggen, dat kan beter in balans blijven. Want de Veluwe is best wel een interessant systeem. Kijk, Montferland ook maar de Veluwe is natuurlijk een stuk groter. En de Sprengbeken die daar liggen zijn volgens mij zelfs uniek in Europa. Als we die kwijtraken zou dat best zonde zijn. Montferland heeft gewoon wat minder sprengbeken. Het zijn er maar drie of vier. Dat is veel beperkter dan de Veluwse kant. Ik snap wel dat ze drinkwater moeten winnen, maar mijn voorkeur zou zijn om het heel ergens anders te doen. Ja, haal het maar uit het rivierwater ofzo. Maar ja, hoe realistisch dat is? Ik denk zelf, we noemen het ook de blauwe motoren, de twee stuwwallen. Afgezien van de drinkwaterwinning zijn ze denk ik ook heel belangrijk voor het hele water vasthouden verhaal. Plus de natuur die daar natuurlijk ook nog voorkomt. Mijn voorkeur, houdt het in binnen de perken.

RE: Daarop aansluitend, dan gooi ik de volgorde even door elkaar. Eén van de maatregelen is zoetwaterberging in die blauwe motoren dus, tijdens de winter. Zodat het dan tijdens de droge tijden gebruikt kan worden. Hoe kijk je daar tegenaan?

EC: Op zich is dat een natuurlijk proces van origine. Want eigenlijk regent het. Nou volgens mij regent het in zomer trouwens meer dan in de winter. Van origine hadden we in de watergangen in de winter een hoger peil dan in de zomer. Dat is allemaal omgedraaid ten behoeve van de landbouw. Voor de ecologie zou het veel beter zijn als het weer een natuurlijk peil is. Dat het mee kan fluctueren met de seizoenen. En zeker met die droge jaren is het alleen maar fijn als je een buffer opbouwt waardoor je in de zomer minder droogval hebt. En gewoon dat het water langer wordt vastgehouden. Dat is denk ik voor de meeste organismen beter.

RE: En zou je dan ook problemen kunnen krijgen dat die specifieke gebieden te nat worden? Of ligt dat dan ook weer aan de hoeveelheid water die je erheen brengt?

EC: Ja, ik denk zelf dat de stuwwallen niet te snel te nat zullen worden. Dat is zo'n volume, dat zakt wel weer naar beneden voordat dat aan de bovenkant echt te nat wordt. Als je het hebt over jouw onderzoeksgebied, de Bevermeer, dat die dan in de winter of het voorjaar te nat worden. Vanuit de ecologie is dat niet zo erg als gebieden eens in de zoveel tijd overstromen. Dat is dan meer de landbouw die klaagt. Daar is ook een visie, dat is meer het gebied Duivensebroek, waar ze dan een moeras van willen maken. Dat wordt meer meegenomen in de langetermijnvisie. Rondom de Veluwe mag je niet meer zoveel stikstof uitstoten. Daardoor zijn de boeren uit dat gebied waarschijnlijk steeds minder boeren. Dat is echt een broekgebied, dus dat is ook echt een nat gebied. Als je dat weer natter maakt dan profiteren weidevogels en andere soorten daar enorm van. Vanuit de

ecologie zou het beste zijn, gewoon loslaten. Dus laat het maar een keer nat worden, laat het maar een keer droog zijn. Meer fluctuatie. Maar nu controleren wij alles. Maar het fijnste zou zijn als we er wat meer met onze poten vanaf blijven.

RE: Dan ga ik door naar de volgende maatregel. Die is vooral voor de landbouw. Stoppen met beregenen vanuit het grondwater.

EC: Ja, ik weet niet hoeveel dat scheelt, dat kan de hydroloog veel beter zeggen hoeveel water dat scheelt. Maar ja, an sich is het natuurlijk meegenomen, de meeste soorten hebben baat bij een wat hogere grondwaterstand. Dat ze gewoon, zeker in droge jaren, met de wortels bij het water kunnen. Wij zelf zijn het kunstmatig allemaal zo aan het verlagen door onder andere onttrekkingen dat het voor ecologie wederom beter zou zijn als je minder water onttrekt. Want het zijn natuurlijk niet de natuurgebieden die beregend worden.

RE: De volgende maatregelen, drie en vier, die hangen een beetje samen. Dat is alle drainagebuizen verwijderen.

EC: Ja, dat zou weer beter zijn. Je hebt dan dat het water langer wordt vastgehouden. Dat het minder snel afstroomt. En ik weet niet wat er allemaal aan gifstoffen, mest enzovoort uitspoelt. Vanuit de ecologie is het echt wenselijk als er naast die landbouwgronden echt bredere bufferzones komen zodat dat meer op het landbouwperceel zelf blijft en het water in de watergangen een stuk schoner wordt. En dat als je met drainage zou stoppen dat het meer ter plaatse de grond in gaat. En dat het niet allemaal in het water terecht komt, dat zou beter zijn. Voor zowel planten als dieren. Dat is misschien meer indirect. Ik kan daar geen cijfers voor geven. Maar het lijkt met dat als je minder draineert dat alles wat je niet in je water wil hebben minder uitspoelt.

RE: Ja, dat zijn ook de effecten waar ik naar zoek. En daarop sluit eigenlijk aan de maatregel, alle tertiaire watergangen verwijderen. Dus alle kleine slootjes uit het systeem halen.

EC: Ja, dat helpt denk ik gewoon om water vast te houden. Er gaat in die zin natuurlijk ook weer leefgebied verloren, maar ik weet niet hoe belangrijk dat is. Dat zijn toch dingen die in de zomer allemaal droog staan naar mijn gevoel en eigenlijk bedoeld zijn om of in de winter hoge peilen op de vangen of met hoosbuien. Dus of dat nou ecologisch super waardevol is, dat betwijfel ik. Ik denk dat je er meer aan zou hebben om ze weg te halen en dan in het algemeen een hogere grondwaterstand krijgt. En dan meer inzetten op die primaire en secundaire watergangen. Daar is meer winst te halen. Wat niet wegneemt daartegenover. Je hebt nu die tertiaire watergangen. Dat is een strook die bijvoorbeeld niet in gebruik is als landbouwgrond, het is iets anders. Dus het is wel een strook waarlangs bijvoorbeeld zoogdieren kunnen migreren. Het ligt iets lager. Het is nu een soort ongebruikt land. Dat is goed voor bijvoorbeeld zoogdieren. Als je dat weghaalt zou het wel mooi zijn als je dan een restruimte.

RE: Ter compensatie de ruimte opnieuw ontwikkeld zeg maar.

EC: Ja. Dat niet de landbouwgrond opschuift tot aan de weg maar dat we ook landschapselementen hebben. Dat kunnen bomenlanen zijn, bomenrijen, struiken, noem maar op. Waar dieren langs kunnen migreren. En ook kunnen wonen, vogels, enzovoort. Dat zou wel mooi zijn als je het terugbrengt.

RE: Dus de watergangen verwijderen maakt niet per sé uit, maar dan moet de landbouw niet te ver uitbreiden of het wordt gecompenseerd.

EC: Ja, niet ten koste van de landbouw maar maak er maar een mooi natuurlijk element van.

(...)

RE: De volgende maatregelen hangen weer samen. Maatregel vijf is het waterpeil in alle primaire watergangen met dertig centimeter verhogen. Ik moet zeggen dat het effect op de grondwaterstand erg groot is, ergens tussen de twintig en de dertig centimeter.

EC: Ik weet niet of dat überhaupt zou lukken. Als je kijkt hoe hoog het peil in de droge jaren wordt gezet om het zoveel mogelijk vast te houden. Als je dat dertig centimeter hoger zet dan zit je zo ongeveer op het maaiveld. Echt vaak maar een klein stukje onder maaiveld. Misschien gaat dit helemaal buiten jouw maatregel om, maar ik zou veel liever hebben dat de bever vrij zijn gang kan gaan, met beverdammen. Die bouwt hij op plekken die hij zelf nodig acht. Daar omheen is vaak veel meer natuur door het peilverschil. Als je hem overal dertig centimeter omhoog zet denk ik dat dat in droge jaren een voordeel heeft voor de ecologie. Omdat het gewoon langer duurt voordat het droogvalt, en dat je meer buffer hebt. Maar of je daar iets mee wint? Ja, je hebt meer nat, dus je oppervlak wordt iets groter. Ja er is meer onderwaternatuur misschien. Maar ik zou liever meer die variatie willen zien. Of ten minste, dat we dat toestaan. Maar nu is dat zo, dat als we een beverdam hebben, dan zijn we maar druk in de weer. De agrariër klaagt, het peil wordt hoger. Terwijl als wij een beleid zouden hebben waarin we zouden zeggen, heb je dat dan is dat gewoon zo. Dat is pech, of je krijgt compensatie, of hoe dan ook. Laat hem maar zijn gang gaan, dat zou veel mooier zijn. Eigenlijk met andere woorden ook weer, laat de natuur maar zijn gang gaan. De natuurlijke processen toestaan.

RE: Je noemde net de bevers, zou je de watergangen daar ook op willen aanpassen? Zijn daar mogelijkheden voor? Of zou je zeggen, gewoon lekker loslaten.

EC: Nee, eigenlijk hoef je niet aan te passen. Die vind zijn weg vanzelf wel. Kijk als je zegt, wij willen echt ruimte maken voor bevers dan helpt het als je oevers hebt die begroeid zijn, waar die voldoende voedsel kan vinden. Een kaal landbouw gebied, daar zou hij niet zo snel voedsel vinden. Aan de andere kant, als daar maïs ofzo wordt verbouwd dan heeft hij daar ook lekker iets om aan te knabbelen. Maar nee, het algemene pleidooi is eigenlijk, laat maar gewoon los. Dan regelt het zichzelf wat meer. Maar dat is net zo'n bizarre maatregel als die jij voorstelde, dat we dat als mensen heel moeilijk kunnen. Controle loslaten hierin. Maar het zou over het algemeen gewoon mooi zijn. En dan in plaats van die dertig centimeter vast te leggen, meer

peilfluctuaties, natuurvriendelijke oevers. Dat zijn dus flauwe oevers. Als je daar iets meer schommeling in hebt krijg je ook veel meer natuur. Je staat gewoon meer die natuurlijke processen toe als het ware. Voordat wij alles kaarsrecht hebben getrokken en er echt een bakje van hebben gemaakt.

RE: Daar sluit de volgende maatregel ook wel een beetje op aan. Dat is de primaire watergangen versmallen en dan alsnog met dertig centimeter omhoog. Maar aan beide kanten een bufferzone van vijftig meter. Mocht er wel hoogwater zijn, dan kan het daar in stromen.

EC: Ja, dat is an sich oké, en dat hangt er natuurlijk ook van af hoe je dat versmalt. Het liefst heb ik dan ook redelijk flauwe oevers om die gradiënt te hebben. Aan de andere kant, als je zegt ik wil hier en daar een bever, dan moet je ook minimaal één steile oever hebben. Aan een flauwe oever heeft hij niets om zijn hol onder water te graven. Dus dat is ook weer de vraag. Zitten we dan op voorhand al aan de tekentafel, hier doen we dit en hier doen we dat. Of denken we, ja laat maar gaan, en dan gaat het ook een keer mis. Dat tweede zou voor mij de voorkeur hebben. Maar ja, ik denk wel dat dat moeilijk is.

RE: Dan is de volgende maatregel, de primaire watergangen worden nu dus vooral gebruikt om het water af te voeren. Maar ze kunnen ook gebruikt worden om water te infiltreren door ze poreuzer te maken.

EC: Ja, ik zou zeggen zeker doen. We moeten af van dat verhaal van zoveel mogelijk water afvoeren. Gewoon vasthouden, aanvullen en accepteren dat er natschade is. Maar ja, ik denk dat 2018 tot 2020 ons genoeg geleerd heeft. En nu weer. Dat ik denk ja, het zal wel vaker voorkomen. Dan kun je het maar beter nat hebben. Ja, het is ook zonde om het allemaal naar de zee weg te spoelen hè.

RE: Ja, deze vond ik zelf wel interessant. Alle naaldbos omvormen naar heide. En voor de landbouw gewassen planten die minder verdampen.

EC: Ja, ik vind die bijzonder. Ik weet het niet zo goed. Nou ja, misschien hebben we ook teveel naaldbos omdat we dat kunstmatig geplant hebben voor de houtproductie en zo. Maar om nou te zeggen, we gaan alle naaldbos kappen en er heide van maken om water te besparen. Tegelijkertijd hebben we een bossenstrategie, we moeten meer dan een miljoen bomen planten. Voor de biodiversiteit en ook om de lucht te zuiveren. Ik weet niet voor welke doelen allemaal nog meer. Dat voelt toch ook ergens krom. Dan lijkt het mij logischer om te zeggen, begin bij onszelf als mensen en laten we kijken hoe we meer water kunnen besparen. Minder water verbruiken. Dan dat we zeggen, we gaan de naaldbossen kappen, maken er heide van en klaar. Dat voelt weer zo heel simpel als een oplossing die zo min mogelijk impact op onszelf heeft. Terwijl, neem corona, je ziet hoe belangrijk bos is. Iedereen gaat in een keer wandelen en heeft dat erg nodig. Ik vind het zelf te kort door de bocht. Wat de landbouwgewassen betreft. Ja, enerzijds wel. Aan de andere kant denk ik ook daar weer. Ga maar gewoon met de extreme hoeveelheid veeteelt af te schaffen. Maar dat is ook deels een persoonlijk pleidooi, want ik eet al heel lang geen vlees. Dat is zoveel efficiënter door minder koeien te hebben en andere dieren die dan geen grassen nodig hebben, geen water nodig hebben. Dat scheelt echt heel veel. Als we gewoon zeggen, iedereen gaat maar de helft minder vlees eten of zoiets. Daar haal je meer winst mee dan als je nu tarwe in iets anders gaat omvormen ofzo. Ja en aan de andere kant, diversiteit zou natuurlijk altijd mooi zijn. Dat we zeggen, we verbouwen niet alleen maar één of twee soorten graan, maar tien verschillende soorten. Dat is ook weer mooi meegenomen voor ecologie. Want daar zitten dan ook weer andere soorten op. Dat maakt je ook weer minder kwetsbaar als er ergens een oorlog is en er ineens geen tarwe is, of noem maar op. Ja, dat is ook weer terug naar vroeger hè? Minder grootschalig.

RE: Oké, duidelijk. Dan zijn we bij de laatste maatregel. Die is ook niet heel realistisch. Dat is alle verharding verwijderen, dus alle straten eruit halen.

EC: De verharding eruit? Het zou in ieder geval fijn zijn, in de Liemers staan ook superveel woningen op de planning. Tussen de veertig- en de zestigduizend worden er komende jaren gebouwd? Nou ja, dat zou je de gebiedskenner moeten vragen, die weet dat. Maar echt heel veel. Dat ik denk, bouw dat dan in ieder geval, bijvoorbeeld verplicht dat ze de tuinen niet betegelen, dat de parkeerplaatsen half open verharding hebben. Dat soort dingen. Ik verbaas mij daar gewoon over dat de projecten die nu in uitvoering zijn. Hoeveel jij dit dichtmaakt, hoe weinig zonnepanelen er op een dak zitten. Maar ja, dat is een andere discussie. Dat dat nog steeds kan in deze tijd, dat vind ik echt heel bijzonder. Daarmee zou ik zeggen, nou verharding eruit. Heel veel van die landwegen mogen wat mij betreft zeker half verhard zijn. Of van die schelpendingen, ik weet niet hoe blij je daarvan wordt qua onderhoud. Voor mij mag er zeker veel minder verharding zijn. En als waterschap doen wij dat ook op onze eigen terreinen. Een deel van de zuivering wordt daar volgens mij ook steeds minder toegepast. Maar ja, haal maar zoveel mogelijk weg.

RE: Oké, en is dat dan puur vanuit het oogpunt, meer water de grond in?

EC: Nou allebei, ja en nee. Dat is meer water de grond in. Maar als je een halfopen verharding hebt, bijvoorbeeld op een parkeerplaats. Op parkeerplaatsen van kantoren. Die zijn vaak maar twee dagen in de week helemaal vol. Maar de vrijdag heb je bijna niemand, dan is iedereen vrij of werkt thuis. En dan krijg je ook weer bijzondere vegetatie die je anders niet zou krijgen. Als het een beetje open en zandig is kun je ook solitaire bijen krijgen die je anders niet zou hebben. Dus dat heeft voor ecologie alleen maar voordeel als er minder verharding is. Er zijn een aantal soorten die erbij gebaat zijn om tegen muren te groeien, of tussen de spleten van de straat of het wegdek. Maar er liggen genoeg wegen, dus dat is prima. Des te minder verharding, des te beter dat is voor soorten.

Interview with the agricultural expert

(...)

RE: De eerste maatregel is stoppen met de drinkwaterwinning. Zoals ik al zei, de maatregelen zijn niet allemaal even realistisch. Wat zouden dan volgens jou de secundaire effecten kunnen zijn? En dat hoeft dan niet alleen het stoppen van de drinkwatervoorziening zijn, maar dat kan ook zijn de drinkwaterwinning verplaatsen.

(...)

AG: Ja secundair dat is dan, wie plukt daar dan de vruchten van? Of wie heeft daar dan de nadelen van? Dus dat is voor de landbouw minder droogteschade. Ook minder droogteschade voor de natuur. En ja, het kan ook zijn dat de winning ook wel positieve effecten heeft. Dat zag je onder andere in Eindhoven ofzo. Dus dat er stedelijk gebied is gebouwd, en dat wordt op een gegeven moment zelfs te nat. Dat je doorslaat naar meer natschade. Dat is voor de natuur in zijn algemeenheid nooit een probleem, dat kan nooit nat genoeg zijn. Maar voor de landbouw kan het in het voorjaar als de eerste bemesting er op kan. Ja als ze dan nog wat langer moeten wachten voordat de draagkracht van de grond op orde is dan kan dat een nadeel zijn op de wat nattere percelen. Er schiet me zo even niks meer te binnen.

RE: Ja, misschien had ik ook met deze vraag moeten beginnen. Je gaf net aan dat je met hoge grondwaterstanden schade kunt krijgen aan percelen. Licht dat alleen aan het feit dat je er met machines op gaat? Of kan een hogere grondwaterstand überhaupt schade of een verminderde opbrengst opleveren?

AG: Ja, wij proberen de bodemkwaliteit. Die kan je eigenlijk in zes parameters uitdrukken. Ja zeg maar worteling, organische stof, waterdoorlatendheid, chemie, PH geloof ik ook. Wat je ziet als het te nat is, die parameters die werken ook op elkaar in. Dus als het te lang te nat is, en het is zuurstofloos, dan gaat het bodemleven om zeep. En het bodemleven is juist ook weer nodig voor die porositeit. De porositeit, gangen gemaakt door regenwormen, dat is juist ook weer goed voor diepere worteling. Dus je ziet soms dat sommige grassen ofzo, die pakken juist weer die gangen van de pendelaar, die tot een meter of een half diep kan gaan, om versneld diep te kunnen wortelen. Dus als het te lang te nat is krijg je verdichting, verslemping, achteruitgang in bodemleven. Maar op zich is de afbraaksnelheid van organische stof dan weer minder. Voor de afbraak van organische stof is juist weer beluchting nodig. Ja, dus er gebeurt van alles. Maar in de regel wordt het wel compacter. Het is heel snel gevoelig voor verdichting. Dus als je onder te natte omstandigheden schade rijdt, dan heb je daar heel lang last van. Dan krijg je ook grotere brokken, minder porositeit, minder ruimte voor waterberging. Ja, in de brede linie is dat toch wel nadelig.

RE: Je gaf aan als het te lang te nat is, over wat voor periode heb je het dan ongeveer? Weken of maanden of.

AG: Nou ja, dat is wel een goede. Ja kijk, een dag nat is niet zo erg. Maar als het twee weken lang nat is krijg je echt wel structuurbederf. Dat is een vrij specialistische vraag.

(...)

RE: Ga ik door naar de tweede maatregel. Dat is stoppen met beregenen vanuit het grondwater. Aan de ene kant, ik heb al meerdere interviews gedaan, als je stopt met beregenen vanuit het grondwater verschuift de vraag waarschijnlijk naar het drinkwater. Dus dan zou je de maatregel misschien beter niet kunnen invoeren. Aan de andere kant werd gezegd, de boer haalt het waarschijnlijk lokaal uit de grond, en beregent ook weer lokaal de gewassen. Dus in dat opzicht zouden beregeningen ook niet zo'n grote impact hebben zeg maar. Dus hoe kijk jij daar tegenaan en wat zouden de secundaire effecten kunnen zijn?

AG: Ja, generiek wordt er wat later in het seizoen beregend. Dus voor de nattelandnatuur, je bent vaak het voorjaar al voorbij. April, mei ben je zo'n beetje voorbij. Dus in juni, als de maïs een beetje begint te groeien. Dat is niet generiek zo hoor, ook eerder wordt er wel beregend. Maar je ziet wel dat juist in droge jaren meer wordt beregend. En dat werkt uiteindelijk wel door in de watervoerendheid van watergangen. Dus dat er meer watergangen droog zullen vallen. Dus die ecologie die wel permanent van water afhankelijk is, daar heeft het dan wel zijn consequenties op. Maar het is niet zo dat als een boer dat lokaal onttrekt, je raakt het wel kwijt. Het wordt wel benut als gewasverdamping. Dus de gewassen blijven langer groeien, die verdampen wel water. Dus het is wel een netto onttrekking, het komt niet helemaal terug in het grondwater. Dat is dan ook niet de bedoeling natuurlijk. Ja, cumulatief heeft dat wel wat effecten ja. Ja, dat is juist een afweging van belangen. En ik denk dat dat vaak niet zo'n groot probleem is. Maar het is een beetje de uitdaging om boeren zo ver te krijgen dat ze optimaal beginnen aan het voorjaar, of aan het seizoen. En eventueel willen accepteren dat ze twee weken later het land op gaan, als er dan nog wat winst valt te boeken. Daar zit je op dat moment ook niet op te wachten als boer. Voor de benutting van mineralen is het ook handig om zo vroeg mogelijk aan het seizoen te beginnen. Dus de mest die erop mag, daarvan wil je als waterschap ook dat die zo goed mogelijk wordt benut. Dus hoe eerder je begint, hoe meer er van die mest dan ook benut wordt.

RE: Is dat wat je net bedoelde met optimaal beginnen aan het seizoen?

AG: Kijk, je hebt af en toe droogte, of een droog jaar. En vanuit dat perspectief zou je misschien soms wel moeten accepteren dat je soms iets later begint als het nat is in het jaar. Dat doen ze nu ook wel. Kijk als het eind februari, begin maart kletsnat is dan gaan ze ook echt niet meer bemesten. Dat wachten ze ook wel even uit als dat enigszins kan. En nu, met de maatregelen van elke druppel de grond in, kunnen ze wel bijsturen. Maar ze sturen dusdanig bij dat als ze het land op willen dan gaat het zo nodig naar beneden, de peilen. En daarvoor vraag ik me af, of dat is misschien ook meer een soort maatschappelijke beloning van het gemeenschappelijke landbouwbeleid. Dat we daar wat verhoging kunnen krijgen, dat dat wat gestimuleerd wordt. Dat ze dan iets risico nemen. Van ik begin het seizoen dan iets later maar dan heb ik misschien geen berekening nodig in mei. Dat bedoel ik een beetje qua optimaal met water beginnen. Dus zo nat mogelijk eigenlijk, wat nog min of meer binnen management

te doen is. Maar voor je benutting van nutriënten is het toch wel, als je land er klaar voor is dan is het toch wel, ja als het land er klaar voor is dan moet de mest op het land. Ja dat duurt wel een paar maanden voordat dat is omgezet naar nitraat. Of zeg maar ook benut kan worden door gewassen. Dan is dat beter om vroeg te beginnen.

RE: Oké, duidelijk. Dan door naar de volgende maatregelen, maatregel drie en vier. Die hangen eigenlijk een beetje samen. Maatregel drie is alle drainagebuizen verwijderen. En maatregel vier is alle tertiaire watergangen verwijderen. Nu moet ik zeggen, de effecten van de drainagebuizen verwijderen zijn veel kleiner dan die van de tertiaire watergangen verwijderen.

AG: En dat komt omdat we tertiaire watergangen hebben in het hele beheersgebied en drainagebuizen hebben we meer op het oostelijke plateau? Heb je dit met AMIGO laten doorrekenen?

RE: Ja, dit is met AMIGO doorgerekend. Ik heb alleen maar de output gekregen zeg maar. Dus alle maatregelen zijn doorgerekend voor de afgelopen jaren, wat het effect zou zijn als deze maatregel in die tijd was doorgevoerd zeg maar. Op die manier.

AG: Ja, drainage ligt vooral op kleileem. Dus als je die ruimtelijke kaart bekijkt en waarschijnlijk ook die kaart van die effecten, zo rondom Beltrem of in het zandgebied tussen Groenlo en Zelhem. De Baakse Beek, daar ligt geen drainage, praktisch niet. Dus ik kan me voorstellen dat je ook alleen effecten ziet rondom Winterswijk, Eibergen, die kant op.

RE: Ja, ik kijk specifiek naar de Liemers en de Bevermeer.

AG: Ja, het is goed dat je dat zegt. En daar ligt wel drainage?

RE: Voor een deel ja. Ik, nee de kaart kan ik er even niet meer bij halen.

AG: Maar in de effecten is dat dus wel te zien. Of er ligt niet veel, of het doet niet veel. Ja, wat je erin stopt krijg je eruit hè, zo werkt dat vaak. Ja de Liemers en de Bevermeer, ik zit even na te denken. De Duivensebroek, dat is zeg maar ten noorden van Duiven en Zevenaar tot aan Angerlo, Giesbeek en zo. Daar heb je een kleidekje van een meter ofzo. Daaronder zit een dikke zandlaag, dus die interacteert ook met de IJssel. Als de IJssel uitzakt dan trek je daar het grondwater mee weg. En de diepere watergangen zoals de Duivense, nee hoe heet dat ding. Zevenaarse Wetering en de Didamse Wetering, die doorsnijden die kleilaag. Dus die zitten eigenlijk in dat watervoerende pakket voor een belangrijk deel. En daarmee is het wel een droogtegevoelig gebied. Hoewel wel die kleilaag vrij lang kan naleveren natuurlijk. Maar terug naar jou vraag natuurlijk, wat zouden daar de effecten van zijn. Nou, van drainage verwacht ik niet zo heel veel nadelige effecten. Je geeft ook al aan van, nou ja, ik zie niet heel veel effecten dat het veel natter wordt. De tertiaire watergangen. Ik weet zeg maar in het Winterswijks, daar heb je een ondiep laagje eigenlijk wat water kan afvoeren. Dat zijn hele lokale effecten. Maar hier, ik ken die geohydrologische opbouw niet zo heel goed, wat die effecten daar dan van zijn. Want dat is volgens mij, hangt dat scherp samen met dat regionale pakket. Of die dikkere zandlaag daar onder. En die tertiaire watergangen, of die perceelslootjes, die hebben dan echt een functie om de nattigheid van het aanliggende perceel weg te krijgen. Dus als die klei helemaal verzadigd is en slecht infiltreert omdat he lang nat is. Om dan die plas dras situatie een beetje te voorkomen. Dus ja, in die zin zullen die wel effect hebben denk ik dan. Misschien wel beter dan drainage. Want als de drainage in de klei ligt werkt dat ook niet echt lekker. Dat kan ook een reden zijn waarom het er niet ligt. En als je die drainage dan niet zou hebben, dan heb je dat het langer duurt voordat het water weg is. Ja dan kom je een beetje op hetzelfde type maatregel uit, dat die draagkracht niet genoeg is om het land op te kunnen. Ja, ik kom even niet verder.

RE: Ja, zo is het ook goed. Zeg maar van elke maatregel is het doel om het natter te maken. Dus dan kom je al heel snel uit op, wat is het effect van nattere ondergrond.

AG: Ja, ik weet wel, en dat is misschien een zijstapje. In de Duivensebroek zitten wel wat percelen met weidevogelbeheer. Dus daar zitten wel beheerpakketten op waarbij dat dan juist wel gewenst is. Dus dat is wel een goede om dan te benoemen. Dus dat is agrarisch natuurbeheer, en dan een soort weidevogelpakket. Dus ze worden dan ook beloond volgens mij als daar meer variatie of weidevogels voorkomen. Dus in de inkomsten kan dat ook uitmaken voor de beloning van de boeren.

RE: Oké, dat is wel interessant inderdaad. Dan gaan we door naar de volgende twee maatregelen. Die hangen opnieuw weer een beetje samen. Maatregel vijf is dan de bodem en het waterpeil in alle watergangen met dertig centimeter omhoog. En dan kom je eigenlijk ook al een klein beetje uit bij wat ik vroeg aan het begin. Als je het waterpeil met dertig centimeter omhoog doet zie je dat het grondwater eigenlijk ook wel met vijftientig tot dertig centimeter omhoog gaat.

AG: Ja, ik denk dat de Liemers, zeker het Duivensebroek gedeelte. Dat ken ik wat beter dan de rijnstrangen en zo. Dat is vooral peilgestuurd, zelfs een soort poldersysteem. Dus als je de watergangen gaat verondiepen dan hoeft er nog niet zoveel te gebeuren. Dat is meer de afvoercapaciteit die dan beperkt wordt. Dus als er dan een keer een keer een t is tien afvoer is dan gaan de peilen sneller omhoog. Maar in het water vasthouden of zo doet dat eigenlijk niks. Nou, ik moet zeggen dat de infiltratieweerstand ietsje hoger wordt. Dus het gaat vooral om het effect van die dertig centimeter hogere waterpeilen. Dat zal echt opbrengstderiving gaan geven. En ik denk dat dat niet opweegt. En dat is dan ook altijd modelmatig de vraag, hoe zit dat in die AMIGO modellen. Hoe lang blijft die dertig centimeter, blijft die het hele jaar rond of niet? En hoeveel droogteschade had je überhaupt in een droogtejaar? En of de natschade wordt gecompenseerd door minder droogteschade. Gevoelsmatig denk ik niet dat het netto winst oplevert. Toevallig sprak ik gisteren wat andere boeren, meer uit veenweide gebied. En die hadden toch wel dat je gemiddeld genomen op kleigronden, of veengronden. Dus ook wel hier in het Liemers. Dat je daar meer gras vanaf haalt dan van de zandgronden. Dus dertien ton droge stof per perceel ofzo ten opzichte van tien à elf op de zandgrond. Dat heeft toch te maken met meer beschikbaarheid van water in zijn algemeenheid dus. Maar goed, dat zal ook ergens een bovengrens hebben. Te nat zeg maar kan ook beperkend zijn.

RE: Je gaf net al aan dat een nadeel kon zijn dat je bij een piekbui meer wateroverlast hebt. Meetregel zes die heeft daar rekening mee gehouden. Dat is nog steeds de watergangen verondiepen, maar ook smaller maken. En in de vijftig meter aan beide kanten, dus in totaal honderd meter, een bufferzone houden zodat het kan overstromen in het geval van een piekbui. En dan is mijn vraag daarbij ook eigenlijk, in hoeverre zou daar überhaupt ruimte voor zijn, voor die vijftig meter aan beide kanten?

AG: Dus vijftig meter aan beide kanten, dat is eigenlijk al honderd meter breed? Ja dat is een substantiële hoeveelheid. Dat kun je niet naast alle leggerwatergangen doen. Bijvoorbeeld zo'n Didamse Leigraaf, of een Zevenaarse Wetering, of de Wijde Wetering, die zocht ik net. Dat zijn de grote jongens die richting het gemaal gaan in Duivensebroek. Daarvan kan ik me nog voorstellen, dat kan vanuit verschillende criteria wel positieve effecten hebben. Biodiversiteit, die plas dras situatie. Want ik ga er dan ook vanuit dat je, om de afvoercapaciteit te behouden, en om er water in te krijgen. Daarvoor moeten ze wel wat afgegraven worden. Als je alleen maar zegt, ik maak mijn watergangetjes heel klein, en dat mag dan op het aangrenzende land van vijftig meter staan. Vaak is dat land zo vlak, dan blijft dat niet alleen op die eerste vijftig meter staan. Dan staat het gewoon overal. Dus dan moet je. Ja, als het dan nog enige afvoer moet hebben moet je het toch wel vijftig tot tachtig centimeter afgraven. Om te voorkomen dat het dan elders ook onder water staat. Dus dat is nog even zo'n praktisch dingetje, van hoe werk je dat dan uit. Maar je krijgt wel hele mooie gradiënten. Voor ecologie en biodiversiteit zou dat super zijn. En als je dat maait en afvoert zou dat ook echt wel als een bufferzone werken. Dus ik denk wel dat dat kan, maar dat zou je echt wel langs de grotere watergangen moeten doen. Want anders kost dat ook weer teveel landbouwgrond. Ik ken jouw projectgebied dus niet helemaal, dat is richting Didam en zo. Dat is wel en heel ander landschap. Wat gevarieerder, kleinere dorpjes, dat vind ik lastig om daar generiek iets over te zeggen. Daar geldt misschien ook wel hetzelfde. Pak er een aantal watergangen uit. Ja, het moet ook wel een beetje in verhouding staan. Dus ik denk wel dat honderd meter, honderd meter dat is wel heel fors. Dan vraag ik mij af in hoeverre dat het natuurlijk functioneren nog tegemoet komt. Maar of dat beter zou zijn. Je probeert eigenlijk weer een soort beekdal op te zoeken. Ja, misschien was dat in totaal hooguit vijftig meter breed. Dit lijkt mij wel heel ruim. En ter aanvulling. Als bufferzone beperk je je dan ook tot relatief weinig watergang. De meeste kilometers zullen die zijwatergangen zijn die op de hoofdwatergangen uitkomen. Dan is het misschien effectiever om overal tien meter brede bemestingsvrije zones te hebben als je het doet om minder uitspoeling te krijgen.

RE: Oké. Dan is maatregel zeven. In plaats van de primaire watergangen alleen voor afwatering te gebruiken, de bodem poreus te maken en ze voor infiltratie naar het land te gebruiken. Dus om te zorgen dat er wordt geïnfiltreerd vanuit de primaire waterlopen.

AG: Dus omgekeerde drainage? Infiltratie weer mogelijk maken met infiltratiedrains of zo richting aangrenzende percelen. Ja, wat daarvoor nodig is is dat er wel afvoer op blijft zitten vanuit die watergangen. Dus er moeten hogere gedeeltes zijn bovenstreams die dan nog steeds zorgen voor wateraanvoer. Anders dan is dat regionale grondwater zo ver weggezakt dat die aanvoer er ook niet is. Dus je stelt eigenlijk voor dat de grondwaterstand op de percelen al lager is dan het oppervlaktewaterpeil. En ik denk eigenlijk dat dat vaak andersom is. Dus dat maakt het een beetje lastig om mij daar iets bij voor te stellen. En daarom denk ik ook dat het niet zo heel kansrijk is. Dus ik denk dat het grondwater al weggezakt is en dat er dan niet meer zo heel veel afvoer op die grotere watergangen zit. Zodat het ook lastig wordt om die afvoer die er dan nog wel is, als die er is stop je die misschien de percelen in. Dan ben je het op die manier in het grondwater kwijt. Ik zie niet zo heel veel potentie in deze maatregel. Ik denk dat het makkelijk is om water op te stuwen in de watergangen en te voorkomen dat het water afgevoerd wordt via de watergangen. Want waterafvoer via het grondwater, daar doe je toch niets aan als de grote rivieren laag staan. En de kans dat er nog veel water in de sloten staat, en de percelen zijn al veel uitgezakt, die acht ik vrij klein. En als je dit dan doet dan voegt het waarschijnlijk weinig toe aan nalevering richting de planten. Ja, en misschien nog een aanvulling. Ten opzichte van de Berkel of de Oude IJssel of zo, daar heb je misschien veel langer de tijd om water aan te voeren van buitenaf, van gebiedsvreemd eigenlijk. Ja, en in de zomermaanden hebben we dan ook verschillende inlaatsystemen zitten die dan via de kleinere watergangen gebieden van water voorzien. Ja, en er zijn wel eens wat gedachten geweest om bij Pannerden en Loo en zo vanuit de Rijn weer water in te gaan laten. Maar volgens mij is dat bij ideeënvorming een beetje gestopt. Want de praktijk is dan ook wel, volgens mij moet je dan aardig wat meters omhoog met dat water. En in hoeverre krijg je dat dan alsnog in de wortelzone? Ik schrijf de maatregel af.

RE: Oké, duidelijk. Maatregel acht is dan zoetwaterberging in zandruggen. Dus voor de Liemers is dat op de Veluwe en Montferland. Zoals ik eerder al aangaf, ik heb al meer interviews gedaan. Aan de ene kant werd gezegd het vergt erg veel moeite om het water er weer in te krijgen, en om er dan ook weer uit te krijgen. Dus te veel werk, doe maar niet. Aan de andere kant werd gezegd, in principe hoe meer water je vast kan houden hoe beter. Dus hoe kijk jij daar tegenaan?

AG: Ja, misschien vooral dat eerste. Waar ik me vanuit de praktijk nog wel eens over verbaas. Jaren terug deed ik nog wel eens een mountainbiketochtje over Montferland. En dan helemaal bovenop, soms was het wel een tijdje heel droog en dan was het bovenop nog kletsnat. Dus je hebt daar wel echt een slecht integrerende bodemlaag, of een scheef gestelde slecht doorlatende laag. Dus het is ook wel een praktisch knelpunt denk ik om het ook daadwerkelijk echt geïnfiltreerd te krijgen op het Montferland. Ja, en hetzelfde geldt een beetje voor de Veluwe. Ja, dat is natuurlijk wel een heel groot massief, daar krijg je het misschien nog gemakkelijker geïnfiltreerd. Dat is één grote zandbak. Maar ja, daar ontspringen dan een aantal beken. Die blijven dan langer watervoerend. Ik heb niet echt de kennis om te zien, hoe lang, hoeveel maanden per jaar heb je dan echt voordeel. Ik heb het idee dat je het ook snel kwijt bent ja. Als je ziet wat je gemiddeld gezien heel makkelijk kan afvoeren in een

klein slootje, of ergens een bronbeekje. Als je diezelfde hoeveelheid vijftig meter omhoog moet pompen, dat is intensief en energie slurpend zou ik zeggen. Dus voor die twee systemen zou ik het niet zo heel kansrijk zien zitten. Ja, nou ja. Als je misschien zoiets wel zou willen doen dan misschien echt een beetje pas aan het eind van de winter. Hè, dan januari of februari ofzo, een kortere duur. En een beetje wat lager aan de voet van de bult. Dus dat de percelen aan de voet dan wat minder droogteschade hebben.

RE: Afgezien van de technische moeilijkheden, zou het dan überhaupt nut hebben om plaatselijk zo'n grote voorraad ergens in het gebied te hebben? Of zou het niet zo heel veel effect hebben op het gebied in het algemeen denk je?

AG: Ja, ik denk dat laatste. Uiteindelijk moet je dan ook weten, waarvoor doe je het? En ja, heb je een belangrijke beek die anders droogvalt? Dan kan dat oprecht ergens toe doen, ben je bepaalde ecosystemen anders kwijt? Een modderkruiper ofzo, of libellenlarve, weet ik het. Maar dat is volgens mij hier niet het geval, er blijft altijd wel water in staan. Misschien wordt het aantal watergangen wat droogvalt even iets minder. Maar dat is dan een soort golfbeweging. In die Winterswijkse Beek is dat dan anders. Daar heb je lokaal wel echt populaties zitten die je anders kwijt bent. Die krijg je ook niet zomaar terug. En hier is het dan ja, of landbouwfunctie. Maar ja dan denk ik, als het water toch al laag staat, onttrek nog even en nazorg voor een minimale gewasopbrengst dat je het jaar kan uitzingen. Dus ik zie daar niet zo heel veel kansen in.

ER: Oké, dus zolang er geen duidelijk doel is zou jij het niet doen?

AG: Die moet je dan heel duidelijk aan elkaar koppelen. En ik denk dat je dan in de winter heel vaak moet investeren in het water opvoeren terwijl je eigenlijk niet echt weet of je komend jaar een droogte krijgt of niet. En je bent het geld dan wel kwijt, dan zijn dan wel echt kosten die je al hebt gemaakt. Hetzelfde is een beetje met de bevoeiing, daar zijn ook proeven mee gedaan. Dan zet je het land onder water in de winter om een eventuele droogte te voorkomen. Maar als je dat jaar eigenlijk helemaal geen berekening nodig had gehad is het maar de vraag of je er wel voordelen aan hebt gehad.

ER: Dan is maatregel negen. Naaldbos omvormen naar heide en gewassen planten die tien procent minder verdampen. En dan is mijn vraag ook daarbij, in hoeverre is er flexibiliteit om maar zomaar andere gewassen te vinden.

AG: Nou, er is wel een ontwikkeling gaande. Zeker als alternatief voor maïs. Maïs gaat al twee keer zo effectief om met water als gras qua omzetten naar droge stof. Dus dat is al een gewas zeg maar dat goed omgaat met water, met beperkte beschikbaarheid van water. Maar sorghum doet dat nog net iets beter. Alleen de productie van sorghum, de maïsteelt is dertig of veertig jaar veredelt. Dus die rassen zijn steeds beter geworden. Om zoveel mogelijk op te brengen qua energie en eiwitten. Sorghum is nog niet zo ver, dat is een iets ander gewas. En dat moet nog een beetje uitkristalliseren voor deze klimaatzone. Maar ik denk dat dat over een jaar of vijf of tien toch wel toe zal gaan nemen. Dat die gewassen steeds beter worden. En je bent als gewas ook steeds minder afhankelijk van plaagsoorten. Die dan zeg maar de wortels doorknabbeln. Zeker met die monocultuur van maïs is dat risico best groot. En zeker als je wat variatie in die teelt hebt dan ben je daar minder afhankelijk van. En wat nog meer, in de Achterhoek, de Liemers is misschien iets gevarieerder met gras en maïs voor de melkveehouders. En misschien heb je daar nog wat aardappelteelt, of wat bieten. De grasklaver, de rode klaver die heeft een penwortel. Dus die wortelt dieper. Die heeft ook huidmondjes die dichtgaan als het droog wordt. Dus die beperkt zijn eigen verdamping. En je ziet nu ook dat het veel gangbaarder is om ook klaver met gras te zaaien. Dus niet alleen vanwege de droogte, maar ook vanwege beter verteerbaar eiwit van het gewas. Dus dat zijn toch wel ontwikkelingen die misschien toch wel versterkt zijn door de droogte, maar die wel in gang gezet worden.

ER: En dan is maatregel nummer tien, de laatste. Alle verharding verwijderen. Ik kan mij voorstellen dat dat in stedelijk gebied veel meer effect heeft dan op het land, of op de landbouw of wat dan ook.

AG: Nou ja, op zich is het bijkomend effect het risico op wateroverlast. Dat is vooral bij deze toepasselijk. Dus waterdoorlatende verharding beperkt wel de snelle afstroom uit het stedelijk gebied. Deels risico op wateroverlast, deel meer water vasthouden. Dus als er droge zomers zijn geweest en er valt af en toe wat water. Met waterdoorlatende verharding, of meer ruimte in stedelijk gebied om dat water alsnog geïnfiltreerd te krijgen draagt dat wel bij aan die twee dingen. Dus minder risico op wateroverlast, en grondwateraanvulling. En als derde, dat ligt een beetje aan het rioolstelsel wat daar ligt. Minder water wat naar de rioolwaterzuiveringen hoeft, gescheiden stelsels. Ja, is een goede maatregel zou ik zeggen. Het kost misschien wat meer. Maar ook daarbij geldt, waar doe je het dan vooral voor? Risico op wateroverlast in dat landelijk gebied, daar is de schade nog vrij snel beperkt. Maar het is ook wel een beetje, hoe doe je dat in de maatschappij. Als je in de toptijdreiskaart terug gaat naar die drie kernen in de Liemers, Zevenaar, Duiven en Westervoort. In de jaren zeventig stond daar nog nauwelijks iets. En nu is dat allemaal industrie geworden, bedrijventerreinen. Dat heeft echt wel zijn weerslag op het voorkomen van hogere afvoeren in het landbouwgebied ten noorden daarvan. Ik kan mij niet anders voorstellen dan dat dat versneld grotere risico's op wateroverlast oplevert. En daar kan de landbouw zelf eigenlijk vrij weinig aan doen. Die zijn daar toch afhankelijk van de ontwikkelingen bovenstrooms.

Appendix B: Description of the National Hydrological Instrument

The NHI has been extensively described by De Lange et al. (2014). The instrument is a combination of the four models Distribution Model or DM, MOZART, MODFLOW and MetaSWAP. Each of these models is used to simulate a different domain. These domains consist of national surface water, regional surface water, groundwater and the interaction between soil and atmosphere. Figure 4 shows these domains while Table 18 gives an overview of the models.

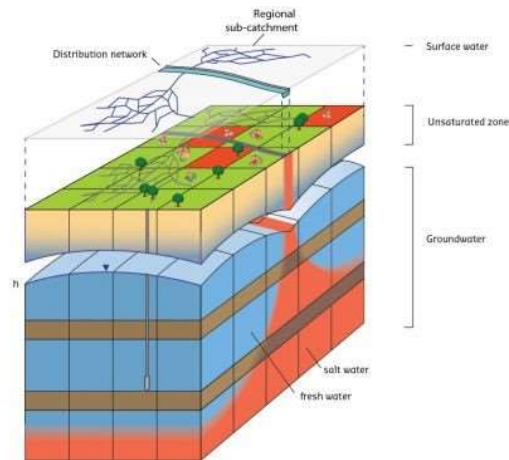


Figure 4: The domains in the NHI. Image taken from De Lange et al. (2014)

Table 18: The models and their domains

Model name	Domain	Purpose
Distribution Model	National surface water	Determining the water distribution in the entire country
MOZART	Regional surface water	Determining the water balance of sub-catchments
MODFLOW	Groundwater	Determining the deeper groundwater flows
MetaSWAP	Top soil and atmosphere	Determining the evaporation of groundwater

The surface waters are divided in the national and regional level. At the national level there are several large rivers and lakes. Some examples are the Rhine, Meuse or lake IJssel. These form the distribution network. The allocation of water on this level is modelled with the Distribution Model. The waterways are represented as branches that connect via nodes. These can be seen in Figure 5. This system is described by Prinsen, Visser & Kroon (2014). A branch is (part of) a river or canal. These have a maximum discharge as constraint. The nodes represent large water bodies, intersections of waterways and borders of the system like the North Sea. The inputs are river discharges recorded at the borders, and priorities and demands of sub catchments. For example, high priority locations are levees on peat or nature area which may be irreversibly damaged when they dry out. Water used for navigation or recreation has a lower priority. The outputs are water levels and discharges at each node and branch, and discharges to the sea and sub catchments.



Figure 5: The national surface water represented in the DM. Image taken from Prinsen, Visser & Kroon (2014)

MOZART is used to construct the water balance on the regional level. This level consists of sub-catchments. In MOZART these are classified as districts. The waterways in these districts are classified as local surface water, or LSW (Delsman, Mulder, & de Wit, 2008). In this system the Netherlands is divided in 8750 LSWs. There are two types of LSW. Level controlled (*peilbeheerst* in Dutch) and freely drained (*vrij afwaterend* in Dutch). Level controlled LSWs are situated in the lower Netherlands and along the Rhine. These have a target water level. Waterworks can be used to come to this level. Just like the DM, MOZART distributes water based on the priorities of five water users. These users are level controlled LSWs, flushing, agriculture, industry and drinking water. Their priorities vary by region.

MOZART takes the discharges as determined by the DM, drainage and seepage determined by MODFLOW and precipitation data as inputs. Elevation data from AHN is used to determine the flow pattern of an LSW. Each LSW also has a specific discharge. This is the discharge per unit of surface area for a chosen return period. The flow pattern is combined with the specific discharge of an LSW to determine the actual discharge in an LSW (van der Gaast, Massop, Vroon, & Staritsky, 2006).

Groundwater flows are modelled by MODFLOW. This is the most relevant model for this specific research. This makes use of the national hydrogeological database REGIS II. The database is described by Hoogewoud et al. (2010). In REGIS the Dutch soil is divided in columns with seven layers. Each layer consists of an aquifer and a permeable separating layer. Water is transport trough aquifers. Water can also travel through the impermeable layers, but very slowly. The geohydrological basis is impermeable and forms the lower border of the system. The average depth of the model is 500 meters, with a maximum depth of 1200 meters. This layered model is based on the database DINO, *Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond*. This consists of data acquired from 16,500 high quality drill samples. This is approximately one drilling per 2.5 km². In MODFLOW the three-dimensional movement of groundwater is calculated.

The interaction between soil, water, atmosphere and plants are modelled with the SWAP model. The model is described by van Walsum et al. (2019). The unsaturated zone is schematized as columns. There is no horizontal interaction between the columns. There is however vertical interaction between the soil and the atmosphere.

WRIJ makes use of the AMIGO model, *Actueel Model Instrument Gelderland Oost*. It is owned by WRIJ, water company Vitens and the province of Gelderland. The model is a combination of the MODFLOW and MetaSWAP software. The MODFLOW implementation of AMIGO has a pixel size of 25 x 25 m². This is an improvement over the national MODFLOW model and makes it suitable for local studies. However, it still makes use of the REGIS II database.

Not every measure has an effect in the study area. First a selection will be made with PNG images showing the effects of a measure over the entire year to filter out the measures with no effects. Then the characteristics of the relevant measures will be determined, e.g. how much water they store or preserve, effects on sandy and clay soils and during what time of year these have an effect. This will then be combined with the results of the interviews to come to a set of best measures.

Drawbacks of the available data

The national MODFLOW model is based on the REGIS II database. This is a national database and does not provide information on soil across the border. This is not of importance in large parts of the country. However, part of the Liemers borders Germany. This can have an impact on measures along the side of the study area. In the AMIGO model part of the German soil is extrapolated based on the Dutch soil.

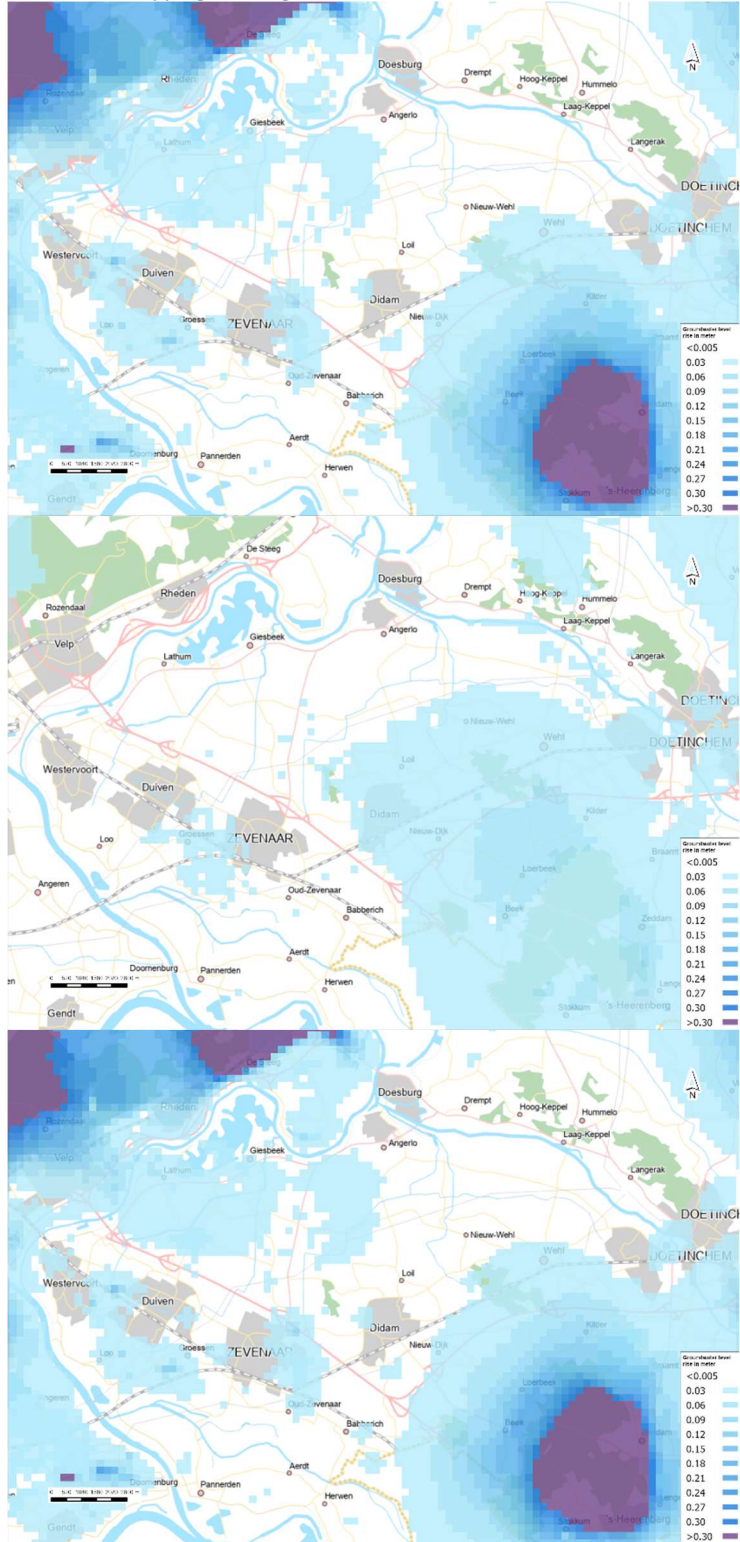
In the AMIGO dashboard there are also signs that the model might estimate the groundwater level to be too high during dry years. The effects of the measures were determined for the exceptionally dry year 2019. This can result in an overestimation of the effectiveness of the measures. However, this is only mentioned once and still under investigation.

Both researches are meant as exploratory research. No limitations were placed on possible measures. Some of these measures can be unrealistic, like completely removing drinking water extraction or drainage. It is likely that further research is needed to come to a concrete layout for the study area.

Appendix C: Images of the effects of the measures on the groundwater level

Top image is the GHG scenario, middle image is the GLG scenario, bottom image is the GVG scenario.

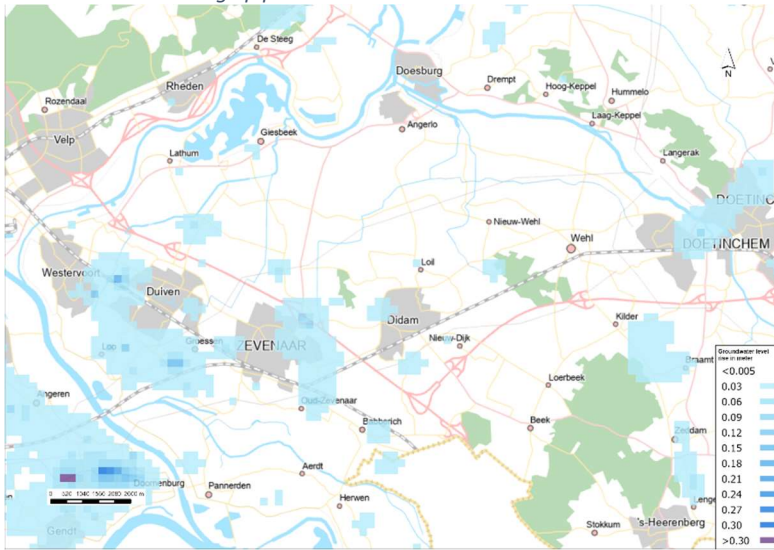
Measure 1: Stopping drinking water extractions



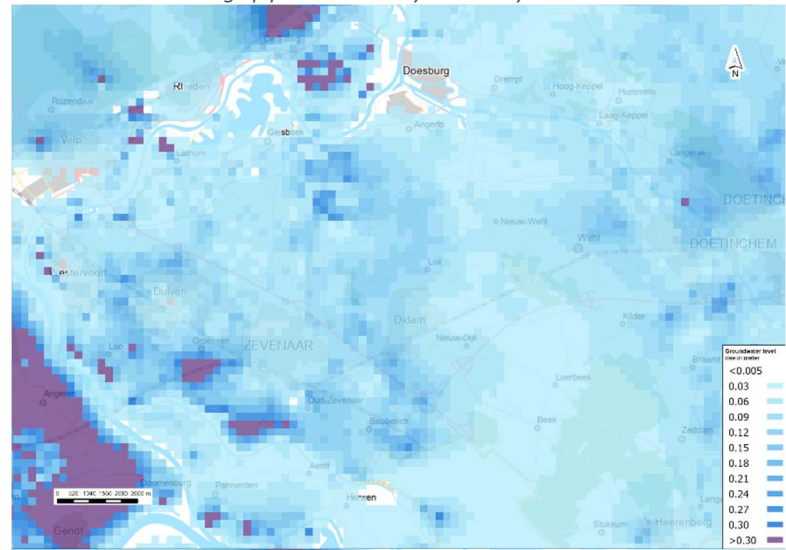
Measure 2: Stopping irrigation from groundwater



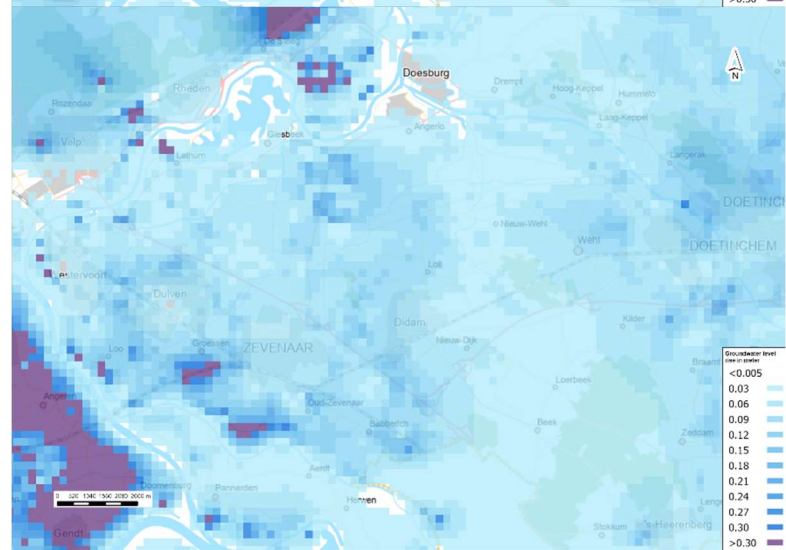
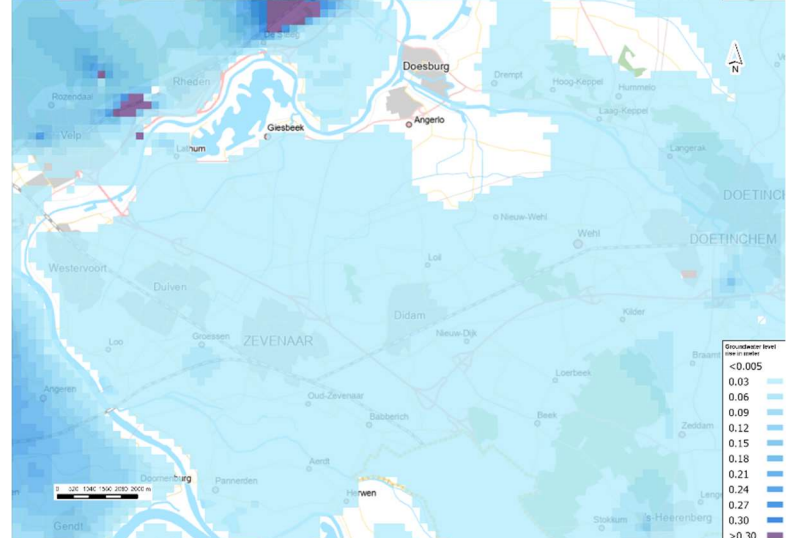
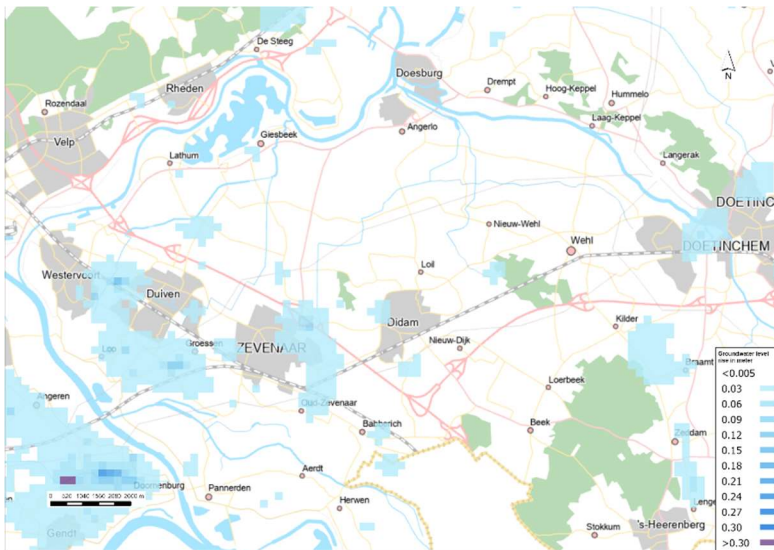
Measure 3: No drainage pipes



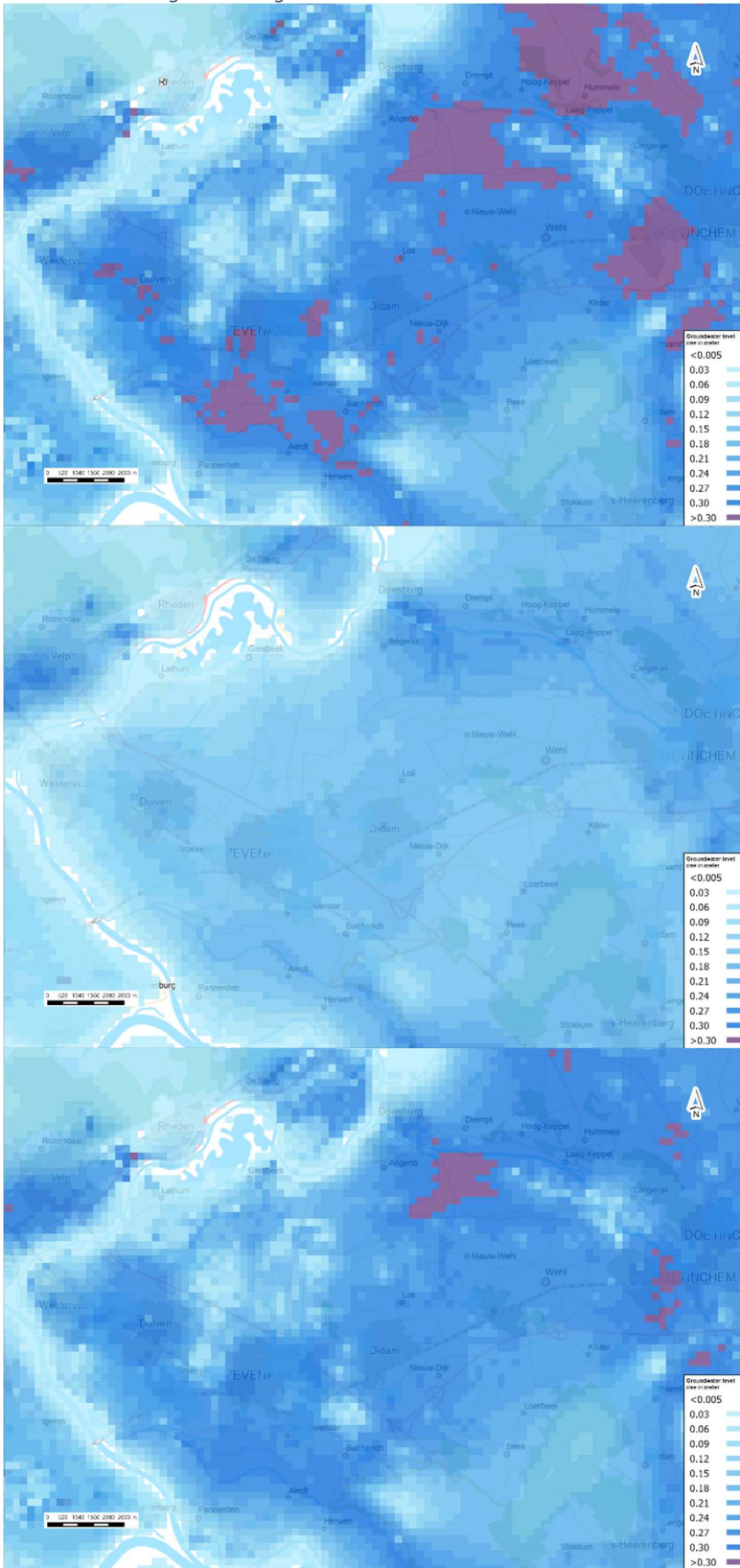
Measure 3: No drainage pipes and tertiary waterways



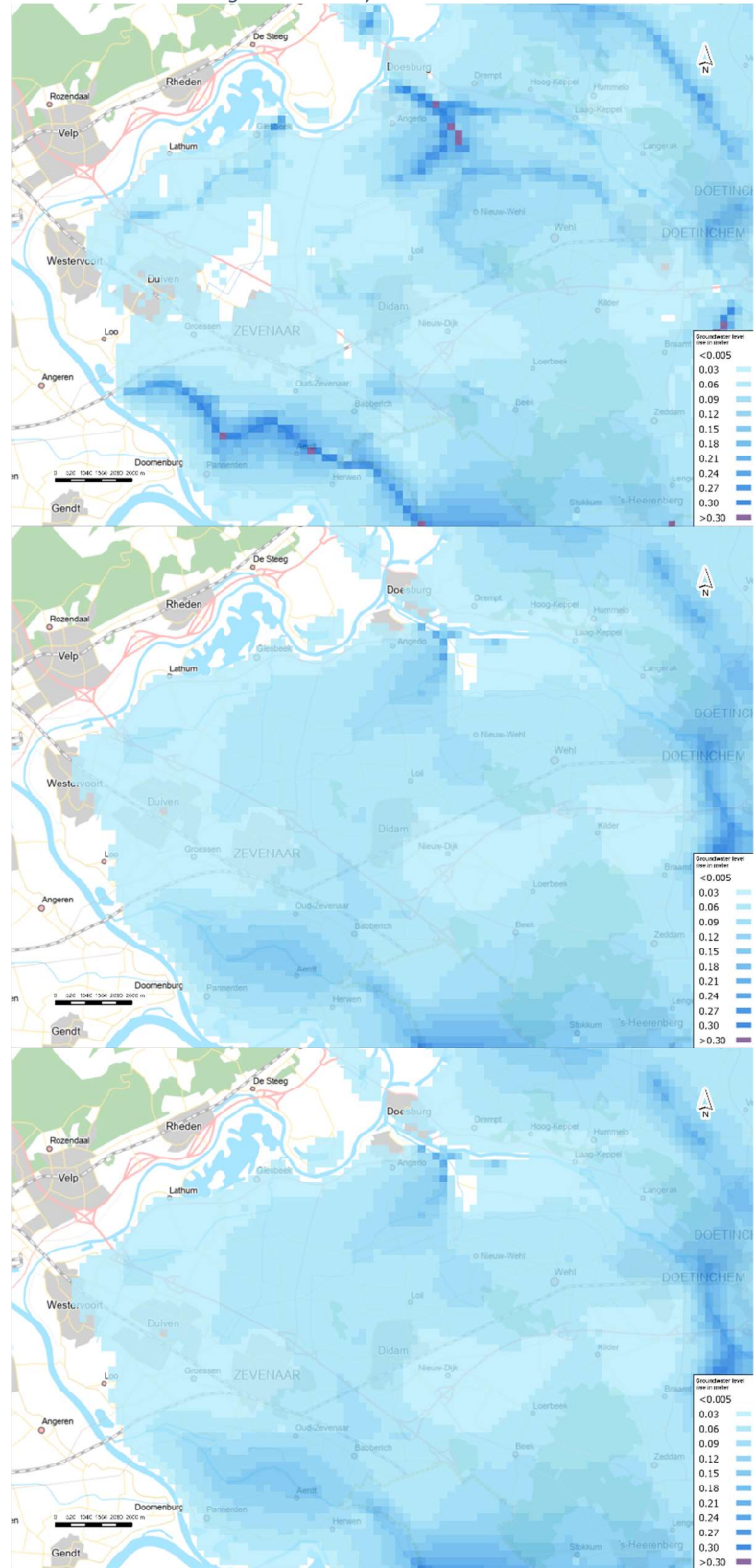
Not available, negligible effect



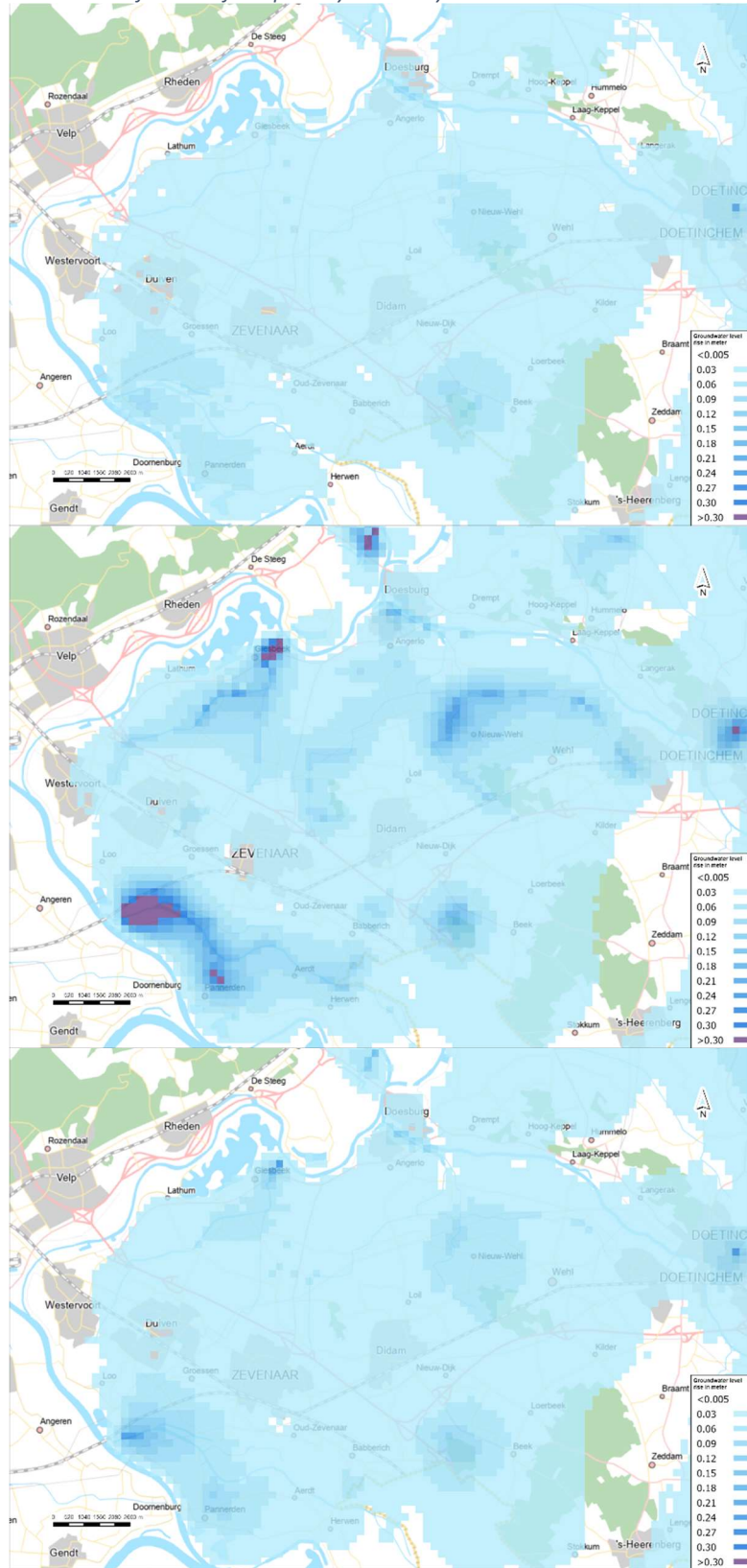
Measure 4: Raising the drainage base



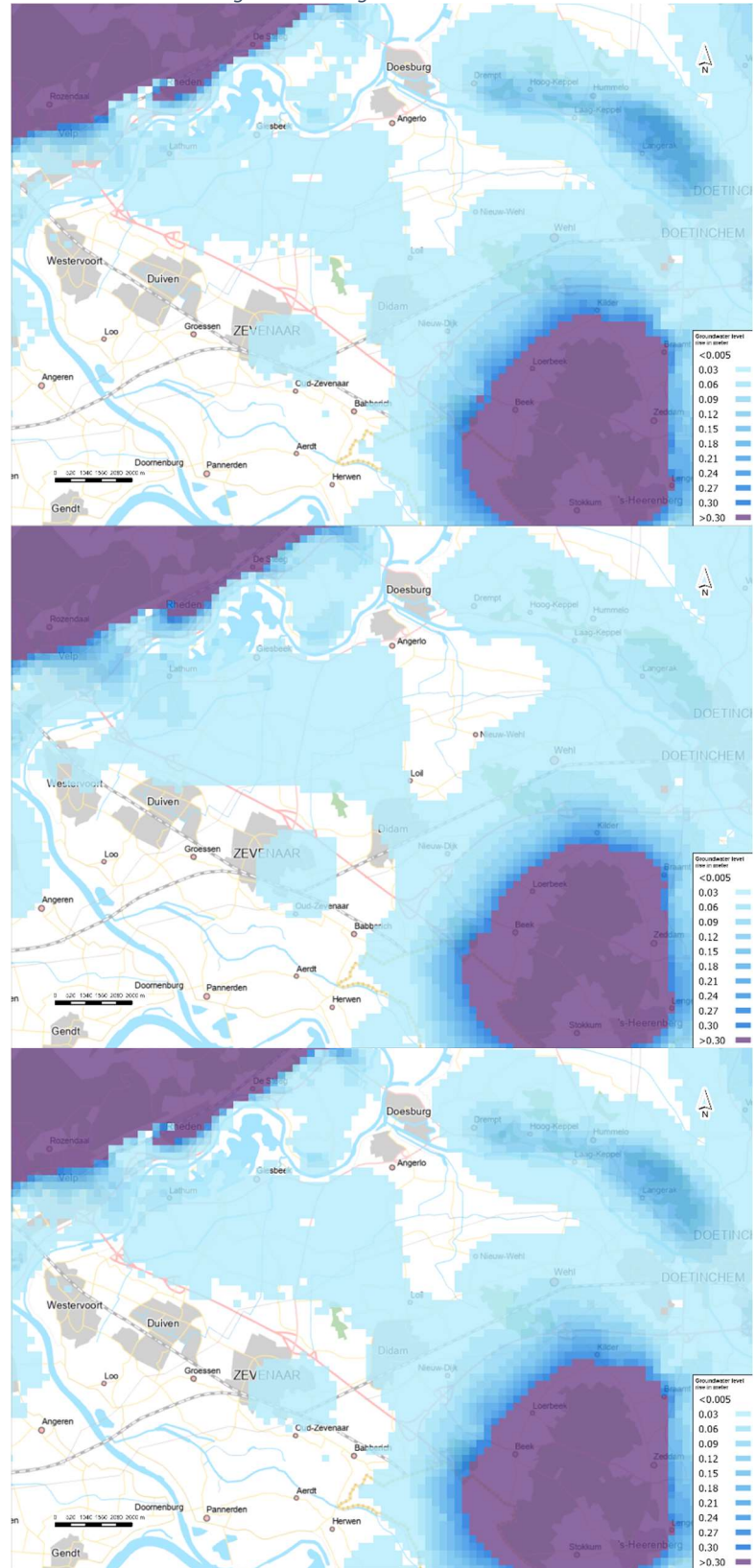
Measure 5: Constructing 'stream valleys'



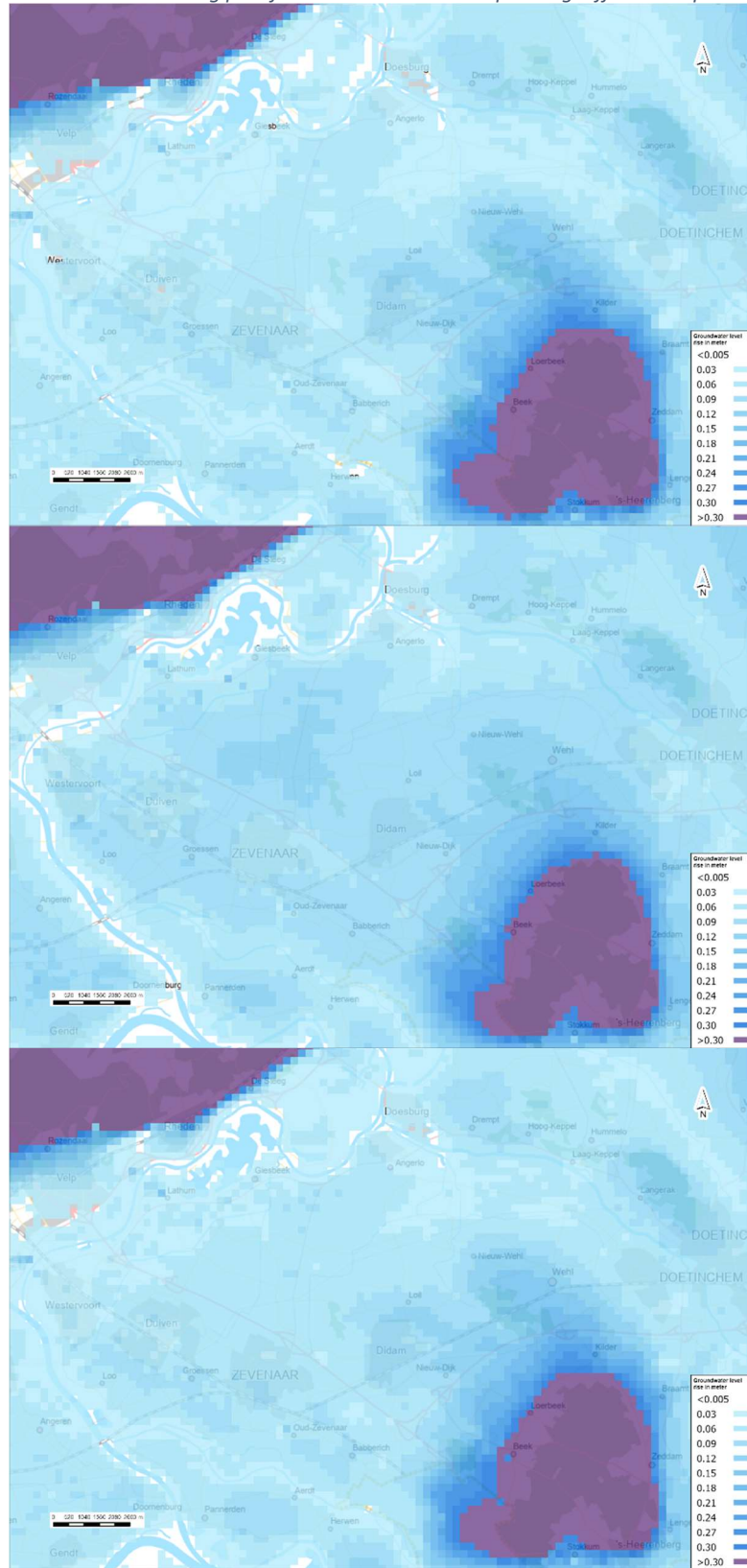
Measure 6: Infiltration from primary waterways



Measure 7: Water storage in 'blue engines'



Measure 8: Converting pine forest to heathland and planting different crops



Measure 9: Removing urban area

