

H+N+

S+ +

*Hydro*

Logic

ONTWERPEND ONDERZOEK EN  
HANDELINGSPERSPECTIEF

TOEKOMST-  
BESTENDIGE  
HEUVELRUG, GOOI  
EN VECHTSTREEK



H+N+

S+ +

Hydro  
Logic

# INHOUD

<b>INLEIDING: WATER EN BODEM ALS BASIS</b>	<b>5</b>
Urgente opgaven, op zoek naar oplossingen, raakvlakken beleid, gerelateerde projecten, aanpak en organisatie, leeswijzer, hoofdconclusie	
<b>1. LANDSCHAPPELIJKE KENMERKEN</b>	<b>16</b>
1.1 Typering van het huidige landschap	16
1.2 Beknopte landschapsbiografie	18
<b>2. WERKING VAN HET WATER- EN BODEMSYSTEEM</b>	<b>22</b>
2.1 Grondwatersysteem	22
2.2 Grondwaterbalans	28
2.3 Oppervlaktewatersysteem	30
2.4 Waterkwaliteit	32
2.5 Waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding	33
<b>3. OPGAVEN WATER, BODEM EN KLIMAAT</b>	<b>34</b>
3.1 Gevolgen klimaatverandering	34
3.2 Opgaven water, bodem en klimaat	36
<b>4. KENMERKEN EN OPGAVEN FUNCTIES:</b>	
4.1 Natuur	42
4.2 Landbouw	47
4.3 Stedelijke functies	48
<b>5. ONDERZOEK BOUWSTENEN EN EFFECTIVITEIT</b>	<b>50</b>
6.1 Analyses grondwatermodel	50
6.2 Analyses oppervlaktewatersysteem	57
<b>6. TOEKOMSTBEELDEN 2100</b>	<b>62</b>
6.1 Inleiding/ methodiek	62
6.2 Referentiesituatie 2100	66
6.3 Toekomstbeeld Technische Fijnregulering	68
6.4 Toekomstbeeld Natuurlijke Variatie	70
6.5 Toekomstbeeld Integrale Herinrichting	72
<b>7. CONCLUSIE EN HANDELINGSPERSPECTIEVEN</b>	<b>74</b>
7.1 Conclusie	74
7.2 Perspectieven deelgebieden	76
7.3 Handelingsperspectieven	80
7.4 Aanbevelingen en vervolg	90
<b>BRONNEN/ COLOFON</b>	<b>93</b>
<b>BIJLAGEN:</b>	
Toelichting ontwerpend onderzoek toekomstbeelden 2100	
Grondwatersysteem + Bouwstenen en Effectiviteit (HydroLogic)	
Schema Handelingsperspectief	

+

+

**PROBLEMEN AANPAKKEN  
BIJ DE BRON, MET  
SYSTEMGERICHTE  
OPLOSSINGEN**

+

+

# INLEIDING:

## WATER EN BODEM ALS BASIS

In de Heuvelrug ligt een grote hoeveelheid, grotendeels zeer schoon water opgeslagen. Regen infiltreert op de hoger gelegen zandige bodems en komt in lagere delen als kwel weer naar boven. Kwelwater vormt een onmisbare bron voor zeldzame planten, amfibieën en insecten in de natuur op de flanken en de Vechtplassen. De Heuvelrug levert jaarlijks miljoenen kuub drinkwater. Maar, er is sprake van een kantelpunt. Het wordt steeds duidelijker dat we met de combinatie van de landschappelijke aanpassingen vanuit het ‘maakbaarheidsdenken’ (denken vanuit wensen landgebruik en afhankelijk van techniek), voortgaande effecten van de klimaatverandering, bodemdaling en verstedelijking de grenzen van de draagkracht van het water- en bodemsysteem hebben bereikt. Het landgebruik en de bijbehorende inrichting volgen vaak niet de opbouw van de ondergrond en het natuurlijke watersysteem. Dit heeft uiteindelijk geleid tot een kwetsbaar water- en bodemsysteem met onvoldoende veerkracht. De beschikbare hoeveelheid water, de kwaliteit van water en bodem en de mogelijkheid tot waterberging en waterbuffering staan onder grote druk. Dat heeft negatieve gevolgen voor alle functies.

Dit rapport wijst de weg naar een toekomstbestendige Heuvelrug Gooi en Vechtstreek, door bouwstenen gericht op systeemherstel en een duurzame wisselwerking tussen het water- en bodemsysteem, inrichting en functies.

## URGENTE OPGAVEN

In het gebied van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek zijn grond- en oppervlaktewater, inrichting en functies sterk met elkaar verbonden. Eeuwenlang waren Hollanders meester in het naar de hand zetten van water en bodem voor voedselproductie, energievoorziening (turf), industrie, winning grondwater ten behoeve van drinkwaterproductie en verstedelijking. Doordat het landgebruik en de bijbehorende inrichting vaak niet de opbouw van de ondergrond en het natuurlijke watersysteem volgen is uiteindelijk een kwetsbaar water- en bodemsysteem ontstaan dat niet opgewassen is tegen de gevolgen van klimaatverandering en de condities voor zowel natuur, (reguliere) landbouw als stedelijke functies onvoldoende kan faciliteren. De regio kampt met een opeenstapeling van urgente uitdagingen die onder invloed van klimaatverandering nog veel groter zullen worden:

Verminderde infiltratie door een groot aandeel verhard oppervlak en snelle afvoer van wateroverschotten leiden tot watertekorten in droge periodes. Droogte heeft schadelijke gevolgen voor kwetsbare natuur, die mogelijk onomkeerbaar zijn. Diepe droogmakerijen trekken diepe kwel aan en veroorzaken jaarlijks voor enkele tientallen miljoenen m<sup>3</sup> aan wegzijging van water uit de omgeving, dat moet worden aangevuld met water van buitenaf. De beschikbaarheid van inlaatwater vanuit de rivieren van het hoofdwatersysteem is steeds minder vanzelfsprekend: dat vormt voor natuur en ook voor landbouw en stedelijke functies een bedreiging. De noodpompen die bij extreem droge perioden worden ingezet voor extra waterinlaat betekenen een aanzienlijke kostenpost. Daarnaast voldoet de kwaliteit van het inlaatwater vaak niet, vooral tijdens droge periodes staat de kwaliteit van inlaatwater onder druk. Op sommige locaties wordt inlaatwater gezuiverd het systeem ingelaten. Ook verzilting via grondwater, interne belasting via het oppervlaktewatersysteem (o.a. landbouw en verstedelijking), historische industriële vervuilingsspluimen en veenafbraak zorgen voor verminderde waterkwaliteit.

Verzilting via het Amsterdam-Rijnkanaal kan in de toekomst een groot probleem vormen. Functies liggen niet altijd op de beste plek en zitten elkaar soms in de weg: landbouw en verstedelijking vereisen doorgaans een lagere grondwaterstand dan de beoogde natuurtypen op veel plekken.

Aan de strenge eisen die aan de unieke aquatische en terrestrische natuur in de regio worden gesteld (o.a. N2000 en KRW) wordt momenteel al niet voldaan: het voortbestaan van deze natuur staat onder grote druk.

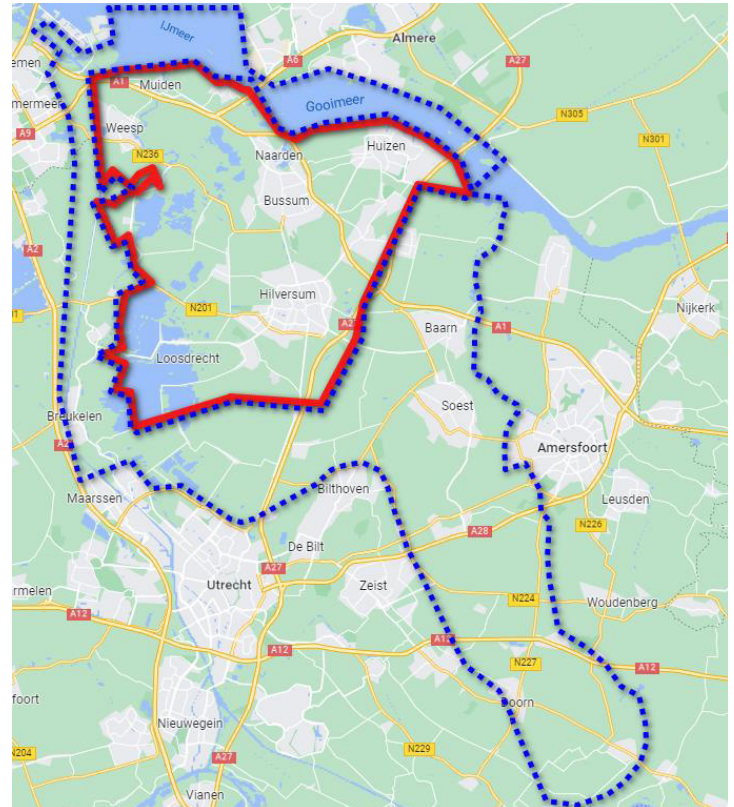
De groeiende drinkwatervraag is in tijden van schaarste moeilijk inpasbaar. Tijdens de droge zomers van 2018 en 2022 kon aan de levering van voldoende drinkwater maar nipt worden voldaan. Tegelijkertijd groeit het aantal inwoners binnen de regio en daarmee de watervraag, mogelijke drinkwatertekorten vormen een directe bedreiging voor de verstedelijkingsopgave en economische ontwikkeling van de regio. Bij winning van grondwater voor drinkwaterproductie zijn maatregelen nodig, om verontreinigingen te beheersen of het water schoon te maken.

Veenoxidatie als gevolg van de ingestelde peilen leidt tot bodemdaling, broeikasgasemissie en verslechtering van de waterkwaliteit door vrijkomende nutriënten. Bodemdaling leidt tot schade aan de gebouwde omgeving. Indien waterpeilen niet mee dalen wordt het uiteindelijk te nat voor reguliere landbouw. De buffer- en afvoercapaciteit van het boezemsysteem is niet toereikend. De sponswerking van de bodem is afgenomen door bodemdegradatie als gevolg van intensieve landbouwmethoden. Lagergelegen woongebieden kampen met wateroverlast. Ook de landbouw zal hiermee te maken krijgen, door de toenemende intensiteit van regenval en de beperkte afvoer- en bergingscapaciteit van het boezemsysteem.

## OP ZOEK NAAR OPLOSSINGEN

Naast de gevolgen van klimaatverandering spelen net als in de rest van Nederland andere grote transitieopgaven in het landelijk gebied: de biodiversiteitscrisis, de landbouwtransitie, de verstedelijkingsopgave, de overgang naar een circulaire samenleving en de energietransitie. Alles hangt samen: een integrale, toekomstgerichte systeemaanpak van deze opgaven is noodzakelijk en biedt kansen.

De afgelopen decennia is op veel manieren gewerkt aan oplossingen voor de problemen in relatie tot het water- en bodemsysteem. Zo is sinds 1990 de winning van grondwater t.b.v. drinkwaterproductie in het Gooi gehalveerd t.o.v. 1985, met stijging van grondwaterstanden en toename van kwelfluxen als effect. Maar, doorgaans zijn initiatieven sectoraal ingestoken: gericht op de aanpak van één actueel knelpunt. Het ontbreekt aan integraal inzicht in de samenwerking op systeemniveau én een handelingsperspectief vanuit een gedeelde grondhouding. Regio Gooi en Vechtstreek (RGV: een samenwerkingsverband van gemeente Hilversum, Laren, Blaricum, Huizen, Wijdmeren en Gooise Meren), Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Metropoolregio Amsterdam (MRA), Provinciaal Waterbedrijf van Noord-Holland (PWN), Vitens, Waternet en provincie Noord-Holland (PNH) willen hier samen verandering in brengen. Om die reden is besloten om een gezamenlijk onderzoek te verrichten naar de werking van het water- en bodemsysteem onder druk van klimaatverandering, toenemende verstedelijking en intensivering van het ruimtegebruik. Met als doel een handelingsperspectief dat de weg wijst richting een toekomstbestendige Heuvelrug Gooi en Vechtstreek, met een duurzame samenwerking tussen het water- en bodemsysteem, inrichting en functies. Onderdeel daarvan is inzicht in een handelingsperspectief op korte-, middellange- en lange termijn: van heden tot 2100. H+N+S Landschapsarchitecten en Hydro-Logic hebben opdracht gekregen om invulling te geven aan deze vraag.



Het onderzoekgebied, afgebakend door de provinciegrens en het Amsterdam-Rijnkanaal, plus een relevant, breder 'invloedsgebied'

## RAAKVLAKKEN PROVINCIAAL, NATIONAAL EN INTERNATIONAAL BELEID

Het project heeft raakvlakken met actuele nationale en daaruit voortvloeiende provinciale beleidsvorming. Daarmee kan het project input leveren voor de landelijke en provinciale programma's die in ontwikkeling zijn om water, bodem en natuur in een veranderend klimaat te versterken.

### NPLG

Het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) heeft als doel om in een samenhangende aanpak de Europese en internationale richtlijnen te realiseren voor natuur, water en klimaat. Daarbij wordt uitgegaan van een gecombineerde en gebiedsgerichte aanpak om te komen tot gebiedsspecifieke oplossingen, waarbij ook de andere grote opgaven worden beschouwd.

De effectiviteit en wenselijkheid van kortere termijn maatregelen in het kader van NPLG moeten mede beoordeeld worden vanuit het langere termijnperspectief (zoals geschetst in de NOVI). De regionale uitwerking van het NPLG zal o.a. plaatsvinden in de Provinciale Programma's Landelijk Gebied (PPLG PNH) en de NOVEX-gebieden (de 16 aandachtsgebieden uit de NOVI: Novex MRA en Novex Groene Hart).

De kerndoelen zijn in het kort:

1. Natuur (Vogel- en Habitatrichtlijn- VHR):

Vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn gelden verplichtingen voor de instandhouding van Europees beschermde soorten en habitats binnen Natura 2000-gebieden en ook daarbuiten (richtinggevend landelijke areaal- en kwaliteitsopgave natuur t.b.v. 30% VHR en de gunstige staat van instandhouding);

2. Water (Kaderrichtlijn water- KRW, de Nitraatrichtlijn, EU Grondwater-richtlijn): De water-richtlijnen hebben betrekking op de kwaliteit en de kwantiteit van oppervlakte- en grondwater. De doelstelling van de KRW is dat uiterlijk in 2027 in heel Europa de kwaliteit van alle wateren zowel chemisch (schoon) als ecologisch (gezond) op orde moet zijn;

3. Klimaat (Internationale klimaatafspraken, de Europese klimaatwetgeving, Nationale Klimaatwet, Klimaatakkoord landbouw en landgebruik): De benodigde broeikasgasreductie zal voor een belangrijk deel gerealiseerd moeten worden met de integrale aanpak in het landelijk gebied. 2030: 55% reductie; 2050: NL klimaatneutraal.

#### KAMERBRIEF WATER EN BODEM STUREND

Het kabinet wil water en bodem sturend laten zijn bij beslissingen over de inrichting van ons land. Dat heeft de ministerraad eind 2022 besloten, op voorstel van minister Harbers en staatssecretaris Heijnen van Infrastructuur en Waterstaat. 'Voldoende en schoon water en een gezonde bodem zijn van groot belang voor iedereen in ons land', staat geschreven in de Kamerbrief Water en Bodem Sturend.

Er zijn diverse structurerende keuzes gemaakt om dit te bereiken. Op basis hiervan kunnen provincies samen met betrokken partijen een

gebiedsgerichte aanpak opstellen. Op dit moment zijn dit nog geen wettelijke verplichtingen. Wel is de provincies gevraagd om de uitgangspunten zoveel mogelijk mee te nemen met de gebiedsopgaven. Voorbeelden van structurerende keuzes en uitgangspunten die relevant zijn voor de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek zijn:

- Het water- en bodemsysteem als basis voor een integrale aanpak van opgaven in de fysieke leefomgeving, waar mogelijk toepassen van functiecombinaties;
- Reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in laagveengebieden en minimalisatie van bodemdaling. Streven naar een zo hoog mogelijke grondwaterstand tussen de 20 (optimum voor reductie van uitstoot van de broeikasgassen) tot 40 cm onder maaiveld (huidige landbouwpraktijk blijft mogelijk);
- Er moeten meer zoetwatervoorraden komen;
- Water langer vasthouden op de hogere zandgronden;
- Verminderen van doorspoeling van verziltingsgevoelige gebieden;
- Toewerken naar nieuwe en diverse drinkwaterbronnen. Provincies en drinkwaterbedrijven schalen op via regionale systemen naar een verbonden landelijk drinkwaternet;
- Niet meer bouwen op plaatsen die later nodig zijn voor het bergen en afvoeren van water, zoals in de diepste delen van diepe polders;
- Minder stenen in de stad;
- Op verschillende plekken bewegen we toe naar een hoger grondwaterpeil. Per gebied wordt met alle betrokkenen gekeken in welk tempo welk doel kan worden bereikt;
- Vernatting van veenweidegebieden;
- Streven is dat bedrijven en inwoners 20% minder drinkwater gaan gebruiken;
- Streven naar een veerkrachtig ecosysteem, beter opgewassen tegen de extra verstoring door klimaatverandering;
- Meer rekening houden met/ anticiperen op extremen door klimaatverandering;
- Problemen aanpakken met oog voor de lange termijn en impact op de wijde omgeving;
- Nieuwe en diverse drinkwaterbronnen en een landelijk netwerk;



- Uitgebreidere meet- en registratieverplichting grondwateronttrekkingen;
- Duurzaam beheer voor een vitale bodem.

### KAMERBRIEF TOEKOMST VAN DE LANDBOUW

In de Kamerbrief over de toekomst van de landbouw staat dat de landbouw in Nederland blijft bestaan, maar dat er een grote transitie nodig is voor de wijze waarop landbouw bedreven wordt: met water en bodem als basis, in samenhang met de natuur en omgeving. Daarbij moet gekeken worden naar een verdienmodel en toekomstperspectief voor boeren.

Het doel van het Landbouwakkoord is tweeledig:

1. Het akkoord beschrijft de toekomstbestendige positie van de landbouw als strategisch belangrijke economische sector, producent van duurzaam voedsel en grondstoffen en essentiële drager van een vitaal platteland. Partijen maken afspraken over de ondersteuning en de (wettelijke) kaders die nodig zijn om deze positie te behouden, door reëel verdienvermogen voor boeren in verschillende type gebieden mogelijk te maken.
2. Het akkoord beschrijft de wijze waarop de landbouwsector haar aandeel gaat leveren aan de grote opgaven van natuurherstel, water en klimaat. De opgaven zijn ingrijpend en vragen van alle bedrijven meer of minder grote aanpassingen. De opgaven werken verschillend uit per sector en per gebied. De landbouw moet bijdragen, maar koplopers laten ook nu al zien dat oplossingen mogelijk zijn. De gesprekken over het 'concept-landbouwakkoord' zitten in de afrondende fase.

## GERELATEERDE PROJECTEN

Parallel aan dit onderzoek lopen in de regio verschillende andere relevante onderzoeken en programma's. De belangrijkste worden hierna benoemd.

### VERSTEDELIJKINGSSTRATEGIE VAN DE METROPOOLREGIO AMSTERDAM (MRA)

Dit verstedelijkingsconcept uit 2021 geeft richting aan de toekomstige ontwikkeling van de MRA op middellange en lange termijn, waarbij de keuzes op verschillende gebieden bij elkaar worden gebracht. Voor de Gooi en Vechtstreek zijn hierin meerdere urgente gebiedsgerichte opgaven en vraagstukken benoemd die om rijk-regio inzet vragen. Waaronder de uitwerking van een integrale aanpak van het watersysteem in relatie tot functies en inrichting in de Gooi en Vechtstreek. Met aandacht voor de Natura 2000-gebieden, de landbouw, de inrichting van natuur- en woningbouwgebieden op de Heuvelrug, winning grondwater t.b.v. drinkwaterproductie in het gebied, het peilbeheer van de Vechtplassen, het benutten en vasthouden van kwelwater, mogelijke tijdelijke waterbuffers en extra gemaalcapaciteit bij Muiden.

### GEBIEDSPROCES NOORDELIJKE VECHTSTREEK

Met het gebiedsproces Noordelijke Vechtstreek wil de provincie bijdragen aan de opgaven voor landbouw, natuur, stikstof en bodemdaling. Met als uiteindelijk doel een betere landelijke inrichting. Waardoor de natuur sterker wordt en efficiëntere (agrarische) bedrijfsvoering mogelijk is. Kavelruil wordt ingezet als een van de middelen om dit te bereiken.

### GEBIEDSAKKOORD OOSTELIJKE VECHTPLASSEN - PNH/ PU/ GEMEENTES STICHTSE VECHT EN WIJDEMEREN

In het gebiedsakkkoord Oostelijke Vechtplassen staan ambities en doelstellingen die gebiedspartijen hebben afgesproken voor drie categorieën: 1) ontwikkelen vrijetijdslandschap; 2) versterken ecologische waarden; 3) transformatie recreatiesector. Het doel is een kwaliteitsimpuls omdat jarenlang onvoldoende is geïnvesteerd in het gebied.

### GEBIEDSGERICHT GRONDWATERBEHEER GOOI

Op verschillende plekken in Het Gooi zijn grondwateronttrekkingen aanwezig.

Deze zijn vaak het gevolg van industriële activiteiten in het verleden.

Door de zandige ondergrond zijn de verontreinigingen in het diepe grondwater (pluimen) terecht gekomen en met elkaar vermengd. Er wordt gewerkt aan een gebiedsgerichte en kosteneffectieve aanpak van de diepe grondwaterverontreinigingen in Het Gooi. Vanuit een samenwerking tussen provincie Noord-Holland, de gemeenten Hilversum, Huizen, Laren, Gooise Meren, Wijdemeren, Blaricum, de drinkwatermaatschappijen Vitens en PWN en het waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

#### **TOEKOMSTBESTENDIG WATERSYSTEEM ARK/NZK**

Het project Toekomstbestendig watersysteem Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaalgebied is een gezamenlijke aanpak van vier waterschappen (De Stichtse Rijnlanden, Hollands Noorderkwartier, Rijnland en Waternet), Provincies Noord-Holland en Utrecht en drie RWS-onderdelen (RWS WNN, RWS MN en RWS WVL). Het project heeft als doel om het watersysteem en het gebied klaar maken voor toekomstige ontwikkelingen. Daarbij wordt gekeken naar het grote geheel.

#### **WATER AANVOER EN AANVULLING GOOI (WAAG)**

De afgelopen jaren is de vraag naar drinkwater sterk gestegen: een trend die als gevolg van economische- en bevolkingsgroei in de regio doorzet in de komende decennia. Om die reden zijn drinkwaterbedrijven op zoek naar (nieuwe) bronnen voor drinkwater. (Drink)waterbedrijven PWN, Vitens en Waternet verkennen gezamenlijk de kansen van een systeem van inname en zuivering van oppervlaktewater, eventueel gevolgd door infiltratie en terugwinning in het Gooi.

#### **PILOT WINNING GRONDWATER T.B.V. DRINKWATERPRODUCTIE HMP**

Momenteel loopt een pilot naar de winning van brak grondwater onder de Horstermeerpolder t.b.v. drinkwaterproductie. In de huidige situatie wordt dit brakke kwelwater na vermenging met

zoetere kwel uit de randen afgevoerd naar de Vecht. Door het grondwater op grote diepte te onttrekken wordt voorkomen dat het als brakke kwel in het midden van de polder omhoogkomt, wat grote voordelen heeft voor het watersysteem. Het doel is om het opgepompte water in de toekomst ook als waterbron ten behoeve van de drinkwaterbereiding te gebruiken.

#### **BLAUWE AGENDA UTRECHTSE HEUVELRUG**

In de Provincie Utrecht werken verschillende partners aan verbetering van het watersysteem op de Heuvelrug. Onder de naam 'Blauwe Agenda' zijn afspraken gemaakt om problemen door watertekort én wateroverlast in en rondom Nationaal Park Utrechtse Heuvelrug aan te pakken. De gebieden zijn qua opbouw en problematiek vergelijkbaar met de Heuvelrug Gooi en Vechtstreek en de invloedsgebieden overlappen. In 2022 verscheen het rapport Ambitiedocument Blauwe Agenda Utrechtse Heuvelrug, samengesteld door H+N+S, o.b.v. een onderzoeksrapport naar kansrijke bouwstenen door HydroLogic & Acacia Water.

#### **NATURA 2000**

De biodiversiteit staat in Europa al jaren onder druk. Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden waarin bepaalde dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving worden beschermd om de biodiversiteit (soortenrijkdom) te behouden. Zo wordt voorkomen we dat de natuur in Europa en in Nederland steeds meer van hetzelfde wordt. De beschermde gebieden die onder de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn aangewezen vormen het Natura 2000-netwerk. De Oostelijke Vechtplassen en Naardermeer zijn Natura 2000-gebied: hier liggen wettelijke verplichtingen ten aanzien van natuurkwaliteit.

#### **KRW**

De Kaderrichtlijn Water heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. Een groot deel van het boezemsysteem en het plassengebied valt onder deze bescherming.

### REGELING SPECIFIEKE UITKERING UITVOERINGSPROGRAMMA NATUUR (SPUK)

Noord-Holland heeft veel waardevolle natuurgebieden. Een deel daarvan lijdt onder een te hoge stikstofdepositie. Met een uitvoeringsprogramma is in de eerste fase een eerste belangrijke bijdrage geleverd aan het herstel van bestaande natuurgebieden. In de tweede fase is het idee om meer te focussen op systeemherstel en wordt ook gekeken naar gebieden buiten de grenzen van de natuurgebieden.

## AANPAK EN ORGANISATIE

### ONTWERPEND ONDERZOEK

De hoofdvraag voor het ontwerpend onderzoek luidt: welke handelingsperspectieven kunnen op korte, middellange en lange termijn (2030-2050-2100) ingezet worden voor een adaptieve Heuvelrug Gooi en Vechtstreek, uitgaande van een toekomstbestendige wisselwerking tussen water- en bodemsysteem, functies en inrichting binnen een dynamische context? Ontwerpend onderzoek is ingezet als middel om de ruimtelijke en hydrologische opgaven op elkaar te betrekken, kansen voor de toekomst te verkennen en vanuit deze inzichten te komen tot een handelingsperspectief voor de integrale ontwikkeling. In een itererend proces van ruimtelijk ontwerp en hydrologisch onderzoek zijn gelijktijdig de systeemwerking plus opgaven onderzocht en mogelijke ruimtelijke oplossingen verkend. Het formuleren van oplossingen roept steeds nieuwe vragen op; zo is de onderzoeksvraag tijdens het project aangescherpt en uitgebreid.

### INTEGRALE WERKSESSIES

In vier werksessies is met specialisten en beleidsmedewerkers uit verschillende organisaties aan het project gewerkt, met achtereenvolgens als insteek:

- 1) Reflectie op de systeemwerking en de opgaven, plus het inventariseren van bouwstenen voor oplossingen;
- 2) Het vanuit verschillende denkrichtingen formuleren van toekomstbeelden 2100;

- 3) Beoordeling van de toekomstbeelden op hun effectiviteit op de opgaven van water, bodem en klimaat plus de impact op andere functies;
- 4) Opstellen van handelingsperspectieven voor de korte- ( $\pm 2030$ ), middellange- ( $\pm 2050$ ) en lange termijn ( $\pm 2100$ ).

### ANALYSE BESCHIKBAAR MATERIAAL

In het project is dankbaar gebruik gemaakt van beschikbare informatie om de werking van het water- en bodemsysteem te doorgronden en de opgaven te duiden, en ook de karakteristieken en opgaven van andere systeemonderdelen. Van modelberekeningen en onderzoeksrapporten tot omschrijvingen van systeemonderdelen en visies (zie 'Bronnen', p.93).

### INBRENG SPECIALISTEN WATER/ NATUUR

Het hydrologisch onderzoek heeft plaatsgevonden in nauwe samenwerking met specialisten van Waternet. Waternet heeft een groot aantal modelberekeningen uitgevoerd waarvan de uitkomsten konden worden gebruikt om de werking van het huidige watersysteem en de impact van bouwstenen daarop te doorgronden. Ook zorgden specialisten van Waternet voor belangrijke kennisinbreng en waren ze sparringpartner bij de zoektocht naar oplossingen.

Op verschillende momenten heeft overleg plaatsgevonden met het WAAG-onderzoek. In het begin is vooral kennis opgehaald; in een later stadium is kennis ingebracht en heeft afstemming plaatsgevonden in de oplossingsrichtingen.

Tijdens de multidisciplinaire sessies waren (in wisselende samenstelling) ecologen aanwezig vanuit verschillende organisaties. Daarnaast hebben interviews plaatsgevonden met specialisten en was HydroLogic aanwezig tijdens een expertsessie van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN), Provincie Noord-Holland en Waterschap over noodzakelijke systeemmaatregelen i.r.t. Natura 2000 doelstellingen.

## KERNTEAM

Maandelijks heeft overleg plaatsgevonden met een kernteam van afgevaardigden van de opdrachtgevers. Er is steeds gezamenlijk gereflecteerd op het verloop van het project en vooruit gekeken naar volgende stappen.

## LEESWIJZER

In Hoofdstuk 1 wordt met een beknopte landschapsbiografie inzichtelijk gemaakt hoe het landschap onder invloed van natuurlijke factoren en menselijke invloeden zijn huidige gedaante heeft gekregen.

In Hoofdstuk 2 wordt de werking van het water- en bodemsysteem toegelicht vanuit het grondwater en het oppervlaktewater.

In Hoofdstuk 3 worden eerst de gevolgen van klimaatverandering beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op huidige problemen die te maken hebben met water en bodem, in het licht van voortschrijdende klimaatverandering.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de kenmerken en opgaven van gebruiksfuncties natuur, landbouw en verstedelijking.

Hoofdstuk 5 bevat de analyses op basis waarvan de impact en de effectiviteit van verschillende bouwstenen globaal kan worden beoordeeld. De technische bijlage biedt extra uitleg en detail.

In Hoofdstuk 6 worden vanuit verschillende denkrichtingen toekomstperspectieven onderzocht. In dit hoofdstuk worden de toekomstbeelden op hoofdlijnen toegelicht. In de bijlage is een uitgebreidere weergave van dit hoofdstuk opgenomen.

In Hoofdstuk 7 volgen ten slotte de conclusies van het ontwerpend onderzoek en de handelingsperspectieven die daaruit voortvloeien voor de verschillende deelgebieden.

## HOOFDCONCLUSIE

We staan aan de vooravond van een nieuwe transitieperiode, zoals die zich in de geschiedenis vaker heeft voorgedaan. Er is niet één, allesomvattende oplossing voor een toekomstbestendige Heuvelrug Gooi en Vechtstreek. Wel komt er uit het ontwerpend onderzoek een duidelijke koers naar voren: het gebied minder afhankelijk maken van het hoofdwatersysteem (vergroten van de beschikbaarheid van water afkomstig uit de eigen regio) en het beter afstemmen van de inrichting en de functies in het gebied op de natuurlijke eigenschappen van het bodem- en watersysteem. Vijf hoofduitgangspunten geven richting aan deze koers:

### 1. Een systeemaanpak voor meer zelfvoorziening en kwelherstel

Er is een omslag nodig van een systeem gericht op het afvoeren van water naar een systeem gericht op het vasthouden van water. Hiervoor zijn aanpassingen nodig zowel op de Heuvelrug en de flanken als in het plassen- en poldergebied.

- a. Vergroten van de grondwaterbuffer door meer infiltratie van schoon water op de Heuvelrug en tegelijkertijd vermindering van drainage op de flanken;
- b. Peilverhoging en flexibel peilbeheer: door fluctuatie van grond- en oppervlaktewater te accepteren in het peilgestuurde deel van de regio ontstaan buffers om weersextremen (overlast en droogte) beter te kunnen opvangen;
- c. Stimuleren van veengroei op de flanken, wat leidt tot bijzondere natuur, opslag van CO<sub>2</sub>, opname van fosfor in het nieuwe veen en daardoor lagere fosforbelasting voor de meren.

### 2. Water- en bodemsysteem aan de basis voor een duurzame wisselwerking met gebruiksfuncties

Een ruimtelijke ordening op basis van de ondergrond maakt functies minder gevoelig voor schade door weersextremen. Functies dienen

hiertoe te worden aangepast en verplaatst. Dit is tevens een randvoorwaarde voor het effectief kunnen inzetten van peilverhoging en flexibel peilbeheer (zie 1b). Op de rug kan compacte verstedelijking worden gecombineerd met infiltratie van (schoon) water. Aan de flanken is ruimte voor natuur: andere functies passen zich aan. Ook in de veenpolders en veenplassen staat natuur voorop. Tussen ARK en de Vecht blijft in gebieden met weinig bodemdaling landbouw de primaire functie.

### 3. Technische maatregelen ter ondersteuning van het water- en bodemsysteem

Het boezemsysteem met bijbehorende kunstwerken dient te worden uitgebouwd en doorontwikkeld, complementair aan de natuurlijke waterkringloop. Technische oplossingen voor het zuiveren van (afval)water, zoals defosfatering, rioolwaterzuivering en sanering van bodem en grondwater, zullen ook nodig blijven.

### 4. Inzetten op diverse waterbronnen, innovatie en waterbesparing om te kunnen blijven voldoen aan de drinkwatervraag

De drinkwaterbehoefte groeit; uitbreiding van bestaande grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding is ongewenst vanwege de negatieve impact op de omgeving. Een dreigend tekort aan drinkwatervoorzieningen is een probleem met potentie tot aanzienlijke maatschappelijke ontwrichting. Het is om die reden noodzakelijk om in te zetten op nieuwe drinkwaterbronnen. De haalbaarheid van verschillende nieuwe bronnen wordt momenteel onderzocht: Oppompen oppervlaktewater, zuivering, bodempassage en winning in de huidige winlocaties (WAAG);

Winning van brak water uit diepe lagen in de Horstermeerpolder (pilot winning grondwater t.b.v. drinkwaterproductie Horstermeerpolder). Op de lange termijn kan een gesloten waterkringloop worden gerealiseerd door vergaande zuivering van voorgezuiverd RWZI-water. De 20% bezuiniging vóór 2035 waartoe de minister-raad heeft opgeroepen is de komende decennia van essentieel belang om de levering van drink-

water te kunnen blijven garanderen.

### 5. Niet afwentelen en inzetten op continuïteit van beleid

De komende jaren staan in het teken van concrete projecten voor de korte termijn. Tegelijkertijd moet worden voorgesorteerd op grote veranderingen in de toekomst, door het uitzetten van vervolgonderzoek en start (en doelgericht voortzetten) van gebiedsprocessen. Door planvorming met een lange tijdshorizon ontstaat tijd om de gebruikers van het landschap mee te laten bewegen met de veranderingen in het landschap.

*Op de volgende pagina staan de lonkende perspectieven verbeeld voor de verschillende deelgebieden in het landschap.*

**PERSPECTIEF RIVIERPOLDERS**

*Circulair landbouwgebied, met een watersysteem dat in grote mate zelfvoorzienend is en alleen tijdens droogte wordt voorzien van inlaatwater.*

**PERSPECTIEF BOEZEM**

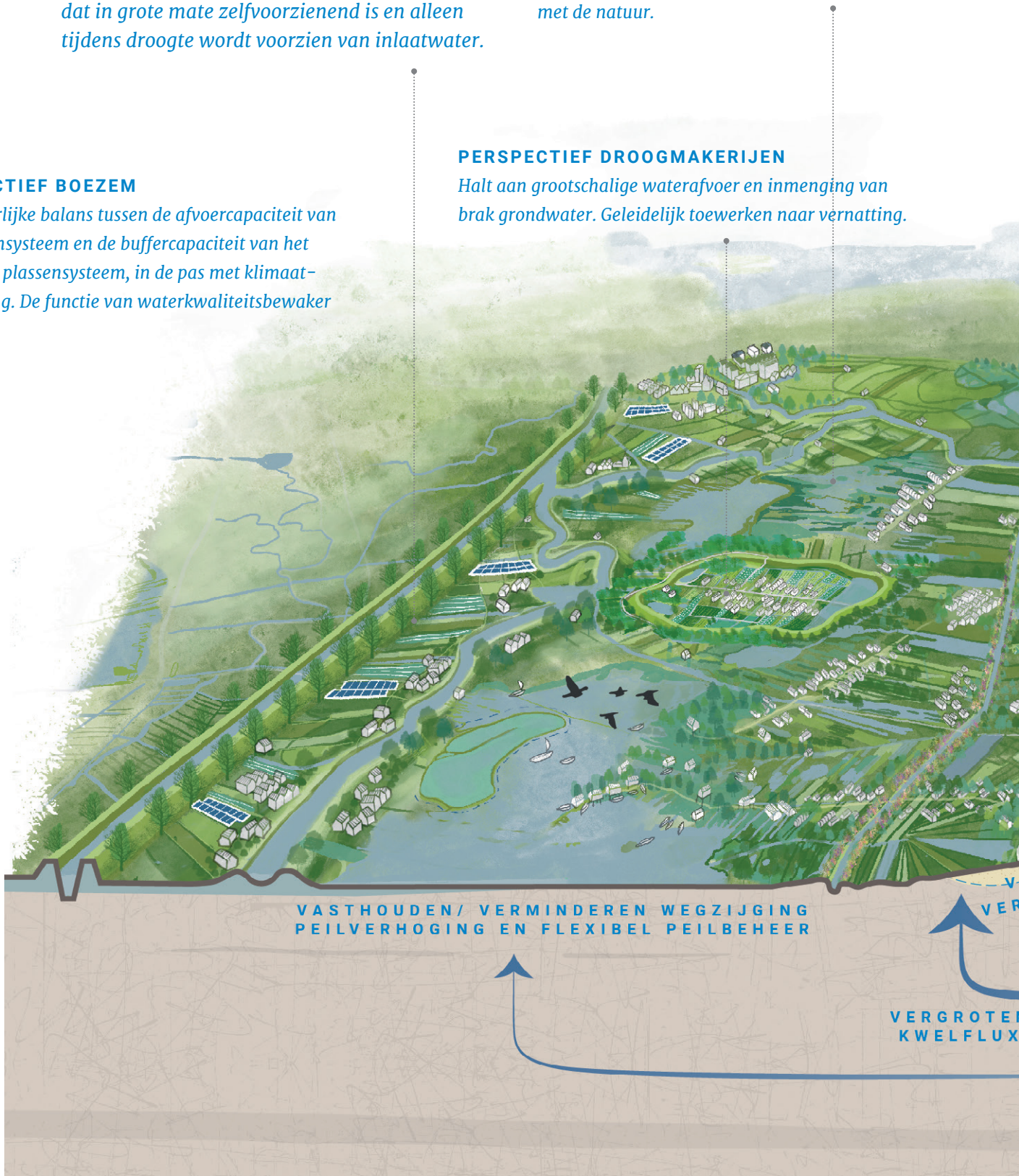
*Een natuurlijke balans tussen de afvoercapaciteit van het boezemsysteem en de buffercapaciteit van het polder- en plassenstelsel, in de pas met klimaatverandering. De functie van waterkwaliteitsbewaker groeit.*

**PERSPECTIEF VEENPOLDERS EN VEENPLASSEN**

*Natuurlijk plassenstelsel dat minder afhankelijk is van gebiedsvreemd inlaatwater, met de best mogelijke, toekomstbestendige oplossingen voor waterkwaliteitsvraagstukken. Extensieve landbouw in harmonie met de natuur.*

**PERSPECTIEF DROOGMAKERIJEN**

*Halt aan grootschalige waterafvoer en inmenging van brak grondwater. Geleidelijk toewerken naar vernatting.*



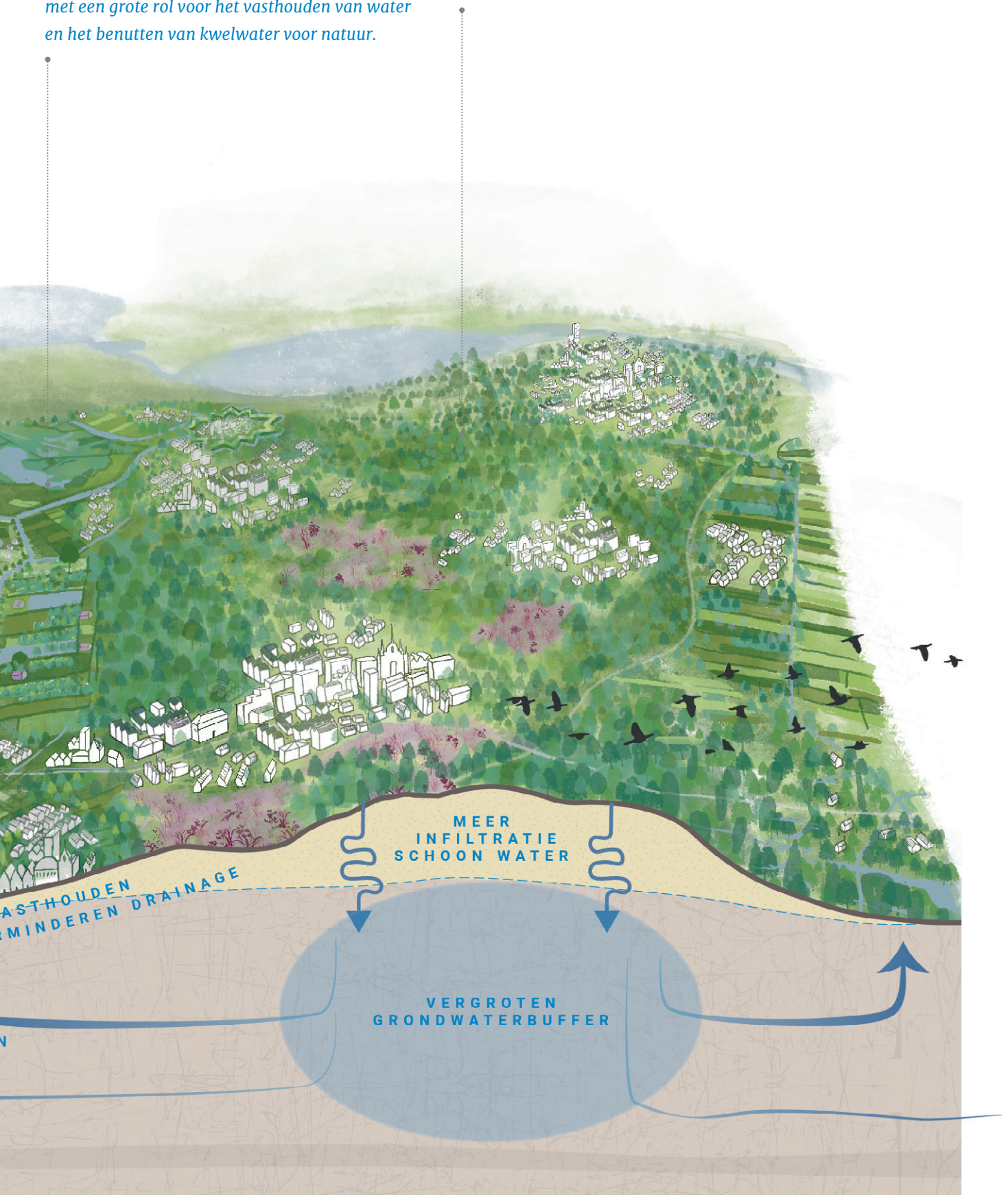
Lonkende perspectieven voor de deelgebieden in de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek.

**PERSPECTIEF OVERGANGSZONE  
FLANKEN/ VOET**

*Afwisselend en tegelijkertijd robuust landschap met een grote rol voor het vasthouden van water en het benutten van kwelwater voor natuur.*

**PERSPECTIEF HEUVELRUG**

*Maximaal infiltratielandschap waarbij elke bron van vervuiling is uitgesloten.*

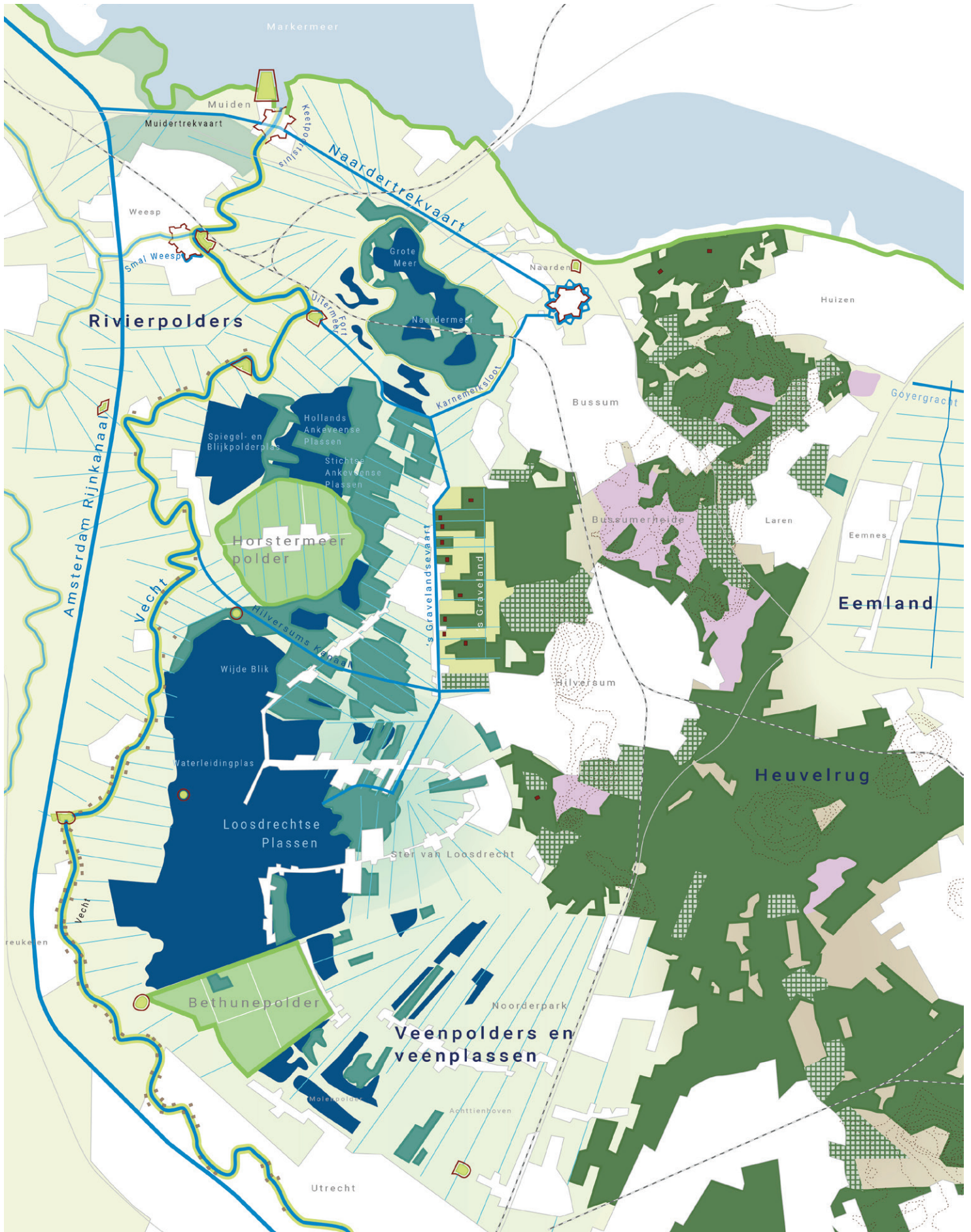


# 1. LANDSCHAPPELIJKE KENMERKEN

## 1.1 TYPERING VAN HET HUIDIGE LANDSCHAP

Het landschap van de Heuvelrug Gooi en Vechtstreek is Nederland in het klein. Het heeft een grote variatie in landschapstypen, met aan de westkant een glooiende macrogradiënt van hoog en droog naar nat en dras. Aan de oostkant is de overgang van hoog naar laag veel steiler. Het landschap van het Gooi is gesloten en bosrijk, met enkele open heidegebieden, grote kernen en woonwijken in het bos. In het veenrivierenlandschap aan de westzijde liggen aan de kronkelende Vecht losse bebouwingskorrels en enkele middelgrote kernen; het verkavelingspatroon waaiert uit vanaf de rivier. In het veenpolder- en veenplassenlandschap richting de rug zijn lange bebouwde ontginningslinten en langgerekte verkavelingspatronen kenmerkend, met daartussen uitgestrekte veenplassen en diepe droogmakerijen en met rationele verkavelingen. Aan de oostkant ligt na een zone met voornamelijk landbouw Eemland als belangrijk weidevogelgebied. Belangrijke cultuurhistorische structuren zijn de Hollandse Waterlinie en de landgoederenzone 's Graveland aan de voormalige trekvaart. Het gebied ligt aan de rand van MRA: de betekenis voor omliggende grote steden en de schaal van de Randstad als geheel is groot. Het plassengebied is grotendeels Natura 2000-gebied en KRW-lichaam en herbergt unieke natuurwaarden. In het gebied zijn natuur, landbouw, wonen en recreatie sterk vervlochten.





Landschapstypering van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek.

## 1.2 BEKNOPTE LANDSCHAPSBIOGRAFIE

In verschillende perioden met elk zijn eigen krachtenveld is het landschap van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek gevormd tot hoe we het nu kennen.

### < 500: OERLANDSCHAP

Het Gooi wordt gevormd door twee stuwwallen uit de voorlaatste ijstijd en is een uitloper van de Utrechtse Heuvelrug. De oostkant is het steilst: hier duwde het landijs tegenaan. In de Eemtijd (het laatste warme tijdperk in het Pleistoceen) steeg het zeewaterniveau en werd vanuit het noorden maritieme zand en klei afgezet aan de lagere delen rondom de stuwwal. In de laatste ijstijd werd op de Heuvelrug een laag dekzand afgezet. Met de overgang naar het warmere Holoceen raakte de Heuvelrug begroeid met uitgestrekte bossen met voornamelijk loofbomen. Op plekken waar kwelwater omhoogkwam op de flanken ontstonden kwelmoerassen en vennetjes. Met de zeespiegel steeg ook de grondwaterspiegel: tussen de duinen en de Utrechtse Heuvelrug groeiden moerassen uit tot een enorm veenkussen, met de Vecht als centrale afwatering. Parallel aan de bedding ontstonden oeverwallen. Wanneer de Vecht buiten de oevers trad werd verder bij de stroom vandaan een dunne kleilaag over het veen afgezet. De zone tussen de Vecht en de stuwwal bestond voornamelijk uit veen. Hier trad veel kwel naar buiten vanuit de hogere gronden. Het Horstermeer en het Naardermeer ontstonden vanuit een meanderbocht van de Vecht. Wind en golfslag sloegen het slappe veen in de buitenbocht weg, tot de zandondergrond werd bereikt. De laagtes werden continu gevoed met kwelwater.

Mensen vestigden zich in dit gebied het eerst op de hogere ruggen. Op de Gooise heide liggen grafheuvels uit de prehistorie. Vanaf ± 3.500 v.Chr. vond een geleidelijke overgang plaats van jagers en verzamelaars naar het boerenbestaan.

### ± 500 – 1100: KLEINSCHALIGE, DYNAMISCHE LANDBOUW OP DE RUG

Tot en met de vroege Middeleeuwen werd op de rug op kleine schaal bos gekapt om landbouw te bedrijven. Er was sprake van een dynamisch systeem met een rotatie van bos, heide, akkers en grasland.

### TWAALFDE EEUW: ONTSTAAN ZUIDERZEE

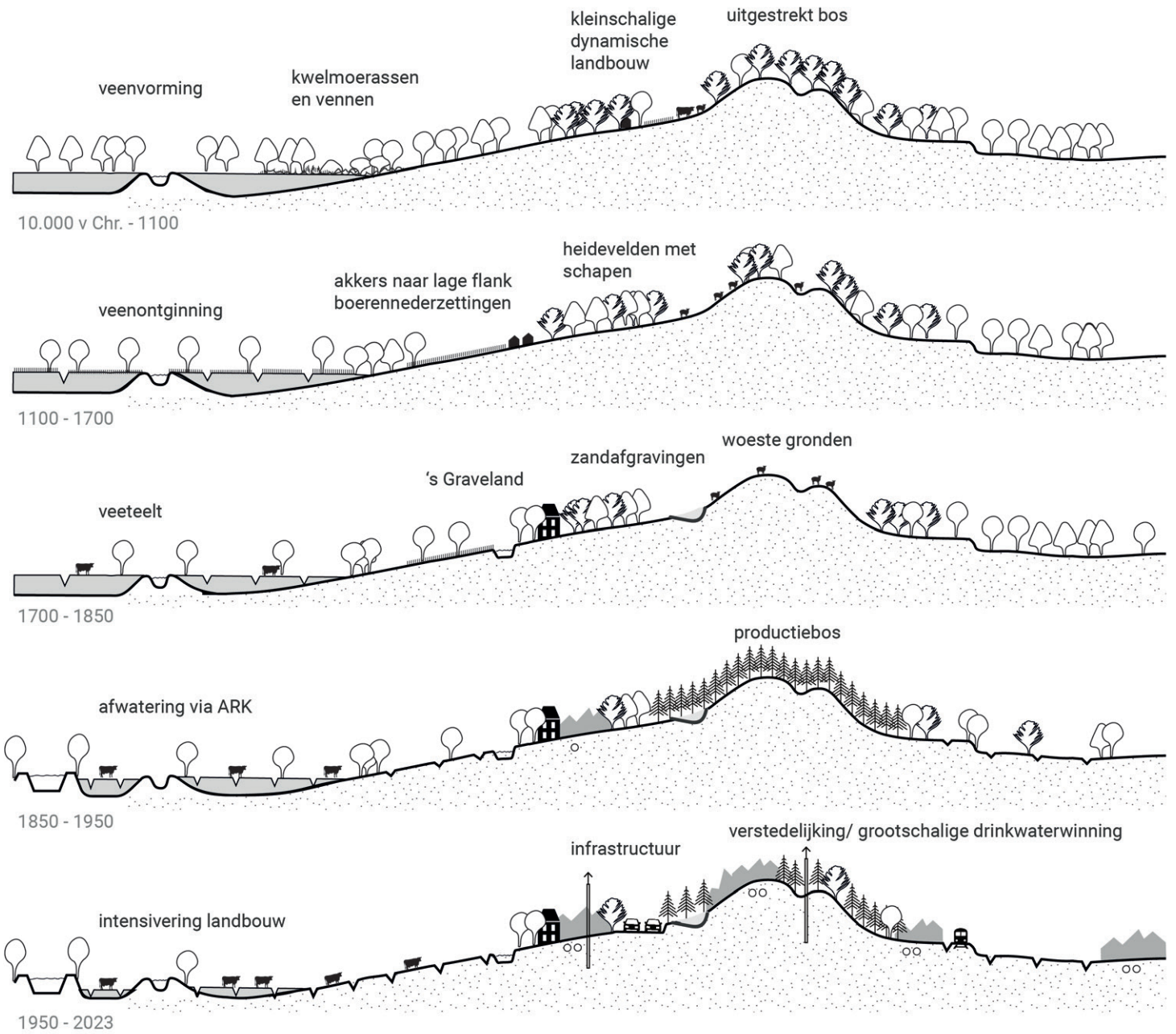
Onder invloed van wind en water werd veen weggeslagen. Dat ging ten noorden van de Vechtstreek door totdat er een open verbinding met de Noordzee ontstond: de Zuiderzee. Bij grote stormen in de 12e en 13e eeuw zijn nog grote hoeveelheden land opgeslokt.

### ± 1100 – 1700: AGRARISCHE NEDERZETTINGEN OP DE FLANKEN

Vanaf 1100 ontstonden de eerste 'vaste' agrarische nederzettingen op de overgangen van hoog naar laag: hier kon namelijk schoon drinkwater geput worden. Akkercomplexen verschoven van de rug naar de flanken en vormden aaneengesloten bouwlandcomplexen. Op de hogere gronden verdween bos voor de uitbreiding van heidevelden, die begraasd werden door schapen die mest leverden voor de akkers (potstalsysteem). De graslanden lagen op afstand van de nederzettingen, in de lage nattere delen.

### ± 1100 – 1700: VEENONTGINNING/ TURFWINNING

In de middeleeuwen werden de laagveenmoerassen vanuit de nederzettingen langs de rivieren ontgonnen. Met evenwijdige sloten loodrecht op de Vecht werd het veen ontwaterd en geschikt gemaakt als landbouwgrond. Op afstand van de rivier ontstonden lintdorpen, zoals Kortenhoef en Ankeveen. Loosdrecht werd ontgonnen vanuit het riviertje de Drecht, met de verkaveling als een veer daaromheen en lintdorpen in hoefijzervorm. Het grondwater stond in de veengebieden van nature zeer hoog. Door sloten werd het gebied ontwaterd: de grondwaterstand zakte. Bijkomend effect was echter dat het maaiveld door oxidatie van het veen weer naar het grondwater toe zakte: het werd steeds natter. Hierdoor werd akkerbouw op den duur onmogelijk.



Reeks profielen die op hoofdlijnen toont hoe de Utrechtse Heuvelrug in gebruik is genomen.

Er was een landbouwtransitie nodig van akkerbouw naar veeteelt. De bodemdaling zette verder door. Steden groeiden en daarmee ook de vraag naar brandstof: op veel plekken werd turfwinning het meest profijtelijke bedrijfsmodel. Door de afgegraven landbouwgrond ontstond een patroon van petgaten en legakkers. Onder invloed van wind en golven sloegen legakkers weg en ontstonden in de 18e en 19e eeuw de oostelijke Vechtplassen. Langs de Vecht en de Zeedijken lag er door overstromingen klei op het veen, waardoor er geen turf is gewonnen en veen niet in contact komt met lucht. De verkaveling en openheid is hier daarom nog zeer gaaf aanwezig en er is geen of minder sprake van bodemdaling. Het Tienhovensch Kanaal begon als een afscheiding tussen ontginningen. In de 17e eeuw werd de Tienhovensche Vaart gebruikt voor de afvoer van turf via de Vecht naar Utrecht en Amsterdam. De Naardense Karnemelksloot werd in 1600 gegraven voor transport van turf vanuit Gooiland naar Naarden en Muiden.

#### ± 1600 - 1850: ZANDAFGRAVING/ LANDGOEDERENZONE 'S GRAVELAND

In de Gouden Eeuw, de bloeiperiode op het gebied van handel, wetenschap en kunsten, werd door handelaren een stuk grond aangekocht op de locatie van de buitens van 's Graveland om zand te winnen voor de uitbreiding van de woningen aan de grachtengordel in Amsterdam. Voor de afvoer van het zand werd de 's-Gravelandse Vaart gegraven naar de Vecht. Ook de trekvaarten Muidertrekvaart, Naardertrekvaart werden gebruikt om zand via zanderijsloten verder af te voeren. De polder werd verkaveld in langgerekte percelen haaks op de vaart. Eerst werden hier boerenbedrijven opgezet; later werd een reeks buitenplaatsen ontwikkeld. Door de aanleg van lanen, parken en landhuizen werd rijkdom geëtaaleerd. Er ontstond een bosrijk ensemble; te midden van de woeste leegte die ongeveer gelijktijdig op de rug ontstond (zie volgende punt). Het grondwaterlichaam wordt door vergravingen aangesneden en gedraineerd. Ook zanderijen draineren het grondwaterlichaam.

#### ± 1700 - 1900

##### WOESTE GRONDEN

Vanaf ongeveer 1700 verandert het landschap op de rug ingrijpend. Het potstalsysteem wordt in deze periode op steeds grotere schaal ingezet: er ontstaan uitgestrekte heidegebieden op de hogere gronden. Voor de scheepsbouw worden veel bossen gekapt. Boskap in combinatie met de steeds groeiende heidecomplexen leidt tot overexploitatie. Het gevarieerde landschap van de rug verandert in een woeste leegte.

#### ± 1600 - 1930

##### ONTGINNING DIEPE DROOGMAKERIJEN

De natuurlijke meren Horstermeer en Naardermeer werden begin 17e eeuw voor het eerst bedijkt. Een eerste poging tot drooglegging met molens mislukte. Pas in 1882 werden de meren met behulp van stoommachines succesvol drooggemalen. De Horstermeerpolder werd ingericht voor de landbouw. De intensieve ontwatering van het Naardermeer voor de landbouw bleek te duur: het gebied is niet in cultuur genomen. In 1880 werd een begin gemaakt met het droogmalen van de Bethunepolder: pas in 1930 lukte het om de grond voldoende te ontwateren voor veeteelt. De Horstermeerpolder en de Bethunepolder liggen tot ruim 3 meter lager dan de omringende polders. Het Naardermeer ligt nu juist hoger ten opzichte van de omliggende veenweidegebieden: de bodemdaling bleef hier beperkt door de natte omstandigheden: hier wordt de impact van (het ontbreken van) ontwatering tastbaar in het landschap.

#### ± 1850 - 1930: PRODUCTIEBOS

Vanaf de tweede helft van de 19e eeuw werden er op het plateau van de Heuvelrug productiebossen aangelegd, o.a. voor levering van naaldhout voor de mijnbouw. De huidige naaldbossen zijn dus aangeplant: de oerbossen waren gemengde bossen met een groot aandeel loofhout.

#### 1892: HET AMSTERDAM-RIJNKANAAL

Het Amsterdam-Rijnkanaal uit 1892 heeft de afwaterende functie van de Vecht overgenomen. Pas in 1953 werd het ARK bevaren.

**1932: AFSLUITDIJK/ IJSSELMEER**

De Afsluitdijk sluit het IJsselmeer af van de Waddenzee. De Afsluitdijk werd aangelegd als bescherming tegen overstromingen. Tot aan de afsluiting was het IJsselmeer een zee, de Zuiderzee geheten. Na de afsluiting ontwikkelde het IJsselmeer zich tot zoetwaterbekken. Nog steeds beïnvloeden zilte grondlagen lokaal de kwaliteit van kwelwater.

**JAREN '30**

Realisatie van ruim opgezette tuindorpen en 'tuinsteden'. Door de relatief ruime opzet heeft dit type verstedelijking een grote stempel gedrukt op het functioneren van het water- en bodemsysteem.

**> 1950: INTENSIVERING/ MAAKBAARHEID**

Vanaf de jaren '60 is de landbouw in Nederland geïntensiveerd. Er was een maatschappelijke vraag om de voedselproductie te verhogen. De productiviteit en efficiëntie werden flink opgeschroefd door gebruik van kunstmest, diepe ontwatering van landbouwpercelen en ruilverkaveling tot grotere aaneengesloten gronden. Dit heeft het watersysteem van de flanken van de Heuvelrug en de Veen- en Vechtpolders ingrijpend veranderd: er worden enorme hoeveelheden water afgevoerd en is tegelijkertijd veel inlaat nodig uit de rivieren.

Vanaf de jaren '70 zijn de dorpen en steden in de regio enorm gegroeid. Een groot areaal van de stuwwal is verstedelijkt: het aandeel verhard oppervlak is enorm gegroeid. Ook is gebouwd in kwetsbare gebieden. Een ontwikkeling zoals het stedelijke gebied de 'Hilversumse Meent' heeft een sterk drainerende werking op het grondwater van de Heuvelrug. Met de verstedelijking groeit ook de behoefte aan drinkwater en zijn de onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding uitgebreid. Door verstedelijking en industrialisering is de hoeveelheid afvalwaterlozingen toegenomen.

De infrastructuur is sterk uitgebreid: het gebied wordt nu doorsneden door het spoor, snelwegen en provinciale wegen. Met name op de Heuvelrug is een uitgebreid recreatief padennet-

werk. Tussen Hilversum en Bussum is een grote sportvallei aangelegd. Bij Hilversum en Huizen liggen een paar grotere (industriële) afgravingen (Zanderij Crailoo, Groeve Oostermeent). De industrie in Hilversum heeft invloed gehad op het grondwater, vooral in kwalitatieve zin. Er zijn verontreinigingen ontstaan waardoor nu het gebiedsgericht grondwaterbeheer 't Gooi noodzakelijk is.

**±2000-HEDEN: GROTE CRISES MANIFESTE-REN ZICH IN HET LANDSCHAP**

Er spelen grote transitieopgaven in het landelijk gebied: klimaatverandering, de biodiversiteitscrisis, de landbouwtransitie, de verstedelijkingsopgave, de overgang naar een circulaire samenleving en de energietransitie.

*De landschapsbiografie laat zien dat het landschap zoals we dat nu kennen er in het verleden heel anders heeft uitgezien. Het landschap heeft onder invloed van klimatologische factoren, menselijk ingrijpen en de wisselwerking daartussen verschillende transitieperiodes doorgemaakt. Nu staan we aan de vooravond van een nieuwe transitieperiode: om de hoeveelheid water en de kwaliteit van water en bodem te verbeteren en te bestendigen in een veranderend klimaat, en functies beter in harmonie te brengen met het bodem en watersysteem en elkaar.*

## 2. DE WERKING VAN HET BODEM EN WATERSYSTEEM

### 2.1 GRONDWATERSYSTEEM

Kenmerkend in het projectgebied is de grote rol van het grondwater, waarbij regenwater dat in de Heuvelrug infiltreert eerst wordt gefilterd en opgeslagen en vervolgens via kwelstromen aan de flanken en lagere voet weer uittreedt. Hier ontstaat de basisconditie voor hoogwaardige natuur.

#### NATUURLIJKE BASIS: EEN SCHAT AAN SCHOON WATER

Het grondwatersysteem van de Heuvelrug wordt in de basis gevormd door een vernuftig natuurlijk principe. Regenwater infiltreert in de hoger gelegen zandige bodems. Het voedt de diepere watervoerende pakketten en treedt aan de flanken (en in mindere mate aan de voet) uit als kwel. Het kwelwater uit de Heuvelrug heeft van nature een chemische samenstelling die uitermate geschikt is voor verschillende hoogwaardige natuurtypen. Door kalkhoudende leemlagen verandert de samenstelling van het water tijdens de lange reis die het water aflegt door de bodem: zuur(der) regenwater treedt aan de lage flanken (en lokaal aan de voet) uiteindelijk uit als basenrijke, mineralenrijke kwel, die basis biedt voor bijzondere natuurwaarden. De grondwaterstroom wordt van nature beïnvloed door de afwisseling van grovere en fijnere zanden en de aanwezigheid van enkele slecht doorlatende geologische lagen. Doordat de waterscheiding aan de oostkant van het Gooi ligt stroomt het grootste deel van het water dat infiltreert op het Gooi naar het westen af.

#### OERSYSTEEM GOOI EN VECHT

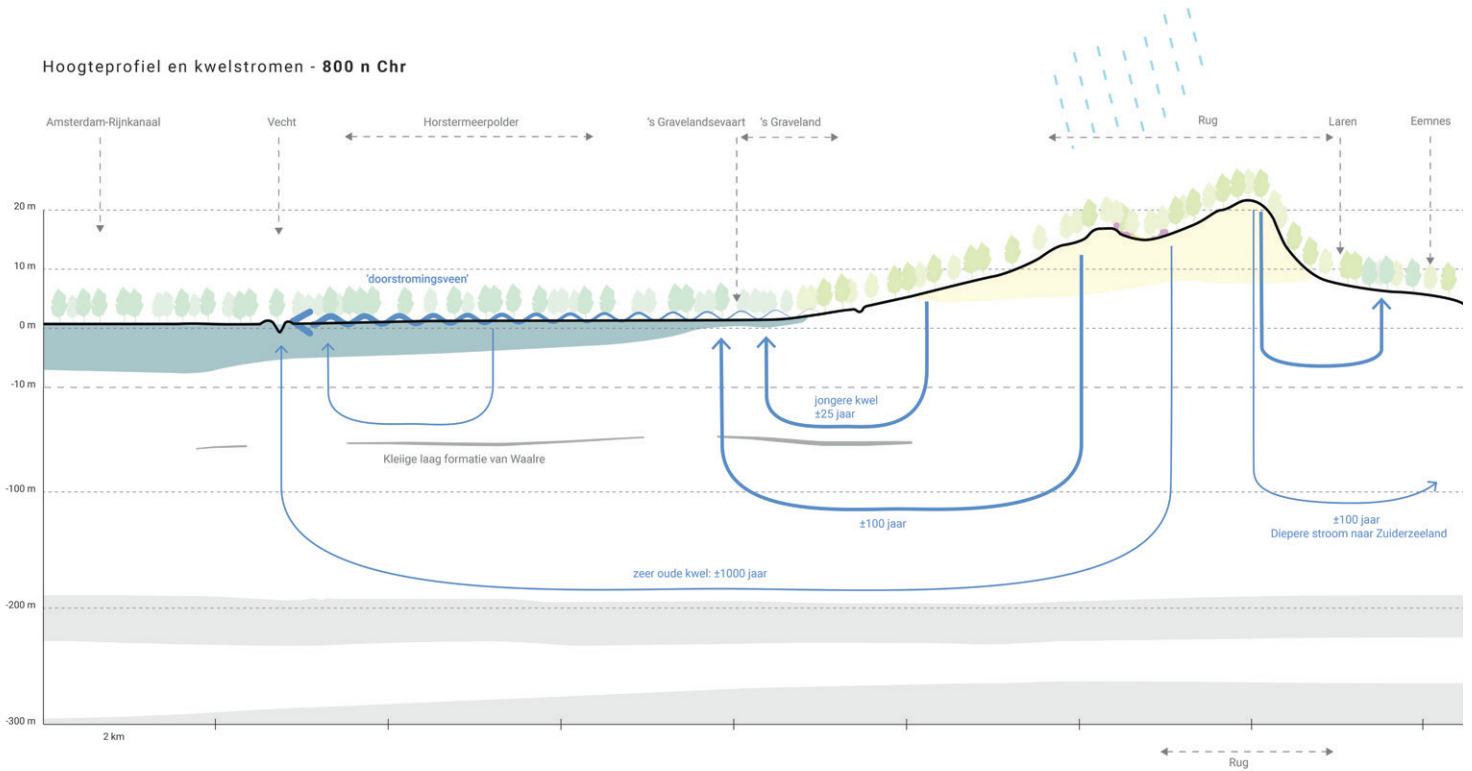
Oorspronkelijk kwam kwelwater uit de Heuvelrug naar boven in de riviervlakte van de Vecht. Onder invloed van natte omstandigheden en ophoping van organisch materiaal ontstond een dik laagveenpakket. Het veen had ten opzichte van de zandgronden een slechte doorlatendheid: de weerstand voor de kwelstromen nam daardoor toe. De 'uittreedzone' van het kwelwater verschoof steeds verder naar het oosten, richting de westflank van het Gooi. Zo ontstond 'doorstromingsveen', met uittredend kwelwater dat langzaam stroomafwaarts richting de Vecht sijpelde.

#### ANTROPOGENE INVLOEDEN

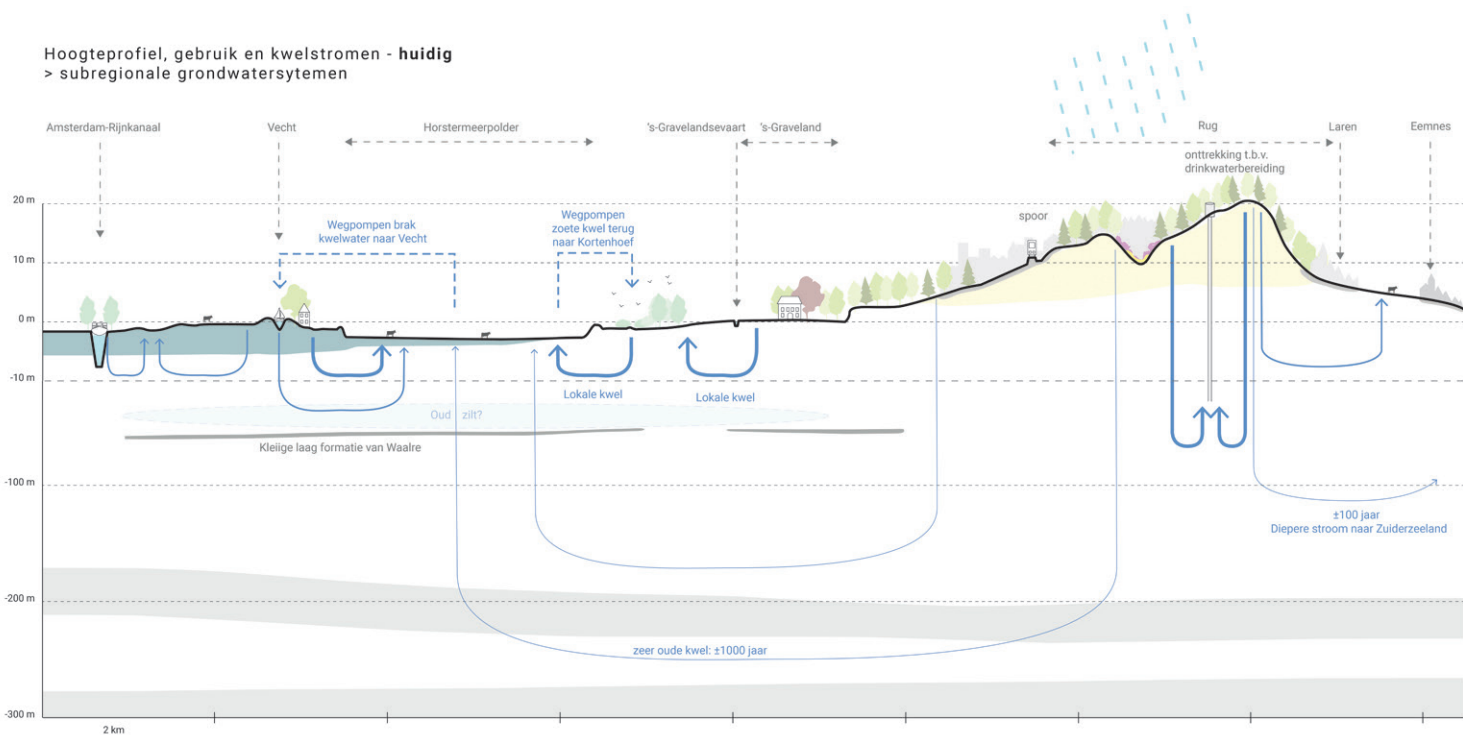
Het huidige systeem werkt niet meer zoals het oersysteem ooit functioneerde. Antropogene invloeden hebben het hierboven beschreven grondwatersysteem aanzienlijk veranderd. De meest ingrijpende stappen zijn:

- A) De ontwatering van het veengebied door aanleg van weteringen en sloten. De fase van de veengroei is hierdoor omgeslagen in veenafbraak en maaiveldddaling (Water: De stromende verbinding tussen Gooi en Vecht, verleden en heden, AGV);
- B) Door de aanzuigende werking van drainerende systemen zoals droogmakerijen, zandafgravingen, onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding en een intensief afwateringssysteem neemt de invloed van grondwater op de ontwikkeling van ecosystemen sterk af. De weteringen en sloten vormen nieuwe plekken met lage stijghoogten waar het grondwater naartoe wordt getrokken, en vervolgens oppervlakkig wordt afgevoerd.

Hoogteprofiel en kwelstromen - 800 n Chr



Hoogteprofiel, gebruik en kwelstromen - **huidig**  
> subregionale grondwatersytemen



Schematisch dwarsprofiel met stroombanen vanuit het Gooi naar Vechtplassegebied voor de situatie van 800 n. Chr. en de huidige situatie. Schema is gebaseerd op Van Loon et al., 2009 en inzichten uit de grondwaterstudies voor dit project.

Er ontstaan steeds meer korte stroombanen, met een afwisseling van infiltratie- en kwellocaties. Ook op het hoge Gooi verandert de situatie: zandafgravingen, verharding, riolering en de winning van grondwater t.b.v. drinkwaterproductie verminderen de netto grondwateraanvulling. De verhoogde grondwaterspiegel is hierdoor afgevlakt, met een verminderde kwelflux aan de flanken tot gevolg.

### HUDIGE KARAKTERISTIEKEN

Aan de hand van literatuur en modelberekeningen is de werking van het huidige grondwatersysteem in kaart gebracht. Aan de hand van 4 figuren zijn de karakteristieken van het huidige grondwatersysteem in beeld gebracht.

*De berekeningen zijn uitgevoerd door Waternet. Hierbij is gebruik gemaakt van het bestaande AGV-grondwatermodel van Waternet. Dit is een regionaal 3D-grondwatermodel van het beheergebied van AGV en omvat het gehele projectgebied inclusief de Gooische Heuvelrug. Het model is opgebouwd in Triwaco en rekt met het eindige elementen programma 'FLAIRS'. De geologische laagopbouw is gebaseerd op REGISII.2 en GeoTOPv1.3. Het oppervlaktewatersysteem is gebaseerd op de actuele peilen van AGV en omliggende waterschappen. De onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding zijn opgenomen op basis van actuele onttrekkingsgegevens van PWN en Vitens. Met het AGV-grondwatermodel zijn stationaire berekeningen gedaan. De impact van temporele verschillen, zoals seizoenale verschillen in neerslag en verdamping en de variatie van oppervlaktewaterstanden, zijn dus niet meegenomen. Er zijn ook stroombaanberekeningen uitgevoerd. De stationaire grondwateraanvulling is afgeleid van het gemiddelde van de periode 2001-2020.*

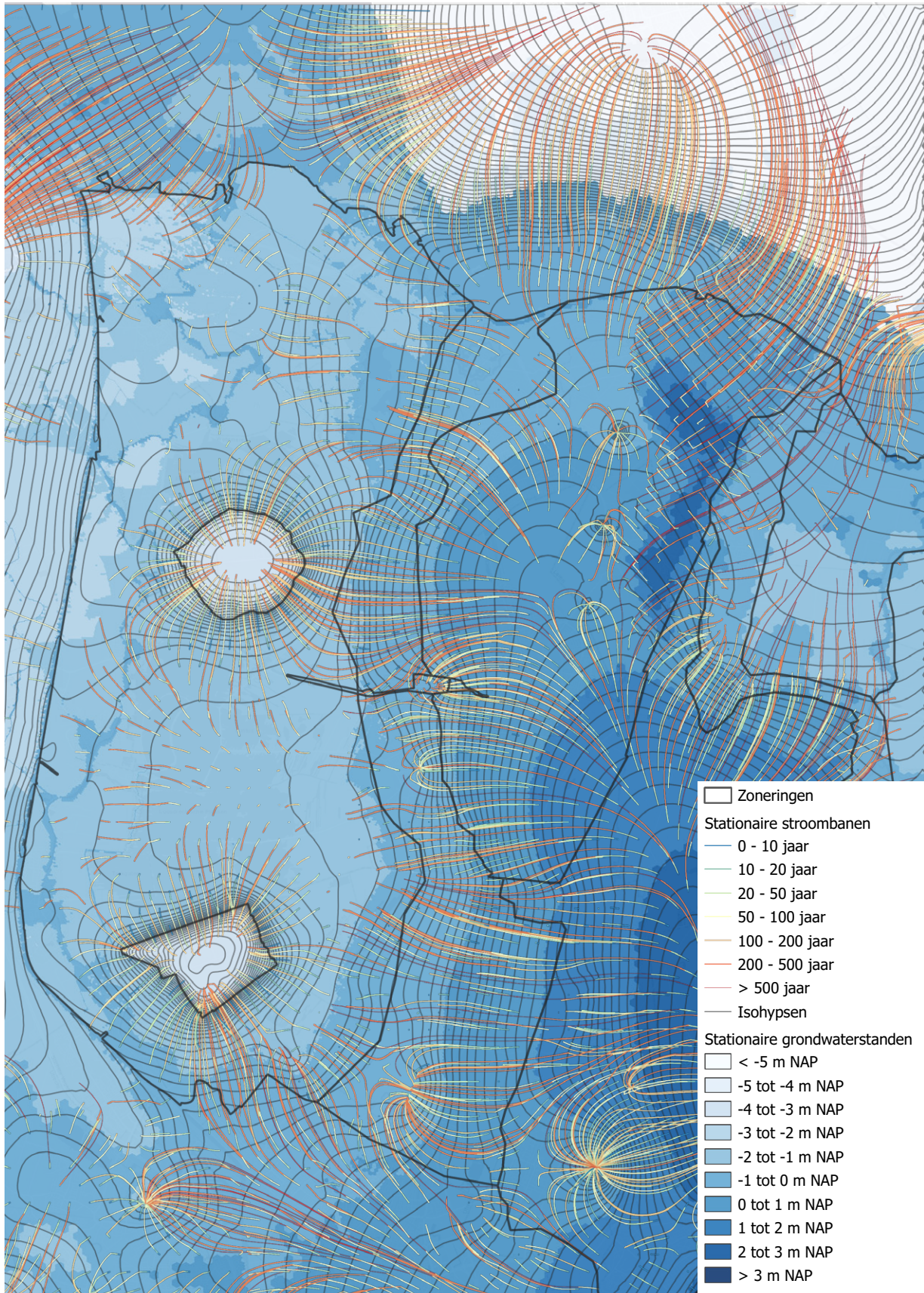
### 1. Isohypsens, grondwaterstanden en stroombanen

'Isohypsens' geven een beeld van locaties waar de stijghoogten in het watervoerende pakket gelijk zijn. Grondwater stroomt van plekken met hoge stijghoogte naar plekken met lage stijghoogte, dus haaks op de getoonde isohypsens.

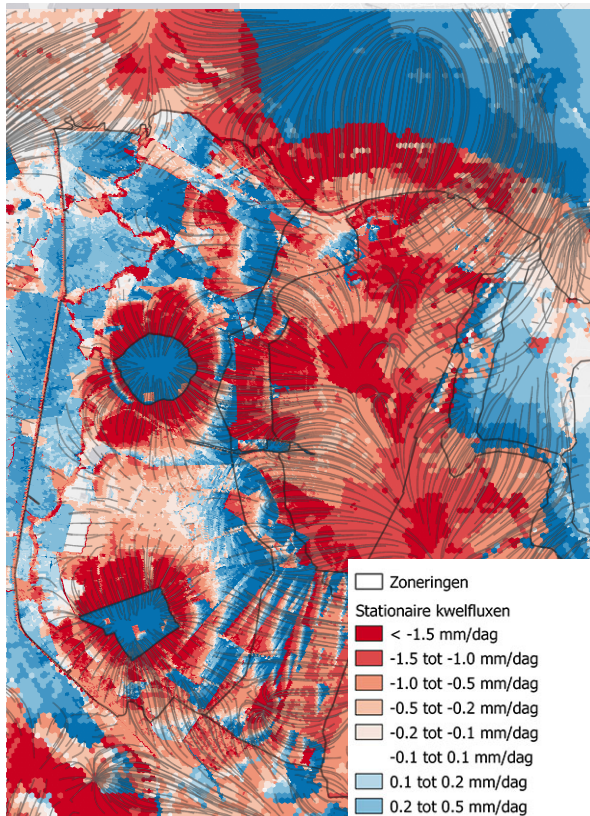
Binnen het onderzoeksgebied zijn de grondwaterstanden het hoogst op de Heuvelrug/Gooi en nemen af richting het Vechtplassengebied en de Eemvallei. De grondwaterstanden zijn het laagst in de diepe droogmakerijen Horstermeer- en Bethunepolder.

De stroombanen laten de weg zien die een waterdruppel aflegt van infiltratie tot het punt waar hij als kwel weer aan het oppervlak komt. In het stroombanenpatroon is het natuurlijke systeem nog duidelijk zichtbaar: er is een overheersende afstroming van Gooi naar de lager gelegen westelijke gebieden, met kwelgebieden op de overgang van hogere zandgronden naar de veengebieden. Tegelijkertijd zijn er vele zeer korte stroombanen en afgebogen stroombanen zichtbaar die het directe gevolg zijn antropogene invloeden op het grondwatersysteem: de diepe droogmakerijen (Bethunepolder, Horstermeerpolder, Flevoland), de verschillende versnipperde peilgebieden en de aantrekkende werking van onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding.





1. Stationaire freatische grondwaterstanden met isohypsens en stroombanen.



2. Intensiteit van kwel (blauw) en wegzijging (rood).

## 2. Kwel en wegzijging

Op deze kaart is duidelijk zichtbaar hoe de activiteit op het Gooi de infiltratie van regenwater beïnvloedt. Door verstedelijking vermindert de grondwateraanvulling: een groot deel van de neerslag wordt afgevoerd. De vlekken op de kaart kleuren lichtrood. De meeste infiltratie is zichtbaar in de heidegebieden en open vlaktes: hier is de verdamping het kleinst, waardoor er meer neerslag overblijft voor percolatie naar het grondwater. De bosgebieden op het Gooi bestaan voor een groot deel uit naaldbos. De infiltratie onder naaldbos is kleiner om twee redenen: naaldbomen verliezen hun blad niet en dus vindt jaarrond verdamping plaats. Daarnaast is het netto bladoppervlak groter, waardoor er meer interceptieverliezen zijn.

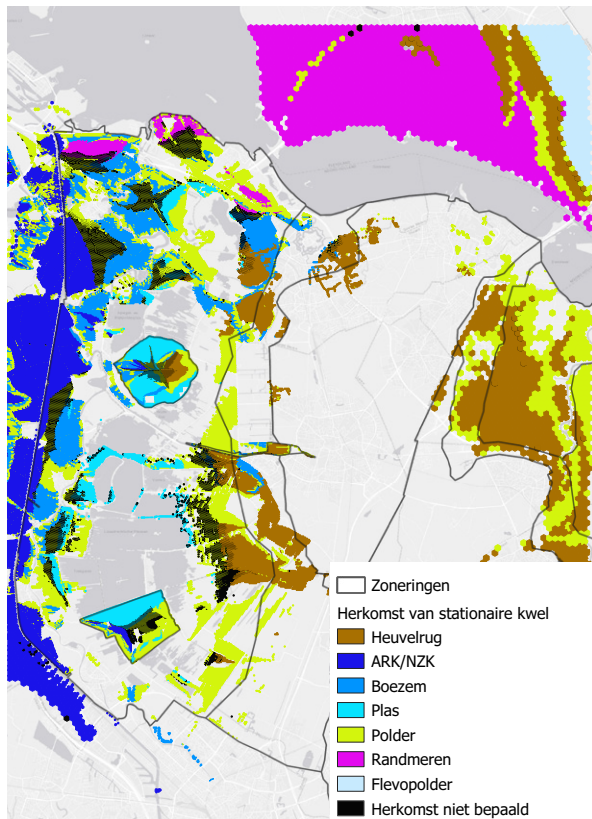
Hoger op de flank zijn er als gevolg van vergravingen locaties ontstaan waar het grondwaterlichaam wordt aangesneden en gedraineerd: hier komt grondwater als kwel omhoog. Voorbeelden zijn de (Oude en Nieuwe) Hilversumse haven, het Hilversums Kanaal en het Tienhovens kanaal aan de westflank en de Goyergracht aan de oost-

flank. Ook zanderijen zoals Groeve Cruysbergen, zanderij Crailoo en het stedelijke gebied de Hilversumse Meent 'draineren' het grondwaterlichaam.

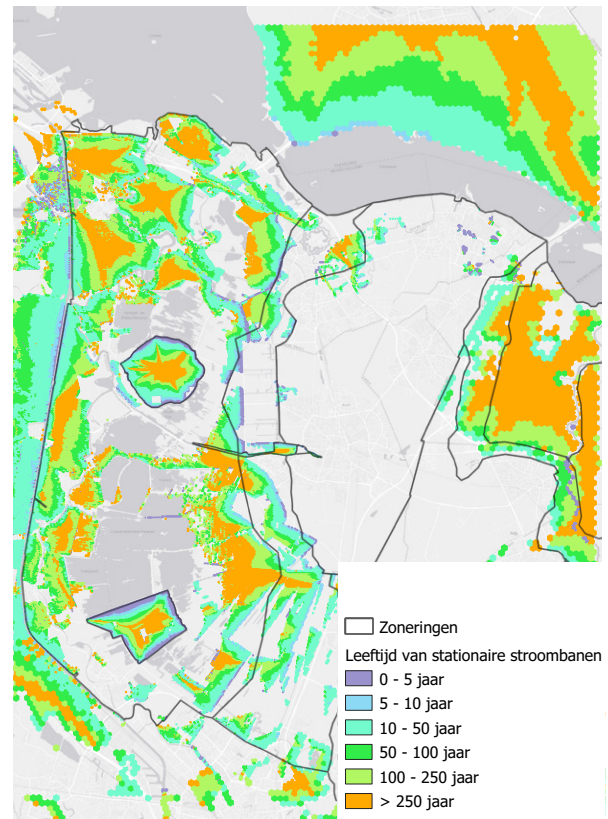
Grenzend aan de dunne strook waar grondwater uit het Gooi uittreedt, is de invloed van het ontwateringssysteem, met artificieel gefixeerde peilen, duidelijk zichtbaar in het kwelpatroon. Daar waar het oppervlaktewaterpeil lager is dan de grondwaterstand vindt kwel plaats en daar waar het peil hoger is wegzijging. Deze gebieden wisselen elkaar af, hetgeen zichtbaar wordt in de versnippering van kwel/infiltratie. Er zijn hier korte stroombanen waar het infiltrerende water in het ene peilvak weer als kwel uittreedt in het naastgelegen peilvak. Soms vindt deze overgang van kwel naar infiltratie zelfs binnen peilvakken plaats zoals het geval is binnen de opeenvolging van zuidwest-noordoost strekkende peilvakken in het Noorderpark.

De twee droogmakerijen in het Vechtplassengebied, de Bethunepolder en de Horstermeerpolder, liggen zeer diep ten opzichte van de omgeving. Door de relatief lage polderpeilen hebben ze een enorme aanzuigende werking op water uit de omgeving. Dit resulteert in veel wegzijging in het omringende gebied (Boezemplan Amsterdam-Gooi en Vecht 1.0 def, AGV, 2019). De kwel moet vervolgens uit de droogmakerijen gepompt worden.

Het peil van de Vechtboezem en het Amsterdam-Rijnkanaal zijn hoger dan de omliggende grondwaterstanden, wat zorgt voor infiltratie.



3. Herkomst van kwelwater volgens huidige stroombanen.



4. Leeftijd van stroombanen op huidige kwellocaties.

### 3 + 4. Herkomst en leeftijd van kwel

De stroombanen van het grondwater hebben een leeftijd van enkele decennia tot duizenden jaren oud. De chemische samenstelling van jongere 'subregionale' kwelstromen wijkt af van de diepere kwelstromen vanaf het Gooi. Het 'oude' kwelwater dat afkomstig is uit de Heuvelrug is in de basis van bijzonder hoge kwaliteit, door de typische nutriëntarme en basenrijke samenstelling die zich ontwikkeld tijdens de reis door kalkhoudende leemlagen. Op de kaarten is te zien dat water dat infiltreert op de Heuvelrug in een dunne strook op de flank weer uittreedt als kwelwater. In de Eemvallei treedt dit water over een groter oppervlak uit: in de watergangen van het sterk gedraineerde gebied met landbouw als dominante functie. Dit hoogwaardige kwelwater komt in de huidige situatie dus niet volledig tot uitdrukking in natuur. Ook in de diepe droogmakerijen staan stroombanen nog gedeeltelijk in verbinding met het water dat op de rug infiltreert. Het overgrote deel van de kwel in de veenplassen, veenpolders en droogmakerijen van het Vechtplassengebied is volgens stroombaanberekening afkomstig van inzijgingslocaties

in de plassen en de polders zelf.

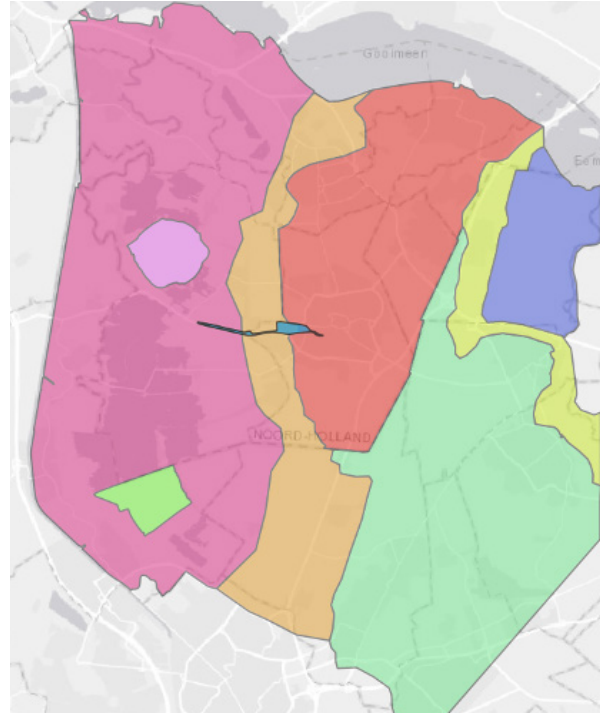
Alleen in het centrum van de droogmakerijen staan er stroombanen in verbinding met het water dat in het Gooi infiltreert.

Ook enkele polders nabij de flank staan in verbinding met het Gooi, zoals in de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven en de oostelijke punt van Naardermeer.

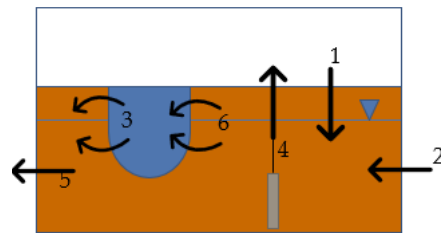
Het kwelwater in de Horstermeerpolder is grotendeels brak, waarschijnlijk omdat er hier paleogroundwater vanuit zoute watervoerende pakketten omhoog kwelt. Daarmee is het van grote invloed op het boezemsysteem.

## 2.2 GRONDWATERBALANS

Aan de hand van modelberekeningen zijn de grondwaterstromingen in het onderzoeksgebied gekwantificeerd. De berekeningen helpen om de rol van het grondwatersysteem als het gaat om waterkwantiteit en de ruimtelijke verdeling af te kunnen zetten tegen de andere waterbronnen zoals regenwater, inlaat van gebiedsvreemd water, de bestaande buffer in het oppervlaktewater en onttrekkingen. Er is stationair is gerekend: er is geen rekening gehouden met seizoensvariatie. Die is uiteindelijk wel belangrijk voor de balans: vervolgonderzoek op dit vlak is noodzakelijk (zie 7.4, Aanbevelingen, paragraaf vervolgonderzoek, p. 90). Het onderzoeksgebied is verdeeld in zes hoofdzones met een eigen 'grondwaterkarakteristiek': Heuvelrug NH, Heuvelrug U, Westflank, Oostflank, Vecht- en Plassengebied (inclusief Noorderparkgebied) en Eemvallei-west. De zones aan de flanken worden gedefinieerd door een maaiveldhoogte tussen de + 0, m en + 2 m NAP. Voor elk van de hoofdzones is een grondwaterbalans opgesteld (zie onderstaande tabel en schema hiernaast) waarin zes posten (fluxen) zijn te onderscheiden: (1) grondwateraanvulling; (2) toestroming naar de zone; (3) infiltratie vanuit het oppervlaktewater; (4) grondwateronttrekking; (5) ondergrondse afstroming; (6) drainage van grondwater naar het oppervlaktewater.



Hoofdzones en sub-zones voor grondwaterbalans.



Schematische weergave van de verschillende waterbalans'fluxen': (1) Grondwateraanvulling; (2) Toestroming; (3) Infiltratie; (4) Winning grondwater t.b.v. drinkwaterproductie; (5) Afstroming; (6) Drainage.

Zone	IN (Mm <sup>3</sup> /jaar)			UIT (Mm <sup>3</sup> /jaar)		
	Grondwateraanvulling	Toestroming	Topsysteem	Winnings	Afstroming	Topsysteem
<b>Plassengebied</b>	62,2	30,1	43,7	0,1	6,7	130,7
<b>Westflank</b>	17,6	22,6	5,8	6,8	18,6	20,6
<b>Oostflank</b>	6,2	42,7	0,1	0,0	33,8	15,5
<b>Eemvallei-west</b>	7,8	9,8	0,1	0,0	7,2	10,9
<b>Heuvelrug totaal</b>	77,2	36,1	0,5	29,0	65,7	19,1
<b>Heuvelrug NH</b>	33,8	3,0	0,1	7,2	26,6	3,0
<b>Heuvelrug Utrecht</b>	43,4	37,9	0,4	21,9	43,9	16,1

Grondwaterbalans per hoofdregio in miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

Daarnaast is voor drie sterk kwellende sub-zones (Horstermeerpolder, Bethunepolder en het Hilversums kanaal plus Nieuwe Hilversumse haven) bepaald hoeveel kwel er uittreedt naar oppervlaktewater.

Gebied	Kwel afvoer (Mm <sup>3</sup> /jaar)
<b>Horstermeer</b>	32,6
<b>Bethune</b>	30
<b>Hilversums Kanaal</b>	2,8

Kwel afvoer vanuit drie sub-zones.

## GRONDWATERBALANS PER DEELGEBIED

### Noord-Hollandse Heuvelrug

De grondwateraanvulling is het grootst op de Heuvelrug. De grondwateraanvulling wordt in grote mate bepaald door het neerslagoverschot (neerslag-verdamping) en de doorlatendheid van de bodem. Een groot deel van het grondwater van de Noord-Hollandse Heuvelrug stroomt ondergronds af richting de flanken en de Flevopolder (in totaal ruim 72%, 27 miljoen m<sup>3</sup>/jaar), terwijl een kleiner deel (20%, 7.2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) wordt onttrokken voor waterwinning t.b.v. de drinkwaterbereiding. De rest (8%) wordt afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem in gebieden op de Heuvelrug waar de grondwaterstand snijdt met de ontwateringsbasis (bijv. Haven van Hilversum). De grondwaterbalans in het Utrechtse deel van de Heuvelrug en een combinatie van het Utrechtse en het Noord-Hollandse deel is opgenomen in de bijlage Grondwater.

### Flanken (west en oost)

Op de flanken is veel toestroming vanuit de Heuvelrug. Op de relatief flauwe en brede westflank is bijna 50% van het binnenkomend water toestroming vanuit de hoger gelegen Heuvelrug. Op de westflank vindt relatief veel infiltratie plaats (in relatie tot de oostflank): water dat vanuit het oppervlaktewater infiltreert naar het grondwater. Een groot deel van dit water infiltreert in de 's Gravelandsepolder waar gebiedsvreemd water wordt aangevoerd (~5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in een droge zomer) om de peilen te handhaven. Ook in het Noorderpark vindt infiltratie plaats.

Op de westflank draineert een groot deel van het geïnfiltreerde of van hoger aangevoerde grondwater weer: op de overgang van de flankzone naar het Vecht- en plassengebied ligt de 'drainagebasis van de Heuvelrug' in een dunne strook. Een opvallende conclusie is dat de drainerende werking van de Nieuwe Hilversumse haven en het Hilversums kanaal qua orde-grootte vergelijkbaar is met de waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding van Huizen of Laarderhoogt (ca. 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Op de steilere oostflank bedraagt de ondergrondse grondwatertoestroming vanuit de rug ruim 90% van de totale toestroming op de grondwaterbalans.

Een derde van deze grondwateraanvoer treedt uit, de rest stroomt door naar de lagere Eemvallei.

### Vecht- en plassengebied

In het Vecht- en plassengebied wordt het grondwatersysteem gedomineerd door de impact van twee droogmakerijen en de versnippering van peilgebieden. Aangezien de zone laagste waterpeilen heeft ten opzichte van de omringende gebieden (Gooi en ARK) bestaat de afvoer op de grondwaterbalans in deze zone bijna volledig uit drainage (95% van totaal, 131 Mm<sup>3</sup>/jaar). De overige 5% stroomt op grote diepte af, richting Groot Mijdrecht en de Flevopolder. De aanvoer van grondwater in deze regio is verdeeld over grondwateraanvulling na percolatie van neerslag (46%), toestroming vanaf de Heuvelrug (22%), en infiltratie van water vanuit het oppervlaktewatersysteem (32%). Een groot deel van de 44 Mm<sup>3</sup>/jaar die jaargemiddeld infiltreert vanuit het oppervlaktewatersysteem wordt als gebiedsvreemd water aangevoerd. Hierin spelen de droogmakerijen een grote rol. Jaarlijks worden enorme hoeveelheden kwel afgevoerd uit de diepe droogmakerijen Horstermeer en Bethunepolder: respectievelijk 33 en 30 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dit water is voor het overgrote deel afkomstig van de omliggende polders, waar het water wegzijgt: dat weer leidt tot een substantiële vraag naar inlaatwater.

## 2.3 OPPERVLAKTE- WATERSYSTEEM

Het (oppervlakte)watersysteem in de regio Gooi en Vechtstreek wordt gekenmerkt door een boezem- en poldersysteem, waarbij overtollig water uit de polder door poldergemalen wordt afgevoerd naar de boezem. Tussen het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en het Gooi bevinden zich twee boezemsystemen: de Vechtboezem (streefpeil -0,40 m NAP) en de 's Gravelandsevaartboezem (streefpeil -0,25 m NAP). De twee boezems zijn onderling verbonden bij Fort Uitermeer en Keetpoortsluis.

Het totale wateroppervlak van de boezem is relatief klein in relatie tot het oppervlak van de polders (210714 Verhaal watersysteem Amstel Gooi en Vecht definitief versie 1, Ambient 2021). Omdat ook de toegestane marges in de waterstandsfluctuaties klein zijn, is de bergingscapaciteit van de boezem beperkt: de waterstand mag niet veel toenemen. De boezem functioneert vooral als een aan- en afvoersysteem.

### 'S-GRAVELANDSEVAARTBOEZEM

De 's-Gravelandsevaartboezem bestaat uit de 's-Gravelandsevaart, de Naardertrekvaart, de Karnemelksloot en veel van de wateren rond Naarden en Bussum. Het waterpeil van de 's Gravelandsevaartboezem is hoger dan het waterpeil van de Vechtboezem, het streefpeil bedraagt -0,25 NAP. Afwatering van overtollig water vindt in de regel plaats via Fort Uitermeer. Omdat de afvoercapaciteit van Fort Uitermeer onvoldoende blijkt om tijdens zeer hevige neerslag zonder problemen overtollig water uit de 's Gravelandsevaartboezem af te voeren (Boezemplan Amstel Gooi en Vecht 1.0 def, AGV, 2019) kan als noodmaatregel het water ook bij de handbediende Keetpoortsluis in Muiden naar de Vecht worden afgevoerd.

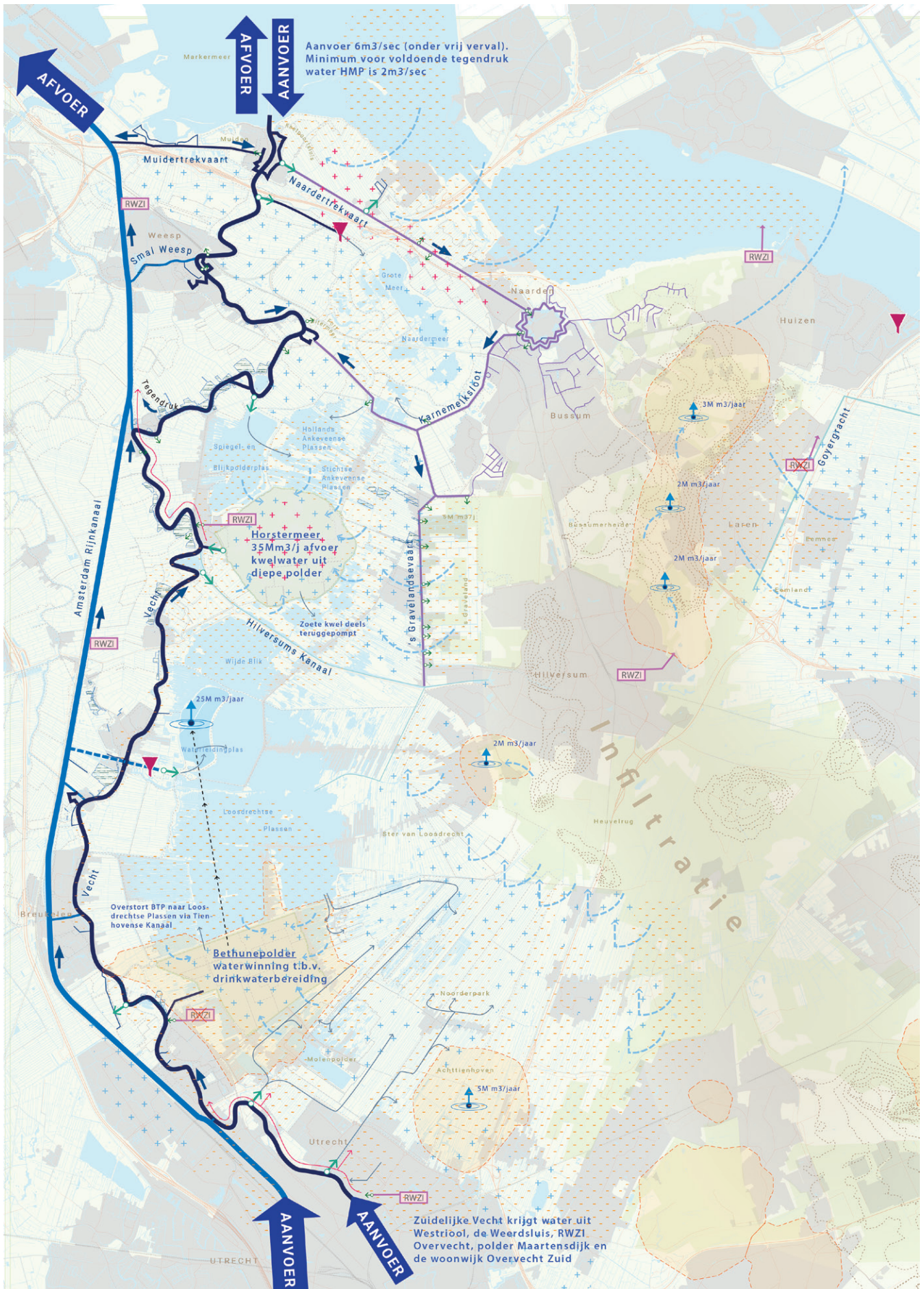
Het water in de boezem wordt op peil gehouden door inlaat vanuit het Markermeer bij de Steenen Beer bij Muiden. Vanuit de 's Gravelandsevaartboezem wordt water vervolgens aangevoerd naar polders en natuurgebieden, zoals de Hollands Ankeveense Polder en de Hilversumse Bovenmeent zodat ook daar het waterpeil gehandhaafd

blijft. Een groot volume water gaat via de Noordersluis naar de 's Gravelandsepolder die, door wegzijging en inlaat richting Kortenhoeft, een grote watervraag kent (~ 5 Mm<sup>3</sup>/jaar).

### VECHTBOEZEM

De Vechtboezem bestaat uit de Vecht, de Muidertrekvaart en de grachten van Weesp en Muiden. Het streefpeil van de Vechtboezem is -0.4 m NAP. De Vechtboezem staat op 5 locaties in open verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK): Maarssen, Breukelen, Nieuwersluis, Nigtevecht en Weesp. Het ARK-NZK hoofdwatersysteem is hierdoor van grote invloed op het functioneren van de Vechtboezem in zowel af- als aanvoersituaties. De Vechtboezem kan bij veel neerslag en hoge waterstanden niet worden afgesloten van het ARK: als de waterstand op het kanaal stijgt, stijgt de waterstand op de Vecht mee. Het water van de Vechtboezem stroomt via het ARK, naar het Noordzeekanaal (NZK), en wordt via het gemaal en spuicomples bij IJmuiden naar de Noordzee afgevoerd.





Overzichtskaat met de werking van het watersysteem.

Wanneer de waterstand van de Vecht hoger is dan de waterstand van het Markermeer kan overtollig water ook via de Groote Zeesluis Muiden onder vrij verval naar het Markermeer worden afgevoerd. Inlaat vindt plaats met water uit de Neder-Rijn/Lek via het ARK. Ook wordt water vanuit het Markermeer ingelaten, via de Groote Zeesluis Muiden onder vrij verval. Wanneer het peil in het Markermeer te ver uitzakt, zijn noodpompen nodig om het water in te laten. Vanuit de Vechtboezem kan water worden aangevoerd naar verschillende polders: Spiegelplas, Stichts Ankeveense plassen, Wijde blik en Kortenhoefse polder. Vanuit het ARK wordt gedefosfateerd water rechtstreeks ingelaten naar de Loosdrechtse Plassen. Water uit de Loosdrechtse plassen stroomt, via de Breukeleveense plas, Tienhovens Kanaal en Nedereindse vaart door naar de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven, Westbroekse zoden en Natuurreservaat Molenpolder. Wanneer d.m.v. noodpompen bij Muiden water wordt ingelaten kunnen de Muidertrekvaart en Smal Weesp worden afgesloten en gestremd voor recreatievaart. Zo is er geen lekverlies naar het ARK van water in het noordelijke deel van de Vecht.

Het Vechtplassengebied is grotendeels aangewezen als Natura 2000-gebied. Vanuit deze plassen zijgt veel water weg naar de diepe droogmakerijen Horstermeer en Bethune: de plassen zijn afhankelijk van aanvoer uit de Vecht en Amsterdam-Rijnkanaal. Daarmee is de waterkwaliteit van de Vecht en Amsterdam-Rijnkanaal van directe invloed op de ecologie in de plassen: om die reden stroomt het inlaatwater voor de Loosdrechtse plassen vanuit ARK eerst door een defosfateringsinstallatie. Waterschap AGV bereid momenteel de aanleg van een defostaringsinstallatie voor om het inlaatwater voor de Spiegelplas vanuit de Vecht te zuiveren (KRW-maatregel). Om te voorkomen dat licht brak en nutriëntrijk kwelwater uit de Horstermeerpolder naar het noorden stroomt (de inlaten voor Natura 2000-gebieden Spiegelplas en Naardermeer) laat het waterschap in het zomerhalfjaar bij de Groote Zeesluis te Muiden onder vrij verval water in omwille van tegendruk, zodat het brakke water naar het ARK stroomt, waar het

verdund wordt in de grote hoeveelheid water van het ARK. In het zomerhalfjaar stroomt de Vecht tussen Muiden en Nigtevecht naar het zuiden in plaats van naar het noorden. Zoet kwelwater aan de randen van de Horstermeerpolder stroomt naar de omliggende natuurplassen in polder Kortenhoef. Dit water is te fosforrijk voor de functie natuur: om die reden heeft waterschap AGV ook hier concrete plannen om een defosfateringsinstallatie te bouwen.

## 2.4 WATERKwaliteit

### VECHTPlassen, BOEZEM EN POLDERSYSTEMEEM

De waterkwaliteit en ecologie in het oppervlaktewater worden op veel manieren negatief beïnvloed. Allereerst door het landgebruik in de polders: bij landbouwactiviteiten in de polders (akkerbouw en veeteelt) komen stoffen in het water, zoals stikstof en fosfor uit (kunst)mest en bestrijdingsmiddelen. Deze stoffen liggen opgeslagen in de bodem en kunnen decennialang de waterkwaliteit beïnvloeden, zeker als bij vernatting het water meer in contact komt met deze verontreinigde bodemlaag. Veenafbraak leidt tot het vrijkomen van nutriënten die via uitspoeling de waterkwaliteit verslechteren. In de diep gelegen Horstermeerpolder treedt veel kwel op: tot wel 17 mm/dag. Dit diepe kwelwater bevat relatief hoge concentraties chloride, en wordt afgevoerd naar de Vecht. Zonder specifieke beheermaatregelen van het waterschap, stroomt licht brak en nutriëntrijk (kwel)water van de Horstermeerpolder naar het noorden, richting de inlaten voor de Spiegelplas en de Naardermeer (beide Natura 2000-gebieden). Om te voorkomen dat deze zoete plassen verzilt, laat het waterschap in de zomer bij de Groote Zeesluis te Muiden onder vrij verval ca 8 à 10 m<sup>3</sup>/s water in, waarmee het licht brakke, voedselrijke water bij Nigtevecht richting het ARK wordt geduwd. In deze situatie stroomt de Vecht tussen Muiden en Nigtevecht naar het zuiden in plaats van naar het noorden. Hierdoor blijft het water ten noorden van Nigtevecht zoet.



Van het inlaatwater komt 6.5 m<sup>3</sup>/s ten goede aan de zoetwatervoorziening van de Natura 2000-gebieden en polders langs de noordelijke Vecht (categorie 1 verdringingsreeks). Ca. 3.5 m<sup>3</sup>/s wordt doorgevoerd ten behoeve van de bestrijding van de zouttong op het ARK (210714 Verhaal watersysteem Amstel Gooi en Vecht definitief versie 1, Ambient 2021). Wanneer de waterstand op het Markermeer zakt en er minder water bij Muiden naar de Vecht kan worden ingelaten, dan kunnen de Muidertrekvaart en Smal Weesp worden afgesloten en gestremd voor recreatievaart. Zo is er geen verlies van (zoet) water in het noordelijke deel van de Vecht. Ook externe verziltingsdruk, vanuit grote inlaatwateren, kan de waterkwaliteit beïnvloeden. Aan de zuidkant van de Vecht komt het effluent van de RWZI's van Utrecht en Maarssen uit op de Vecht (NB: de RWZI Utrecht wordt op dit moment gerenoveerd; de RWZI Maarssen wordt naar de grote zuivering van Leidsche Rijn verplaatst). Aan de oostkant van het Gooi heeft het geloosde effluent van RWZI Blaricum grote impact op de waterkwaliteit in de Goyergracht.

### GRONDWATER HEUVELRUG

Het kwelwater dat afkomstig is van de Heuvelrug wordt gekarakteriseerd door de overwegend zuurstof- en nutriëntarme samenstelling en de verrijking met mineralen zoals ijzer, kalk en magnesium vanuit diepere grondwaterstromen. Maar, niet alle kwel is hetzelfde. Het blijkt dat verschillende plekken waar aan de hand van grondwaterstudies goede kwel wordt verwacht toch sprake is van soms zeer nutriëntrijke kwel. Kwelwater ontleedt zijn chemische samenstelling grotendeels aan het medium waar het doorheen stroomt en de verblijftijd in de bodem. Water dat korter onderweg is, is vaak zuurder. Ook de chemische samenstelling op het moment van infiltratie is bepalend. Water dat in stedelijk gebied via verharding afstroomt raakt vervuild en kan door infiltratie in de ondergrond terecht komen. In de eerste helft van de 20e eeuw zijn door directe industriële lozingen omvangrijke vervuilingen van het grondwater opgetreden. Vanaf verontreinigingslocaties is een 'pluim' van vervuild grondwater ontstaan. Door bodem-

degradatie kan de zuiverende werking van de bodem verminderen.

Waar het jongste kwelwater aan de randen van de Horstermeerpolder relatief zoet is (maar na het doorstromen van de Holocene deklaag wel veel nutriënten als fosfaat bevat) wordt in het centrum van de Horstermeerpolder fossiel brak grondwater aangetrokken, afkomstig uit diepe grondlagen. Het zoete kwelwater langs de randen van de Horstermeerpolder wordt geïsoleerd van de brakkere kwelzones in het centrale deel van de polder. Het geïsoleerde water wordt na defosfatering weer opgepompt richting de omliggende (natuur)gebieden zoals de Kortenhoef.

## 2.5 GRONDWATERWINNING T.B.V. DRINKWATERBEREIDING

In het projectgebied bevinden zich 5 locaties voor de winning van grondwater t.b.v. drinkwaterproductie: drie op de rug en twee op de flanken. Daarnaast wordt er water t.b.v. drinkwater onttrokken uit de waterleidingplas: het wateroverschot van Bethunepolder (grotendeels kwel) wordt via een waterleidingkanaal naar de waterleidingplas gebracht. De winningen op het Gooi hebben een omvang van ± 7 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, verdeeld over onttrekkingslocaties Huizen (± 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar), Laarderhoogt (± 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) en Laren (± 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Op de lagergelegen locaties van Loosdrecht en Groenekan worden respectievelijk ± 2 en ± 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar onttrokken. Vanuit de waterleidingplas wordt in totaal ± 25 miljoen m<sup>3</sup>/jaar onttrokken t.b.v. drinkwater. Ongeveer 1/3 van het drinkwater van Amsterdam komt hier vandaan.

Onttrekking t.b.v. drinkwaterbereiding	Volume (M m <sup>3</sup> /jaar)
Binnen projectgebied	
Huizen	~3
Laarderhoogt	~2
Laren	~2
Loosdrecht	~2
Groenekan	~5
Waterleidingplas (vanuit Bethunepolder)	~25

Waterwinningen t.b.v. drinkwaterbereiding en hun omvang.

# 3. OPGAVEN WATER, BODEM EN KLIMAAT

Opgaven op het gebied van waterkwantiteit, waterkwaliteit en waterveiligheid manifesteren zich reeds in de huidige situatie en zullen in de toekomst worden versterkt, onder invloed van de effecten van de klimaatverandering, bodemdaling en verstedelijking. Problemen staan niet los van elkaar: in veel gevallen versterken ze elkaar onderling. In deze paragraaf lichten we eerst de effecten van klimaatverandering toe.

## 3.1 GEVOLGEN KLIMAATVERANDERING

Door klimaatverandering stijgt de temperatuur, neemt de kans op langdurig droge periodes met grote neerslagtekorten toe, evenals de frequentie van hittegolven. Door zeespiegelstijging ontstaat een toenemende verziltingsdruk op de zoetwatervoorziening. Ook zijn er gevolgen voor de manier waarop water kan worden afgevoerd. De dynamiek van de Rijn verandert door de transitie van een smeltwater- naar een meer neerslaggedomineerde rivier (Weiland et al. 2015 op basis van KNMI'14). Kortom, de fysische randvoorwaarden waarop de inrichting van het water- en bodemsysteem gebaseerd is veranderen. Hierdoor komt het functioneren van het water- en bodemsysteem in de Gooi en Vechtstreek steeds verder onder druk te staan.

### PROGNOSES KNMI

De KNMI'14 klimaatscenario's bevatten kerncijfers voor een groot aantal variabelen en indicatoren van klimaatverandering voor Nederland. In oktober 2023 komt er een update van deze

kerncijfers, helaas waren deze gegevens nog niet beschikbaar ten tijde van deze studie. Het KNMI Klimaatsignaal'21 geeft de eerste duiding van het 'zesde assessment rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) voor Nederland. Deze duiding omvat de nieuwste inzichten ten aanzien van zeespiegelstijging, extreme neerslag, droogte, het stedelijk klimaat en de snelheid van veranderingen maar zijn geen vervanging van de KNMI'14 klimaatscenario's. In veel gevallen blijken actuele prognoses extremer: het is om die reden belangrijk om de meest recente beschikbare gegevens te gebruiken. In deze paragraaf wordt de impact van klimaatverandering waar mogelijk geïllustreerd aan de hand van de nieuwste gegevens (klimaatsignaal '21): KNMI'14 is gebruikt als recente gegevens ontbreken.

### Zeespiegelstijging

In 2085 wordt volgens de KNMI'14 klimaatscenario's een zeespiegelstijging verwacht van 25 tot 80 cm t.o.v. 1995. Het klimaatsignaal '21 voorspelt voor 2050 een stijging van 14 tot 47 cm t.o.v. 2005. Voor 2100 is de prognose 30 tot 121 cm.

### Neerslag, verdamping en temperatuur

Volgens de KNMI'14 klimaatscenario's stijgt de gemiddelde zomertemperatuur in het klimaat van 2085 met 1.2°C tot 3.7°C t.o.v. 1995. Het aantal zomerse dagen met een maximale temperatuur van meer dan 25°C neemt toe met maximaal 130% t.o.v. 21 dagen in 1995.

Volgens het klimaatsignaal '21 neemt de gemiddelde neerslag in het groeiseizoen in 2100 met -10 mm tot -90 mm af t.o.v. 2005.

De gemiddelde potentiële verdamping in het groeiseizoen neemt juist toe, met +50 mm tot +110 mm. Het maximale neerslagtekort neemt toe tot +150 mm. Volgens de KNMI'14 klimaatscenario's neemt de gemiddelde neerslag in 2085 in de zomer maximaal 23% af (-52 mm) en neemt de gemiddelde verdamping maximaal 15% toe (+40 mm). Het hoogste neerslagtekort dat eens in de 10 jaar wordt overschreden neemt ook toe tot 40%. Kortom, de kans op droge lentes en zomers neemt toe.

In de winter neemt het neerslagvolume volgens het KNMI'14 klimaatscenario's juist toe: in 2085 met 5% tot 30% t.o.v. klimaat 1995. De belangrijkste oorzaak is de toename van de absolute hoeveelheid vocht in de atmosfeer bij opwarming. Volgens de KNMI'14 klimaatscenario's neemt de jaarlijkse maximale uurneerslag met 8% tot 45% toe in 2085. Volgens klimaatsignaal '21 is het volume van - en de kans op - zomerse hoosbuien moeilijk te voorspellen, maar de uurneerslag neemt al snel tot 10% toe per graad mondiale opwarming, zo wordt gedacht.

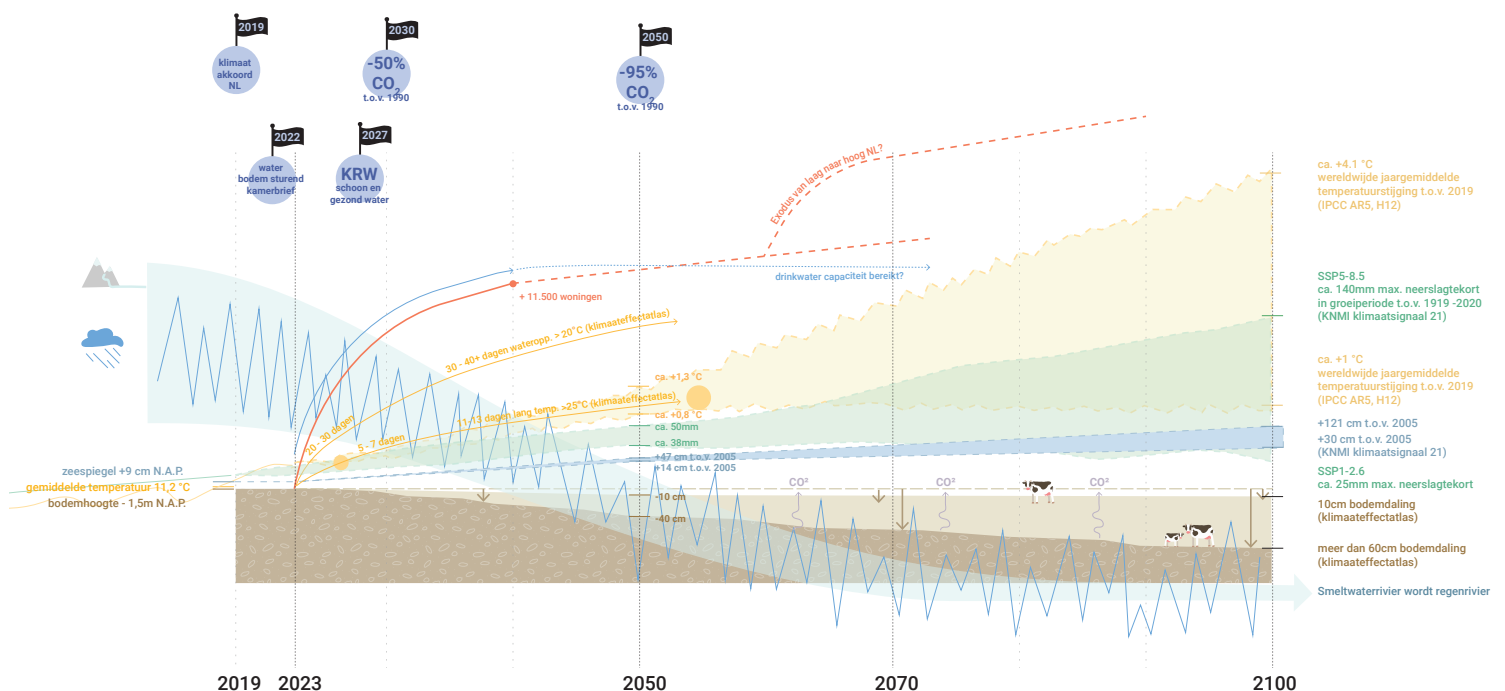
Het is aannemelijk dat we in de toekomst langer met eenzelfde weertype te maken krijgen, als gevolg van een afzwakkende, minder sterk meanderende, straalstroom.

### Rijnafvoer

Door klimaatverandering zal de Rijn een meer neerslag gedomineerde rivier worden. 's Zomers neemt de kans op laagwater in de rivieren toe, terwijl in de winter juist de kans op hoogwater toeneemt. De maandgemiddelde Rijnafvoeren kunnen in 2085 in de zomerperiode tot wel 40% afnemen. Daarentegen kan de gemiddelde winterafvoer volgens de KNMI'14 klimaatscenario's met meer dan 50% toenemen.

### IMPACT OP HOOFDLIJNEN

Zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren hebben directe impact op de Gooi- en Vecht streek. Een droger zomerklimaat leidt tot een toenemende watervraag. Op de hogere delen van het Gooi leidt klimaatverandering direct tot verdroging. Op plekken waar aanvoer mogelijk is groeit de vraag naar gebiedsvreemd water.



Overzicht van klimaatverandering en de effecten hiervan op korte- en lange termijn. De onzekerheden van klimaatverandering nemen toe: we moeten anticiperen op de gevolgen van klimaatverandering in de toekomst en daarbij omgaan met steeds grotere marges van onzekerheid.

Ook in andere regio's neemt de watervraag toe: de 'concurrentie' om inlaatwater neemt toe terwijl het aanbod vanuit het hoofdwatersysteem dus afneemt. Toename van neerslagextremen leidt direct tot een toename van de kans op lokale wateroverlast in stedelijk gebied en polders (landbouw). De opwarming van atmosfeer en water heeft gevolgen voor de huidige natuur.

## 3.2 OPGAVEN WATER, BODEM, KLIMAAT

De opgaven met betrekking tot water, bodem en klimaat zijn onder te verdelen in de volgende thema's:

- Watertekort en droogte;
- Afhankelijkheid van wateraanvoer;
- Verminderde waterkwaliteit;
- Verminderde bodemkwaliteit;
- Veenoxidatie;
- Groei drinkwatervraag;
- Wateroverlast.

### WATERTEKORT EN DROOGTE

#### Afname buffer rugsysteem






Door klimaatverandering verandert de jaarlijkse waterbalans. In de winter valt naar verwachting steeds meer regen en in de zomer komen vaker extreme piekbuien voor. Jaarrond neemt de hoeveelheid neerslag naar verwachting toe: er infiltreert netto jaarlijks meer water (NB: in de nieuwste klimaatscenario's wordt ook rekening gehouden met potentiële afname van de hoeveelheid neerslag jaarrond). Maar, deze netto toename wordt in de winter niet vastgehouden. Via drainage aan de flanken wordt het versneld afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem. Bovendien verdampt in de zomer meer water, krijgt bij intense regenval de bodem niet de kans om al het water op te nemen, infiltreert door bodemafdichting in stedelijk gebied minder water en wordt grondwater onttrokken voor drinkwaterbereiding. De 'kwelmotor' van stuwwal naar de flanken en de voet is in droge perioden kortom afgenomen. Deze kwelflux is cruciaal voor een robuust watersysteem met voldoende water uit eigen gebied in droge perioden

en verschillende natuurdoeltypen op de flank en aan de voet. Ook verdampen de vele naaldbomen meer water dan de oorspronkelijke loofbomen maar ten opzichte van de andere aspecten m.b.t. de aanvulling van de buffer in de rug is dat ondergeschikt.








#### WATERTEKORT/ DROOGTE

-  Verdroging flanken / plassen
-  Wegzijing naar diepe droogmakerijen
-  Verdroging specifieke kwelwaterafhankelijke natuurtypen  
trilveen, veenmosrietland
-  Verdroging kwelwaterafhankelijke natuur binnen rugsysteem  
voormalige zanderijen
-  Verdroging grondwaterafhankelijke natuur (hangwater)
-  Risico verdroging grond- en regenwaterafhankelijke natuur  
(schijngrondwaterspiegels)
-  Hittestress stedelijk gebied



#### AFHANKELIJKHEID VAN WATERAANVOER

-  Onzekerheid toekomstige beschikbaarheid aanvoerwater
-  Verminderde infiltratie rugsysteem  
klimaatverandering, toename verhard oppervlak, grondwaterwinning t.b.v. drinkwaterbereiding
-  Versnelde afvoer flanken t.b.v. wonen/ landbouw
-  Versnelde afvoer door diepe ontwatering in droogmakerijen
-  Haven Hilversum als 'drain'


#### VERMINDERDE WATERKWALITEIT

-  Zilte kwel
-  Verziltning vanuit grondwater
-  Verziltning / vervuiling door (gebiedsvreemd) inlaatwater
-  Vervuiling / verminderde sponswerking door intensief  
agrarisch gebruik (inspoeling versterkt bij vernatting)
-  Vervuiling door menging water rioolwaterzuiveringsinstallatie
-  Onzekerheid toekomstige waterkwaliteit diep grondwater
-  Afhankelijkheid techniek, defosfateringsinstallaties


#### VERMINDERDE BODEMKWALITEIT

-  Negatief effect zure neerslaglenzen (o.a. stikstofdepositie)  
verminderde sponswerking, verzuring milieu
-  Grondwaterverontreinigingslocatie


#### VEENOXIDATIE

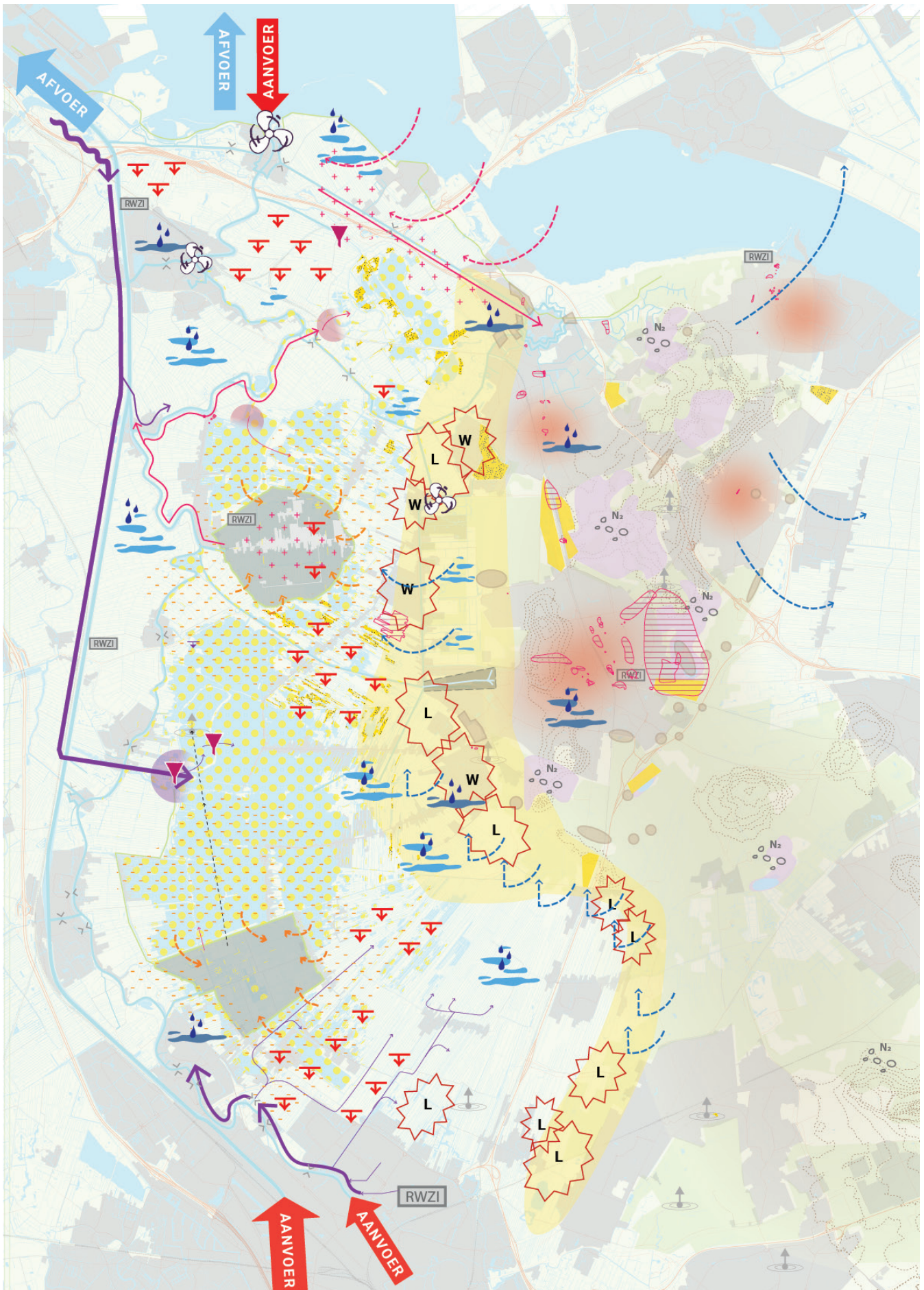
-  Sterke bodemdaling tot 2050  
CO2 uitstoot, vernatting, verzakking

#### GROEI DRINKWATERVRAAG

-  Drinkwatervraag i.r.t. duurzaam beschikbaar volume:  
groei drinkwatervraag door verstedelijking

#### WATEROVERLAST

-  Gebrek aan afvoercapaciteit boezemsysteem: bottlenecks
-  Afhankelijkheid techniek
-  Wateroverlast landbouw/ grasland T10
-  Wateroverlast stedelijk gebied T100



Overzichtskaart met knelpunten en opgaven die betrekking hebben op het water- en bodemsysteem.

### **Toename langdurig droge perioden**

Door klimaatverandering nemen langdurig droge perioden toe en ook de frequentie van hittegolven. Daardoor groeit de zoetwatervraag van alle functies, terwijl er minder water beschikbaar is.

### **Groeiend drinkwatertekort**

In perioden van droogte komt de winning van grondwater t.b.v. drinkwaterproductie in het nauw. De vraag naar drinkwater in met name droge perioden is zodanig groot dat grenzen van vergunningen steeds vaker worden bereikt of overschreden. Er wordt volop ingezet op communicatie rondom waterbesparing, maar dit is tot nu toe niet voldoende om de toename in de vraag te compenseren. Een groeiend aantal inwoners, veranderingen in bevolkingssamenstelling (leeftijd en achtergrond), economische groei en ook klimaatverandering (droogte en hitte) leiden immers tot een grotere drinkwaterbehoefte. Op basis van de prognoses van de drinkwatervraag die werden opgesteld door de drie drinkwaterbedrijven volgde noodzakelijke capaciteit van 25 Mm<sup>3</sup>/j. (20–30 Mm<sup>3</sup>/j). Belangrijke vraag is op welke manier duurzame uitbreiding van drinkwaterproductie het beste gerealiseerd kan worden.

## **AFHANKELIJKHEID VAN WATERAANVOER**

### **Afhankelijkheid gebiedsvreemd water**

In het polder- en plessensysteem moet gebiedsvreemd water worden ingelaten om het oppervlaktewater op peil te houden en om te voorzien in de behoeften van landbouw en natuur. Dit is kostbaar en de beschikbaarheid van inlaatwater in de toekomst is onzeker. Tijdens de langdurig droge zomerperiodes in 2018 en 2022 moest alles op alles worden gezet om voldoende water aan te voeren naar de Vechtplassen en -polders. Door klimaatverandering zal de Rijn een meer neerslag gedomineerde rivier worden. Naar verwachting zal de zomerafvoer sterk afnemen: in droge periodes zal veel minder water door de Nederlandse rivieren en kanalen van het hoofdwatersysteem stromen. Zoetwatervragende functies die afhankelijk zijn van gebiedsvreemd water zullen in toenemende mate onder druk komen te staan: natuur, landbouw en waterwin-

ning ten behoeve van drinkwaterbereiding. De concurrentie voor gebiedsvreemd zoet water uit het hoofdwatersysteem zal toenemen.

## **VERMINDERDE WATERKWALITEIT**

### **Slechtere kwaliteit door inlaatwater**

De inlaat van gebiedsvreemd water in tijden van droogte beïnvloedt de waterkwaliteit. In perioden van droogte wordt in het polder- en plessensysteem water ingelaten vanuit het hoofdwatersysteem (ARK en Markermeer). Dit water is van veel lagere kwaliteit dan neerslag en de kwel uit de Heuvelrug en mengt zich met het water in de sloten. Het inlaatwater komt, afhankelijk van de lokale kwel- of infiltratiestroming, ook in het grondwater terecht. In extreme situaties is er te weinig rivierwater via het ARK beschikbaar om onbelemmerd in te laten ten behoeve van peilhandhaving. In sommige situaties is het doorspoelen van een polder of (ondiepe) plas noodzakelijk als uiterste mogelijkheid, vaak is er dan sprake van blauwalgbloeien. Langdurig stilstaand water van mindere kwaliteit is i.c.m. hogere temperaturen funest voor natuur in en rond de waterlopen en uiteindelijk ook voor de agrarische sector.

### **Toename verzilting via het Noordzeekanaal**

Het schutten van de sluizen in IJmuiden zorgt voor zoutindringing op het Noordzeekanaal; het schutten van de sluizen op de Afsluitdijk zorgt voor zoutindringing op het IJsselmeer. Door zeespiegelstijging zal de verzilting toenemen bij hetzelfde gebruik van de sluizen. Het schutproces is de grootste bron van zoutindringing. Het zoute water kan via IJmuiden en de Afsluitdijk dieper doordringen in het achterland als er geen andere maatregelen (zoals schutbeperkingen of verziltingmaatregelen) worden genomen, zeker als er in de zomer steeds minder zoet rivierwater beschikbaar is voor tegendruk. Een optrekkende zouttong op het ARK kan dan een bedreiging worden voor de waterkwaliteit in de Gooi- en Vechtstreek. De effectiviteit van de mitigerende maatregel die momenteel wordt aangelegd (de Selectieve Onttrekking in IJmuiden, in 2024 is deze gereed) i.c.m. zeespiegelstijging en lage afvoeren moet in de praktijk nog uitwijzen.

### **Verziltning Vechtboezem via water uit Horstermeerpolder**

Het kwelwater in de Horstermeerpolder is grotendeels brak. Dit water komt in de Vechtboezem terecht en vormt een potentiële bedreiging voor o.a. de Natura 2000-gebieden (Naardermeer en de Spiegelplas).

### **Verontreinigingspluimen grondwater**

Door (historische) industriële lozings zijn bodem- en grondwaterverontreinigingen ontstaan. De aanwezigheid van deze verontreiniging vormt een potentieel belemmerend risico voor maatregelen die het grondwaterregime veranderen. Door de goed doorlatende ondergrond zijn de verontreinigingen soms tot grote diepte doorgedrongen. Er is een gebiedsbeheerplan opgesteld met als doel de grondwaterkwaliteit in het gebied te verbeteren, om de omgeving en de kwetsbare objecten te beschermen tegen de grondwaterverontreinigingen en om het benutten van de ondergrond mogelijk te maken. Samengevat wordt het beschermen, verbeteren en benutten bereikt door een monitoringsstrategie én het bevorderen van een gerichte saneringsaanpak van bronnen van verontreinigingen (bron: Gebiedsbeheerplan grondwaterverontreiniging en het gooi raamplan, 2015).

Ook oude vuilstorten (zoals Groenewoud) en de infiltratie van vervuild water via stedelijke daken, verharding of RWZI-water zijn bronnen van verontreiniging.

### **Verontreinigingen vanaf maaiveld**

Meststoffen, bestrijdingsmiddelen en PFAS infiltreren met het regenwater en het oppervlaktewater in de bodem en kunnen in het grondwater terecht komen. Door meststoffen ontstaat eutrofiëring. De verontreiniging van het grondwater heeft nadelige gevolgen voor de biodiversiteit (via kwelwater) en waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding; een effect dat jarenlang door zal werken.

### **Toename overstorten**

Door een toenemende kans op hevige buien neemt de kans op overstorten toe. Deze hebben een slechte invloed op de waterkwaliteit.

Door meer extreme buien zal het gemengde rioolstelsel vaker overstorten.

### **VERMINDERDE BODEMKWALITEIT**

#### **Verminderde sponswerking en filtering door verzuring Heuvelrug**

Atmosferische depositie en zure neerslag hebben direct effect op gevoelige natuur van met name trilvenen, veenmosrietlanden, hoogveenbossen en de natuur op de zandgronden. Heidevelden die vergassen vormen hiervan het meest zichtbare resultaat, maar ook bossen ondervinden gevolgen. Ook indirect, via het grondwater, is er een effect. Het watersysteem van de Gooise Heuvelrug is door de zandige, arme bodem kwetsbaar voor verontreinigingen. Het zuur van het geïnfiltreerde regenwater kan in de bodem slechts in beperkte mate worden geneutraliseerd.

Ongeveer 95% van alle bossen heeft te maken met overschrijding van de kritische stikstofdepositie. Industrie, verkeer en landbouw zijn de belangrijkste bronnen van stikstof. De verzuring is groter bij dominantie van boomsoorten met zuur strooisel (den, eik, beuk etc.). Voedingsstoffen spoelen uit waardoor het organisch stofgehalte veel te laag is. De gevolgen werken diep door in het ecosysteem. Ook komt door verzuring aluminium vrij in de bodem. Dit tast het wortelstelsel van vegetatie aan en maakt in sommige gevallen zelfs het grondwater ongeschikt voor consumptie. Het watervasthoudend vermogen van de bodem wordt aangetast.

#### **Verminderde sponswerking landbouwgronden**

De huidige reguliere landbouwpraktijk leidt tot een bodem met een slecht absorberend vermogen, zonder bodemleven. Het organische stofgehalte, de structuur van de bodem en het bodemleven hebben een effect op de waterkwantiteit en -kwaliteit. Meer toepassing van organische meststoffen (bijvoorbeeld compost) draagt bij aan stabilisatie van de bodemstructuur, een grotere doorlatendheid, meer bodemleven, een groter waterbergend vermogen, een toename van de hoeveelheid sporenelementen en een natuurlijke buffer tegen pH schommelingen. Minder mechanische grondbewerking kan de bodemstructuur verbeteren.

## VEENOXIDATIE

### Verslechtering waterkwaliteit door veenafbraak

Veenafbraak leidt tot het vrijkomen van nutriënten die via uitspoeling de waterkwaliteit verslechteren. Sterke bodemdaling door veenafbraak vergroot op sommige plekken het risico op openbarsten van de waterbodem (rondom het ARK). Verdergaande bodemdaling leidt tot een hogere interne verzilting en slechtere waterkwaliteit (onder andere meer sulfaat).

### Uitstoot broeikasgassen door veenoxidatie

Bij veenoxidatie komen broeikasgassen vrij (tussen de 20 en 35 ton CO<sub>2</sub> per jaar per hectare). Daarnaast komt ook het sterke broeikasgas lachgas (N<sub>2</sub>O) vrij. Dit leidt tot opwarming van de aarde.

### Versnippering peilvakken door bodemdaling

De versnippering in landbouw- en natuurpercelen leidt tot ongelijke bodemdaling en versnippering van peilvakken in nattere en drogere delen. Dit maakt het beheer minder robuust en duurder door intensiever peilbeheer, en zowel de landbouw als de natuur worden niet optimaal bediend.

NB: de precieze bodemdaling in het gebied is niet bekend. Er is gebruik gemaakt van gegevens van de Klimaat-effectatlas en Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten, Deltares 2021, zie p.52. Vervolgonderzoek op dit vlak is noodzakelijk (zie 7.4, Aanbevelingen, paragraaf vervolgonderzoek, p 90).

## WATEROVERLAST

### Onvoldoende capaciteit boezem

Het totale wateroppervlak van de boezem is relatief klein in relatie tot het oppervlak van de polders. Omdat ook slechts kleine marges in de waterstandsfluctuaties toelaatbaar zijn, is de bergingscapaciteit van de boezem beperkt: het boezemsysteem is in extreme situaties kwetsbaar en zit aan zijn grenzen als het gaat om de afvoer- en bergingscapaciteit bij hevige neerslag en droge periodes. Met de huidige middelen en voortgaande klimaatverandering zal gemaal

Zeeburg vaker moeten worden ingezet, dat brengt hoge kosten met zich mee.

Zeespiegelstijging leidt tot een afname van de mogelijkheden van aan- en afvoer onder vrij verval. Om het groeiende hoogteverschil te kunnen overbruggen in IJmuiden zal er blijvend geïnvesteerd moeten worden in steeds grotere pompen, of zullen vaker poldergemalen moeten worden stopgezet om de aanvoer naar de boezem te verminderen. Als geen investering worden gedaan in het boezemsysteem dan neemt de kans op wateroverlast in de polders van de regionale systemen toe.

### Toename overstromingsrisico

Het steeds dieper komen te liggen van grote oppervlakken van laag Nederland ten opzichte van de zeespiegel heeft een impact op de veiligheid tegen overstromingen. Er zijn steeds meer maatregelen nodig om aan de veiligheidsnormen te blijven voldoen en om de schade bij een overstroming te beperken.

## UITDAGINGEN WATER, BODEM, KLIMAAT

- Verminderen afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem;
- Oplossingen bieden voor droogteproblematiek;
- Duurzame oplossingen voor waterkwaliteitsknelpunten
- Terugdringen van vervuiling;
- Robuuste inrichting van zones met dezelfde functie en een eenduidige beheerstrategie, afgestemd op de ondergrond;
- Verbeteren bodemkwaliteit;
- Verminderen bodemdaling;
- Uitbreiden boezemcapaciteit;
- Uitbereiding berging in poldersystemen;
- Uitbreiden waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding.





# 4. KENMERKEN EN OPGAVEN

## NATUUR, LANDBOUW, VERSTEDELIJKING

In het gebied van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek zijn grond- en oppervlaktewater, inrichting en functies sterk met elkaar verbonden. Voor de functies natuur, landbouw en verstedelijking (inclusief recreatie) worden in dit hoofdstuk de belangrijkste kenmerken en opgaven toegelicht.

### 4.1.1 KENMERKEN NATUUR

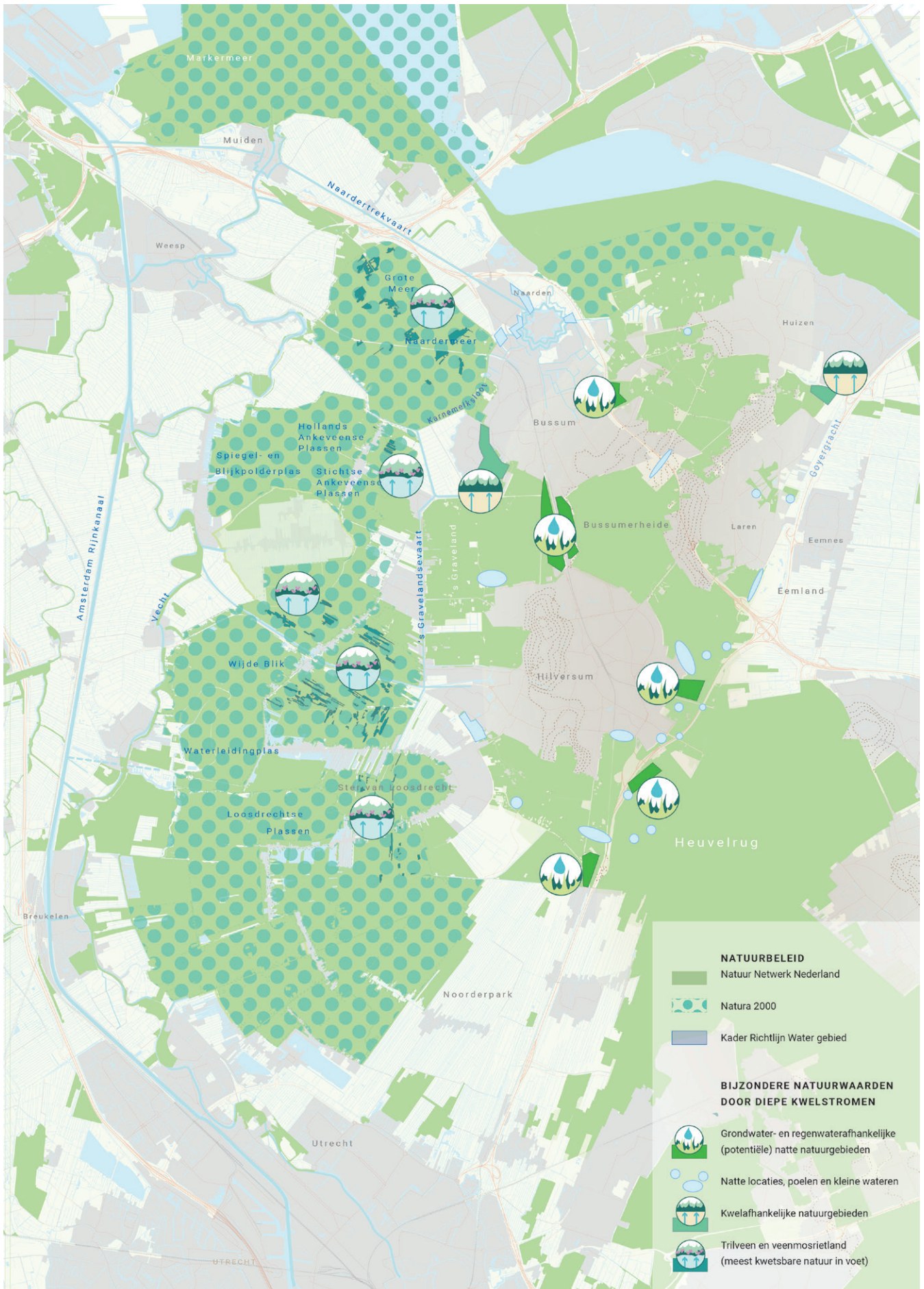
De Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek is rijk aan gradiënten en milieutypen. De bijzondere kwaliteit van uittredend kwelwater leidt tot natuur die zeldzaam is in Europa: de verschillende stadia van mesotrofe (matig voedselrijke) verlanding van laagveenmoerassen. Het gaat slecht met deze en andere natuurwaarden. De biodiversiteit in de regio staat zwaar onder druk als gevolg van verdroging, hogere temperaturen, vermesting en verzuring en ook recreatie. Door klimaatverandering en bevolkingsgroei zullen de problemen (als er niet wordt ingegrepen) versterken.

De Gooise natuurgebieden op de stuwwal worden gekenmerkt door heide en bos van arme zandgrond. De hoger gelegen natuur op het plateau is grotendeels grondwateronafhankelijk. De bossen van het Gooi bestaan voor een groot deel uit dennen-, eiken-, of beukenbos. Verder liggen er vennen, stuifzand en zanderijen. De natuur is verweven met wonen en recreatie. De combinatie van de naald- en loofbossen met het afwisselende groen in villawijken zorgt voor een relatief grote soortenrijkdom. Langs de randen van het Gooi, aan de flanken, neemt de variatie in bodem en vochtgehalte toe en verandert de samenstel-

ling van flora en fauna. De zanderijvaarten bij 's Graveland en voormalige zandaufgravingen worden gevoed door schoon kwelwater uit de omringende hoge zandgronden en kennen daardoor een bijzondere flora en fauna. De veenplassen liggen tussen de stuwwal, de Vecht en de Vechtpolders. Bijzonder zijn de diverse ontwikkelingsstadia van mesotrofe verlanding, van moeras via trilveen, veenmosrietlanden en moerasheide naar veenbos. Door deze afwisseling van successtadia van het laagveenmoeras komen er veel bijzondere plantensoorten voor. Daarnaast biedt het natuurtype leefruimte aan vissen, amfibieën, diverse insecten waaronder libellen, water- en moerasvogels en zoogdieren. In de Oostelijke vechtplassen loopt van noord naar zuid een gradiënt van meer gesloten bosgebied naar meer open landschap met grasland, trilveen en rietland, terwijl van west naar oost een gradiënt is te zien van afnemend veen en toenemende kwel. Eemland is een belangrijk weidevogelgebied.

### BESCHERMING

In het gebied van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek bestaat een bijzondere relatie met de natuur: het Naardermeer is het eerste Natuurmonument van Nederland. De natuur van het Naardermeer en de Oostelijke Vechtplassen is bijzonder op Europese schaal want vanwege de ligging naast de Gooise en Utrechtse Heuvelrug is er veel toestroom van grondwater. Natura 2000 wordt beschermd door de Europese Vogelrichtlijn (1979) en Habitatrictlijn (1992). Voor elk Natura 2000-gebied is een beheerplan opgesteld, waarin wordt bepaald welk beheer en welke aanvullende maatregelen nodig zijn om de Natura 2000-doelen te behalen.



Overzichtskaart met aanduiding van Natura 2000-gebieden en NNN gebieden en kwelwaterafhankelijke natuur.

Op hoofdlijnen vallen de plassen binnen het projectgebied onder Natura 2000. Belangrijke Natura 2000-doelstellingen voor de Oostelijke Vechtplassen en het Naardermeer zijn:

- Alle successiestadia in de mesotrofe laagveenverlandingsruimte en tijd vertegenwoordigd;
- Herstel van het mozaïek van verlandingsstadia van open water tot moerasbos en gradienten in watertypen;
- Herstel van grote oppervlakten/brede zones overjarig riet, inclusief waterriet, en verbeteren condities voor rietmoerasvogels door tegengaan van verdroging/ herstel van natuurlijke peildynamiek.

De gebieden die vallen onder Natuurnetwerk Nederland (NNN) zijn beschermd via de provinciale ruimtelijke verordening. Op hoofdlijnen vallen de bossen en heiden en vennetjes op de hogere zandgronden onder NNN. In veel gebieden zal NNN worden uitgebreid in de komende jaren. De veenweiden worden grotendeels niet beschermd, wel liggen hier een paar weidevogelgebieden. De Kaderrichtlijn Water heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. Een groot deel van het boezemsysteem en het plasseengebied zijn aangewezen als KRW-lichaam maar ook de overige wateren vallen onder deze bescherming.

## 4.1.2 OPGAVEN NATUUR

### VERDROGING, VERZURING EN VERMESTING NATUUR OP DE HEUVELRUG

Stikstofdepositie leidt tot onnatuurlijke verhoudingen van voedingsstoffen in de bodem. Met name de zandige, arme bodem is kwetsbaar voor verontreinigingen. Door een andere beschikbaarheid van chemische elementen maken bomen in hun bladeren andere aminozuren (de bouwstenen voor eiwitten) aan. De veranderde beschikbaarheid van aminozuren werkt in de hele voedselketen door, van sterk afgenomen rupsenpopulaties, jonge vogels met gebroken botten door mineralengebrek tot uitgemergelde sperwers als gevolg van een tekort aan eiwitten

(Arnold van den Burg). De hogere zandgronden vallen niet onder de bescherming van Natura 2000: stikstofdepositie is volgens gebiedskundigen een groot probleem maar krijgt in vergelijking met stikstofgerelateerde problemen in Natura 2000-gebieden zeer weinig aandacht. Daarnaast is de grondwaterafhankelijke natuur gevoelig voor toenemende verdroging. Aanvoer van gebiedsvreemd water is door de hoge ligging niet mogelijk. Op de rug is de vegetatie afhankelijk van regenval: langdurig gebrek aan regen leidt nu al tot droogteproblemen in de natuur op het plateau, die als gevolg van klimaatverandering in de maatgevende droge perioden toenemen.

### VERDROGING, VERZURING EN VERMESTING GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR OP DE FLANKEN

De grondwaterafhankelijke natuur op de flanken van de Heuvelrug is zeer kwetsbaar voor de gevolgen van verdroging, vermesting, en verzuring door o.a. stikstofdepositie: nog meer dan de hoger gelegen grondwaterafhankelijke natuur. Omdat deze natuur afhankelijk is van de zoetwateraanvoer via het grondwater kan een (tijdelijke) daling van de grondwaterstand leiden tot onomkeerbare schade. In langdurig droge perioden zakt hier de grondwaterstand diep uit en raakt uiteindelijk buiten het bereik van de vegetatie.

### VERSNIPPERING VAN PEILVAKKEN EN ISOLATIE: NIET ROBUUST

Doordat aan de flanken en de voet van de Heuvelrug de functies wonen/ landbouw en natuur vanuit waterhuishoudkundig oogpunt (en ook aspecten zoals vervuiling en verstoring) op veel locaties te dicht bij elkaar liggen is het lastig om de waterstand en voor de verschillende functies te optimaliseren en de eisen m.b.t. waterkwaliteit op orde te houden. Het isoleren van kleine gebieden is kwetsbaar en bovendien een kostbare aangelegenheid. Om voedselrijk water met een hoge concentratie sulfaat en fosfaat buiten te houden, is in sommige gebieden gekozen om laagvenen hydrologisch te isoleren. Dit betekent echter dat er een regenwater gedomineerd sys-

teem ontstaat, waarbij weinig calcium via kwel het systeem binnenkomt. Dit leidt tot een te lage buffercapaciteit, waardoor basenrijke vegetaties kunnen verdwijnen.

#### **VERDROGING, VERZURING EN VERMESTING IN DE VEENPOLDERS EN -PLASSEN**

Verdroging, vermesting en verzuring leiden tot sterke achteruitgang van de biodiversiteit in de Natura 2000-gebieden Naardermeer en Oostelijke Vechtplassen. De waterkwaliteit en daarmee de aquatische natuur staan in de huidige situatie onder grote druk: in het grootste deel van het plangebied wordt niet voldaan aan de KRW-doelen. In het oppervlaktewater van de Oostelijke Vechtplassen en het Naardermeer is sprake van te hoge nutriëntenbelasting (sulfaat, chloride, fosfaat). In de Vechtplassen zijn slechts op enkele plaatsen de oorspronkelijke, voedselarme condities in stand gebleven, zoals in de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven en Westbroekse zodden, waar nog kwelwater vanaf de Utrechtse Heuvelrug toestroomt.

Verdroging, vermesting en verzuring hebben verschillende, samenhangende oorzaken. Grondwaterstands daling en te lage peilen kunnen leiden tot grote natuurschade in de lagere, oorspronkelijk nattere gebieden. Het is in feite kiezen tussen twee kwaden: planten laten verdrogen of gebiedsvreemd water inlaten, waarbij concessies met betrekking tot waterkwaliteit noodzakelijk blijken (Ontwerp Waterbeheerprogramma Amstel, Gooi en Vecht 2022-2027, AGV 2021). Daar komt nog bij dat de beschikbaarheid van inlaatwater in de toekomst onzeker is. Een belangrijke oorzaak van vermesting en verzuring is stikstofdepositie, afkomstig uit de landbouw (55-59%), verkeer (14-17%), industrie (5-6%) en huishoudens (13%). Daarnaast speelt veenoxidatie een rol. Hierbij komen grote hoeveelheden nutriënten (nitraat, fosfaat) vrij die leiden tot vermesting van bodem en oppervlaktewater. Dit proces wordt nog versterkt door de inlaat van gebiedsvreemd water in droge zomers. Door wegzijging van water naar intensief ontwaterde landbouwgronden treedt verdroging van de natuurgebieden op. Chloride en sulfaat die aanwezig zijn in inlaatwater versnellen de veenafbraak

in onderwaterbodems en -oeveren. Ook telt de vermindering van de bufferwerking van kalkrijke en ijzerrijke kwel uit het Gooi mee. Deze kwel is een effectieve buffer tegen vermesting en verzuring door verhoging van de PH door kalk en vastlegging van fosfaat door ijzer. Door afstroming naar diepe locaties zoals de Horstermeerpolder, Bethunepolder en de Hilversumse Haven, Tienhovenskanaal en grondwaterwinningen zijn deze kwelstromen de afgelopen decennia sterk verminderd.

#### **ECOLOGISCHE VERARMING AGRARISCH GEBIED**

Het agrarisch gebied is de laatste decennia ecologisch verarmd door o.a. schaalvergroting, intensieve landbouwmethoden en het verdwijnen van kleinschalige landschapselementen. Insecten, vogels en kleine fauna zijn nauwelijks meer aanwezig.

#### **VERSTORING DOOR RECREATIE**

Uit het rapport 'Verstoring van vogels door recreatie' blijkt dat recreatie in de natuur gevolgen heeft voor het aantal vogels, het broedsucces en de leefbaarheid van een natuurgebied. Niet alle soorten zijn even gevoelig zijn voor verstoring; niet alle recreatie is even verstorend. Heidevelden en bossen blijken kwetsbaar (bron: Verstoring van vogels door recreatie, Vogelbescherming, 2023).

#### **HAALBAARHEID/ TOEKOMSTBESTENDIGHEID MAATREGELEN NATURA 2000 EN KRW ONZEKER**

Tot op heden wordt nog niet voldaan aan internationale verplichtingen om doelen voor natuur en ecologische kwaliteit van water (zoals Natura-2000 en Kaderrichtlijn Water, KRW) te halen. Doordat nieuwvorming van successiestadia van de mesotrofe verlanding nauwelijks optreedt, zijn de begin- en eindstadia van de mesotrofe verlanding (open water en hoog- en laagveenbos) oververtegenwoordigd. Er worden momenteel veel maatregelen uitgevoerd in de gebieden en er staan ook nog steeds veel gepland in Natura 2000-beheerplannen.

Die maatregelen zijn veelal interne maatregelen die weliswaar noodzakelijk zijn, maar niet perse bijdragen aan daadwerkelijk systeemherstel. Het is daarnaast de vraag of de interne maatregelen op zichzelf voldoende effectief zijn om de natuurdoelen te halen, zeker gelet op de verdere toekomst.

#### TOENAME EXOTEN

Door verdere opwarming worden steeds meer exotische plant- en diersoorten in het watersysteem aangetroffen die schade kunnen aanrichten aan het ecosysteem.

#### UITDAGINGEN NATUUR

- Goede systeemwerking bodem en water, als duurzame basis voor natuurherstel: wat betreft waterkwaliteit en waterkwantiteit;
- Grotere aaneengesloten arealen en goede verbindingen;
- Inrichting bufferzones met hoger waterpeil en lage nutriëntenbelasting rondom natuur;
- Sterke reductie van de stikstofdepositie;
- Vergroten sponswerking bodem en geleidelijke transitie naar klimaatbestendige soorten door gedeeltelijke verloofing op de Heuvelrug;
- Vergroten ecologische dooradering landbouwgebied (bv kruidenrijke oevers, landschapselementen);
- Aandacht voor continuïteit en de lange termijn bij maatregelen voor natuur.



De laagveenmoerassen in de veenpolders en veenplassen zijn kwetsbaar voor verdroging en eutrofiëring.

Beeld: Beeldenbank RGV

### 4.2.1 KENMERKEN LANDBOUW

In het Gooi is nog maar weinig landbouw aanwezig. Het grootste agrarisch gebied van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek ligt tegenwoordig in de Vechtstreek maar ook in de polders Maarsseveen Westbroek en Achttienhoven in het Noorderpark is nog veel agrarische activiteit. De landbouwsector is eigenaar en beheerder van het karakteristieke open landschap, draagt bij aan de landelijke voedselvoorziening en is van belang als drager van cultuurhistorie. De resterende historische akkers (engen) en graslanden (meenten) zijn van hoge cultuurhistorische en belevingswaarde, met potentie voor agrarisch natuurbeheer.

### 4.2.2 OPGAVEN LANDBOUW

#### NEGATIEVE IMPACT OP NATUUR

De landbouw heeft een te grote negatieve impact op natuur, door stikstofuitstoot, bestrijdingsmiddelen en diepe ontwatering van landbouwpercelen. Ook de natuurwaarde van landbouwpercelen zelf is de afgelopen decennia door schaalvergroting, intensieve landbouwmethoden en verdwijnen van kleinschalige landschapselementen sterk achteruitgegaan.

#### BODEMDALING DOOR ONTWATERING

De ontwatering van landbouwpercelen zorgt voor versnelde oxidatie van veen. Als het maaiveld daalt terwijl het waterpeil gelijk blijft, wordt het perceel steeds natter en daardoor minder geschikt voor landbouw. Verlagen van het waterpeil zou bodemdaling versterken.

#### ONZEKERHEID BESCHIKBAARHEID INLAATWATER IN DE TOEKOMST

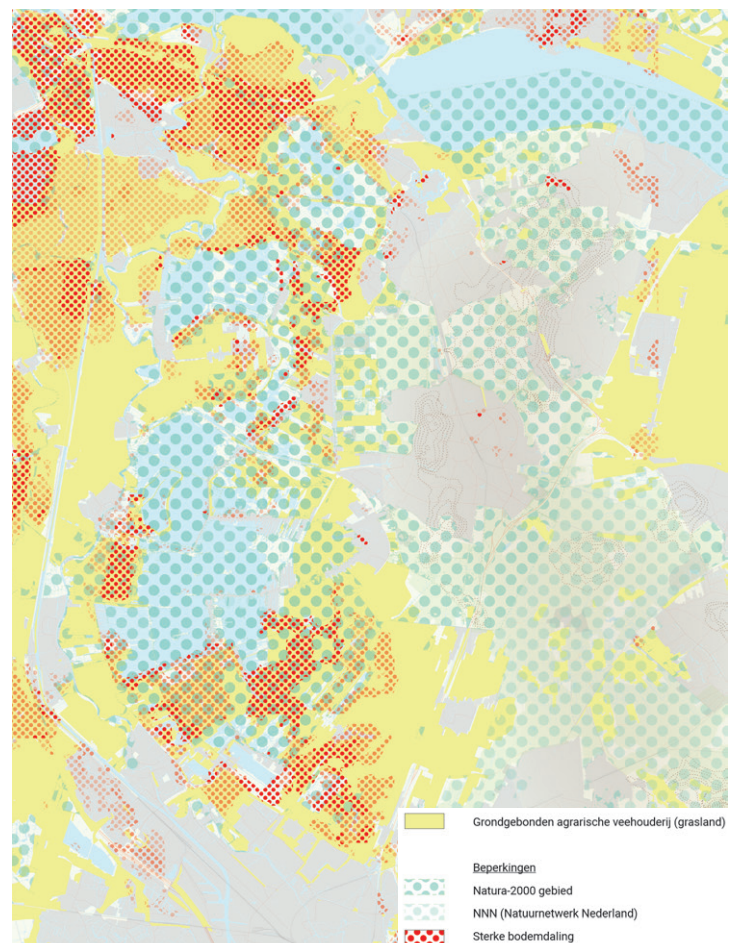
In de toekomst zal watertekort ook voor de landbouw grote schadelijke gevolgen hebben.

#### GEBREK AAN TOEKOMSTPERSPECTIEF

Het is voor agrariërs moeilijk om natuurvriendelijk te produceren met de prijzen die zij voor hun product ontvangen.

#### UITDAGINGEN LANDBOUWTRANSITIE

De rijksoverheid pleit voor een transitie van zo efficiënt mogelijke voedselproductie tegen zo laag mogelijke kosten naar voedselproductie met positieve effecten op natuur, milieu en klimaat, met behoud van voldoende inkomen voor de agrariër. We moeten toe naar natuur- en waterinclusieve landbouw: o.a. door middel van hogere waterpeilen, kleinschalige dooradering met landschapselementen, verminderen uitstoot schadelijke stoffen, minder dieren op een groter stuk grond. Het bieden van een duurzaam economisch perspectief met aandacht voor continuïteit en de lange termijn (bv. reële prijzen voor producten, vermarkten bijdragen aan water en natuur/ groenblauwe diensten), verbrede bedrijfsvoering, andere gewassen, voldoende areaal etc. is essentieel.



Overzichtkaart landbouw, bodemdalingsgebieden en natuur.

### 4.3.1 KENMERKEN VERSTEDELIJKING EN RECREATIE

De strategische ligging tussen de steden Amsterdam en Utrecht heeft een grote invloed gehad op de verstedelijking in de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek. Het Gooi is aantrekkelijk voor forensen. Er liggen diverse villawijken, vaak in het groen. In de jaren '70 breidden de kernen op de rug sterk uit en kwamen grote bedrijventerreinen tot ontwikkeling. In de Vechtstreek ging de verstedelijking minder snel maar ook hier is de oorspronkelijke lintbebouwing sterk verdicht. Het gebied heeft veel doorsnijdingen met snelwegen en provinciale wegen. Volgens de provinciale Monitor woningbouw is er behoefte aan ruim 12.000 nieuwe woningen tot 2040. De regio kan er ook voor kiezen om in te spelen op een bovenregionale vraag en meer te bouwen. De nabijheid en de goede bereikbaarheid vanuit de steden en rijke afwisseling van landschapstypen en cultuurhistorische structuren maakt de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek aantrekkelijk voor recreanten.

### 4.3.2 OPGAVEN VERSTEDELIJKING

#### INPASSEN VERSTEDELIJKINGSOPGAVE

Tot 2040 is behoefte aan ruim 12.000 woningen in de regio Gooi-Vechtstreek.

#### GROEIENDE RECREATIEDRUK OP GESPANNEN VOET MET NATUUR

Recreanten hebben invloed op natuur. Met de bevolkingsgroei zal ook de behoefte aan recreatie toenemen, in een toch al drukbezocht gebied.

#### SCHADE BEBOUWDE OMGEVING DOOR BODEMDALING + GRONDWATERFLUCTUATIES

Grondwater kan tijdens droogte en hittegolven te ver uitzakken en schade opleveren aan (stedelijke) infrastructuur, kabels en leidingen en objecten door verzakking van de bodem en droogvallen van houten funderingen. In veengebieden is er een risico voor gebouwen die op houten palen staan: deze kunnen gaan rotten

als ze droog komen te staan. Ondiepe funderingen kunnen scheefzakken. Aan de andere kant kunnen hogere (tijdelijke) grondwaterstanden, als gevolg van eventuele maatregelen of een mogelijk toenemend neerslagoverschot in de winter, wateroverlast veroorzaken voor bestaande bebouwing. Tuinen en niet onderheide wegen en leidingen kunnen zakken. Ongelijke bodemdaling leidt dat tot breuken in infrastructuur en huizen die steeds hoger boven de tuinen uitsteken. Met het verdwijnen van het veen, verdwijnt ook langzaam de noodzakelijke minimale gronddekking van grote gas-, drinkwater- en transportleidingen, waardoor ze kwetsbaarder worden.

#### STEDELIJKE HITTESTRESS

Langdurige droogte en hittegolven leiden tot stedelijke hittestress, met watertekorten en verdroging van het (stedelijk) groen als gevolg. Hierdoor neemt de kans op gezondheidsrisico's toe. Omdat begroeiing verkoelend werkt, wordt het steeds belangrijker om regenwater vast te houden voor het koelen van de stad.

#### WATEROVERLAST

Extreme neerslag kan leiden tot lokale wateroverlast in stedelijk gebied. Water op straat of een te hoge grondwaterstand leidt tot problemen, bijvoorbeeld door ondergelopen kelders of door optrekkend vocht in buitenmuren.

#### SLECHTERE ZWEMWATERKWALITEIT

De zwemwaterkwaliteit is in de toekomst steeds vaker beneden maats door algenbloei.

#### UITDAGINGEN STEDELIJKE FUNCTIES

- **Duurzaam inpassen verstedelijkingsopgave**  
De vraag is waar en hoe, deze woningen het beste gerealiseerd kunnen worden, met oog op water/ bodem/ klimaat en natuur;
- **Zonering van recreatiestromen;**
- **Anticiperen op effecten grondwaterstandsfluctuaties en hogere waterstanden bij stedelijke functies;**
- **Vergroten sponswerking van de stad;**
- **Belang recreatie meewegen bij waterkwaliteitsvraagstukken.**





De rijke afwisseling van landschapstypen maakt de Regio Gooi en Vechtstreek aantrekkelijk voor recreatie en als vestigingsmilieu. De Veenplassen zijn aantrekkelijk maar ook zeer kwetsbaar als woonmilieu. Beeld: Beeldenbank RGV

# 5. ONDERZOEK BOUWSTENEN EN EFFECTIVITEIT

Voor het ontwerpend onderzoek zijn de impact van autonome ontwikkelingen en de effecten van verschillende potentiële bouwstenen onderzocht. Om een inschatting te maken van de effecten op het grondwatersysteem is gebruik gemaakt van modelanalyses van het grondwatersysteem. De effecten van potentiële bouwstenen op het oppervlaktesysteem zijn in dit project niet kwantitatief onderzocht vanwege de complexiteit. De wisselwerking met het oppervlaktewater (bv. effecten op waterkwaliteit, waterkwaliteit en bodem) is in deze studie ingeschat op basis van literatuur, opgehaalde kennis tijdens de verschillende werksessies en eenvoudige modelanalyses.

## 5.1 ANALYSES GRONDWATERMODEL

In Hoofdstuk 2 is de werking van het huidige grondwatersysteem beschreven aan de hand van literatuur en het Triwaco grondwatermodel. Op pagina 24 wordt de onderzoeksmethode omschreven. Deze paragraaf geeft een beknopte analyse van het effect van autonome ontwikkelingen en de impact van bouwstenen op het huidige grondwatersysteem. De uitgebreide analyse met technische achtergrond is gerapporteerd in de bijlage. De modelberekeningen zijn niet bedoeld als realistische doorrekening van de verschillende toekomstbeelden. Het doel is om inzicht te verschaffen in de relatieve impact van potentiële bouwstenen. Extreme maatregelen zijn doorgerekend om de hoekpunten van het invloedsveld te beschouwen.

Er zijn 17 modelberekeningen uitgevoerd, die onderverdeeld kunnen worden in 4 categorieën:

### I. AUTONOME ONTWIKKELINGEN

1. Invloed klimaatverandering 2100 op grondwateraanvulling (o.b.v. GL KNMI '14);
2. Maximale bodemdaling 2100;
3. Minimale bodemdaling 2100;

### II. VERHOGEN INFILTRATIE HEUVELRUG

4. Afkoppelen: Alle bestaande verharding op de Heuvelrug wordt 100% waterdoorlatend;
5. Verloofing: Alle naaldbossen en gemengde bossen vervangen door 100% loofbos;
6. Boskap: Alle bossen vervangen door 50% zandverstuiving en 50% gras;

### III. GRONDWATERWINNINGEN

7. Alle winningen op 't Gooi uit (Huizen, Laren en Laarderhoogt; interceptiewinning Laren blijft t.b.v. de verontreinigingspluim);
8. Alle winningen in het plasseengebied uit (Groenekan en Nieuw-Loosdrecht);
9. Combinatie van modelberekening 7 en 8;
10. Als modelberekening 9, aangevuld met stoppen van Beerschoten, Soestduinen en Bilthoven;
11. 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar kunstmatige infiltratie op de winningen op 't Gooi (Huizen, Laren, Laarderhoogt), hier vindt dus geen winning meer plaats;
12. Alle winningen in het gebied: +50% extra onttrekking;

### VI. PEILANPASSINGEN

13. Bethunepolder onderwater zetten;
14. Horstermeerpolder onder water zetten;

15. Bethunepolder en Horstermeerpolder beide onder water zetten;
16. Alle polderpeilen naar plasdras;
17. Opheffen drainerende werking Hilversums Kanaal/ Hilversumse Haven.

### 5.1.1 AUTONOME ONTWIKKELING

Er zijn drie modelberekeningen uitgevoerd om het effect van de autonome ontwikkelingen op het grondwatersysteem in kaart te brengen. Hierbij is uitgegaan van één klimaatscenario en twee bodemdalingsscenario's: minimaal en maximaal.

#### MODELBEREKENING 1: INVLOED KLIMAATVERANDERING OP GRONDWATERAANVULLING

Voor de interpretatie van de onderzoeken met betrekking tot het grondwater is het van belang een idee te krijgen over hoe klimaatverandering de gemiddelde grondwateriaanvulling kan beïnvloeden. Hiervoor is het noodzakelijk om te weten hoe het neerslagoverschot verandert door klimaatverandering. De verandering van het neerslagoverschot in 2100 is ingeschat op basis van KNMI '14 klimaatscenario's. De gemiddelde jaarlijkse neerslag- en verdampingssommen voor 2050 en 2085 zijn lineair doorgetrokken tot 2100. De tabel geeft de toename in het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot per klimaatscenario voor 2100 weer. De effecten van klimaatverandering op de toename van het jaarlijkse neerslagoverschot variëren van slechts 1.3% tot 11.4%. De meest extreme variant is doorgerekend (GL).

Het KNMI'14 GL klimaatscenario voor 2100 zorgt voor een toename van het jaargemiddelde neerslagoverschot. De berekende grondwaterstanden op de Heuvelrug nemen hierdoor toe met enkele centimeters op de hogere delen van de flank tot maximaal 40 cm boven op de Heuvelrug.

Op de lagere flank en in het Vecht- en plasseengebied heeft het klimaatscenario geen significante impact op de gemiddelde grondwaterstanden doordat hier actief peilbeheer plaatsvindt. Het extra neerslagoverschot leidt tot meer drainage naar het oppervlaktewater en wordt afgevoerd. Het water dat extra infiltreert op de Heuvelrug treedt als kwel uit op de flank. De kwelflux neemt toe in een dunne strook op de flank, daar waar de drainagebasis van de eerste watergangen snijdt met de grondwaterstand (bv de Nieuwe Hilversumse haven, het Tienhovens Kanaal en de noordoostelijke peilvakken in Muyevelde). De ondergrondse afstroming van grondwater naar de flank van het Vechtplassen-gebied neemt jaargemiddeld toe met ongeveer 1.2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Bij deze aanpak moeten een aantal kanttekeningen worden geplaatst:

- Er is een hoge mate van onzekerheid m.b.t. de daadwerkelijke effecten van klimaatverandering. In het najaar van 2023 worden nieuwe scenario's van het KNMI verwacht. Daar is ook een variant bij waarbij het neerslagoverschot jaarrond niet toeneemt;
- Ruimtelijke verschillen per gebied zijn niet meegenomen: in gebieden waar in de huidige situatie weinig verdamping plaatsvindt, bijvoorbeeld door de diepe grondwaterstand op de Heuvelrug, zal de verdampingstoename in werkelijkheid minder groot zijn en het neerslagoverschot daarmee dus groter;

Scenario	Huidig (1980-2010)	GL-2100	GH-2100	WL-2100	WH-2100
Neerslag (mm/jaar)	851	897 (+5.4%)	903 (+6.1%)	916 (+7.6%)	918 (+7.9%)
Verdamping (mm/jaar)	559	572 (+2.3%)	591 (+5.7%)	597 (+6.9%)	622 (+11.3%)
Neerslagoverschot (mm/jaar)	292	325 (+11.4%)	312 (+6.8%)	319 (9.1%)	296 (+1.3%)

Neerslag, verdamping en neerslagoverschot voor verschillende KNMI-toekomstbeelden in 2100. De percentages geven de verandering ten opzichte van het referentieklimaat weer (1980-2010).

- In werkelijkheid spelen tijdsafhankelijke effecten een grote rol, aangezien de extremen (hoge en lage grondwaterstanden) bepalend zijn voor de effecten op bijvoorbeeld natuur en stedelijke bebouwing. Als gevolg van klimaatverandering lijken de extremen toe te nemen (zomers droger, winters natter) waardoor de effecten op GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) significant groter kunnen zijn dan de effecten op de GG (Gemiddelde Grondwaterstand). Naar verwachting wordt de GHG hoger en de GLG lager: de dynamiek van de grondwaterstanden kan dus significant groter worden terwijl de gemiddelde grondwaterstand (GG) niet significant verandert.

### MODELBEREKENING 2+3: BODEMDALING

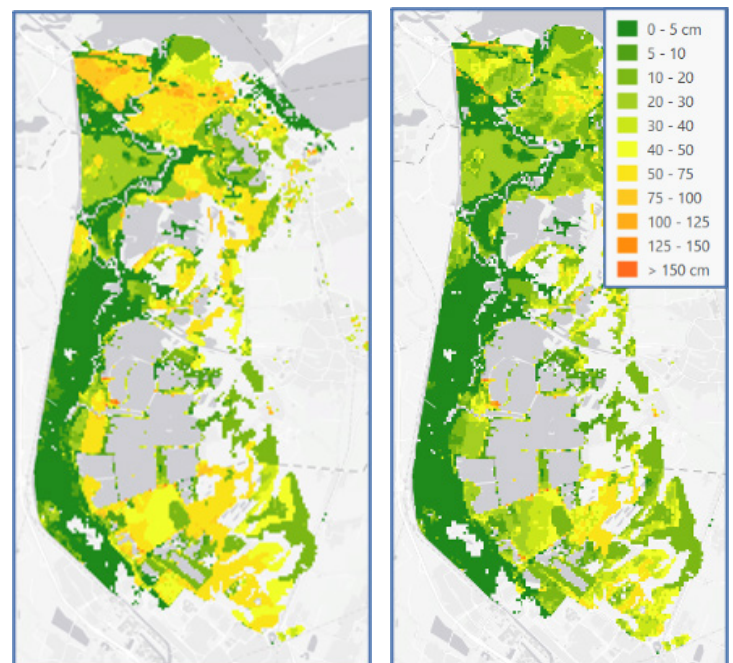
De impact van bodemdaling is onderzocht aan de hand van twee bodemdalingsscenario's voor het jaar 2100 (Actualisatie bodemdalingvoorspellingskaarten, Deltares 2021):

**1. Sterke bodemdaling:** sterke klimaatopwarming (WH KNMI'14) in combinatie met voortzetting van het huidig peilbeleid, waarbij oppervlaktewaterpeilen regelmatig worden verlaagd om opgetreden bodemdaling te compenseren (indexatie) om daarmee de huidige drooglegging (het verschil tussen maaiveldhoogte en slootwaterpeil) naar de toekomst te blijven handhaven. In het grondwatermodel is dit opgenomen door zowel het maaiveld als de polderpeilen te verlagen.

**2. Milde bodemdaling:** beperkte klimaatverandering (GL KNMI'14) in combinatie met oppervlaktewaterpeilfixatie om bodemdaling te mitigeren; het oppervlaktewaterpeil wordt hierin gehandhaafd op het startpeil van 2020. In het grondwatermodel is dit opgenomen door enkel het maaiveld te verlagen. De impact van bodemdaling wordt in grote mate bepaald door de manier waarop hier met het peilbeheer op wordt gereageerd. Wanneer de waterpeilen mee zakken, zoals in de modelberekening van sterke bodemdaling, dan verlaagt de drainagebasis op de snel dalende locaties, wat leidt tot meer drainage en kwel, terwijl op langzaam/niet dalende

locaties juist de infiltratie en wegzijging zullen toenemen. In de waterbalans is te zien dat zowel infiltratie als drainage toenemen: er ontstaat hierdoor een nog verder versnipperd grondwatersysteem. Als het peil gelijk blijft, zoals in de modelberekening bij milde bodemdaling, dan blijven de drainage- en infiltratiebasis in de lagergelegen veengebieden met een intensief ontwateringsysteem hetzelfde. De grondwaterstroming verandert hierdoor nauwelijks maar de ontwateringsdiepte en drooglegging nemen op den duur drastisch af. Het wordt hierdoor natter: dat heeft grote gevolgen voor huidige functies en de buffercapaciteit van het oppervlaktewaterstelsel tijdens extreme neerslag.

*NB Vanwege peilbesluiten die al jaren niet zijn aangepast leeft de indruk dat de werkelijke bodemdalingssnelheid minder extreem is dan op de kaart van Deltares wordt gepresenteerd. Om de noodzaak van maatregelen tegen bodemdaling te kunnen onderbouwen moet eerst een beter inzicht verkregen worden in de werkelijke bodemdalingssnelheden en prognoses.*



Bodemdalingskaart 2020-2100 Hoog (links) en Bodemdalingsskaart 2020-2100 Laag (rechts), op basis van Actualisatie bodemdalingvoorspellingskaarten, Deltares 2021

### 5.1.2 INFILTRATIE OP DE HEUVELRUG

De bouwstenen die in deze paragraaf staan beschreven hebben als doel om de grondwateraanvulling op de Heuvelrug te vergroten. Dat kan op twee manieren: vermindering van de (oppervlakkige) afvoer van neerslag of vermindering van verdamping door evapotranspiratie.

#### MODELBEREKENING 4: AFKOPPELEN

Bij de berekeningen voor het afkoppelen van regenwater in stedelijk gebied is ervanuit gegaan dat elke druppel die valt op verharding op de Heuvelrug ter plekke zal infiltreren. De manier waarop verharding is geparameteriseerd (hoeveel infiltratie vindt er plaats op verharding) is zeer bepalend voor de uiteindelijke grondwateraanvulling.

Vanwege het grote areaal stedelijk gebied op de Heuvelrug is de potentiële impact van de bouwsteen afkoppelen groot: de gemiddelde grondwateraanvulling in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug neemt toe met ruim 15 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (of ~0.51 mm/d). Dit grondwater stroomt ondergronds af naar de flank waar het over de gehele breedte van de flank zorgt voor een toegenomen kwelflux, of afgenomen infiltratieflux (bijvoorbeeld in de 's Gravelandse Polder). Een belangrijke conclusie is dat de impact op kwelfluxen beperkt blijft tot de flank (niet verder westwaarts dan Kortenhoef in polder Kortenhoef, en de Ster (noord en zuid) in Muyevelde). De kwelfluxen in het Vechtplassengebied veranderen niet significant.

#### MODELBEREKENING 5+6: VERLOOFING EN BOSKAP

Door aanpassingen aan de vegetatie op de Heuvelrug kan de actuele verdamping verlaagd worden. Bij modelberekening 5/ verloofing is 100% van het naaldbos vervangen door loofbos. Bij modelberekening 6/ boskap zijn alle bossen (naald/loof/gemengd) vervangen door 50% grasland en 50% zandverstuivingsgebied. Ook verloofing en boskap op de Heuvelrug leiden tot toegenomen grondwaterstanden op de

Heuvelrug: het water dat extra infiltreert op de rug treedt uit op de flank. Maar de effectiviteit en ruimtelijke impact verschillen. Verloofing heeft relatief weinig impact: de gemiddelde grondwateraanvulling in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug neemt slechts toe met ongeveer 0.6 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.02 mm/d). Boskap resulteert in een extra grondwateraanvulling van 3.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.12 mm/d) in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug. De impact van boskap en verloofing op het Utrechtse deel van de Heuvelrug dat binnen het onderzoeksgebied valt is groter (voor boskap 8.9 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) doordat in dit deel van het onderzoeksgebied meer bos en minder stedelijk gebied voorkomt.

NB: deze berekeningen zijn een theoretische exercitie: sectoraal ingestoken. Uiteraard is uiteindelijk de integrale benadering van plus- en minpunten essentieel (bv biodiversiteit, recreatie, opname CO<sub>2</sub>, zuurstofproductie etc.).

### 5.1.3 ONTTREKKEN DRINKWATER

De hieronder beschreven bouwstenen hebben allemaal betrekking op de hoeveelheid grondwater die via putten wordt onttrokken of geïnfiltreerd.

#### MODELBEREKENING 7 T/M 10: UITZETTEN GRONDWATERWINNINGEN

In modelsommen 7 t/m 10 zijn verschillende (combinaties van) winvelden volledig uitgezet. De interceptiewinning Laren is niet meegenomen in deze bouwstenen aangezien deze noodzakelijk is om de verontreinigingspluim te beheeren en beheersen.

De afname van grondwateronttrekking (modelsommen 7 t/m 10) resulteert in stijgende grondwaterstanden. Daar waar de grondwaterstanden diep liggen ten opzichte van maaiveld en de afstand tot drainerende watergangen groot is (bijvoorbeeld winningen Huizen, Laren en Laarderhoogt uit modelsom 7) stijgt de grondwaterstand aanzienlijk alvorens een nieuwe jaargemiddelde evenwichtssituatie wordt bereikt.

Daar waar de onttrekkingen dicht bij drainerende watergangen zijn gelegen (bijvoorbeeld winningen Groenekan en Nieuw-Loosdrecht) is de grondwaterstandstijging beperkter. De afname van grondwateronttrekking leidt tot een toename van de kwelflux, voornamelijk op de flanken van de Heuvelrug. Bij de lagergelegen winningen (Groenekan en Nieuw-Loosdrecht) is de relatie tussen onttrekkingsreductie en kwelflux bijna 1:1. Voor de noordelijke winningen is deze efficiëntie minder omdat er ook een deel van de onttrekkingsreductie in de randmeren opkwelt (ongeveer 22 % van de 7.1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in modelberekening 7). De locatie van de winning is bepalend voor de locatie op de flank waar het water vervolgens uittreedt: de noordelijke winningen beïnvloeden de noordelijke flanken.

#### **MODELBEREKENING 11: KUNSTMATIGE INFILTRATIE**

Modelsom 11 gaat verder dan een onttrekkingstop. Hier is de impact van kunstmatige infiltratie van 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar op 3 winvelden in het Gooi onderzocht. In tegenstelling tot initiatieven die in WAAG worden onderzocht is de originele winning hier ook stopgezet (7.1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Deze bouwsteen heeft een vergelijkbare impact als onttrekkingsafname: de toename van de kwelflux is evenredig aan de netto-onttrekkingsafname. Het 'verlies' water dat kwelt in de randmeren is ongeveer 21% van de netto-infiltratietoename (7.1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar onttrekkingsreductie + 15 miljoen m<sup>3</sup>/jaar infiltratie).

#### **MODELBEREKENING 12: ALLE WINNINGEN IN HET GEBIED: +50% ONTTREKKING**

In modelberekening 12 is de impact van het vergroten van de huidige onttrekkingsdebieten met 50% onderzocht. Ook hier is het volume extra onttrokken grondwater evenredig aan de afname van de jaargemiddelde kwelfluxen. De resultaten met betrekking tot onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding komen in grote lijnen overeen met die van infiltratiemaatregelen. Er kan geconcludeerd worden dat zowel de toename in jaargemiddelde netto grondwateraanvulling als de afname van grondwateronttrekking op

de Heuvelrug leiden tot een verhoging van de grondwaterstanden op de Heuvelrug. Deze leiden op hun beurt tot een toename van de kwelflux op de flank. Afhankelijk van de sturing in het oppervlaktewatersysteem kan deze extra kwelflux worden doorgevoerd naar het plassengebied of vrijwel direct via het boezemsysteem worden afgevoerd. Wat de directe kwelfluxen betreft, zijn er in (het westelijke deel van) het Plassengebied geen noemenswaardige effecten, dit geldt voor de kwelfluxen via oppervlaktewater en binnen de percelen.

## **5.1.4 PEIL AANPASSINGEN OPPERVLAKTEWATER**

Het grondwaterregime wordt aan de voet van de Heuvelrug (in het plassen- en poldersysteem) in grote mate beïnvloed door de oppervlaktewaterstructuren. De oppervlaktewaterpeilen zijn daarmee een belangrijke stuurknop voor het functioneren van het grondwatersysteem. Deze modelanalyse beschouwt enkel de impact van (vaste) peil aanpassingen op het grondwaterregime. De implicaties van deze aanpassingen op bijvoorbeeld buffercapaciteit en wateroverlast, waterkwaliteit, en waterbeschikbaarheid worden in paragraaf 5.2 behandeld.

#### **MODELBEREKENING 13 T/M 15: PEILVERHOOGING OPPERVLAKTEWATER DIEPE DROOGMAKERIJEN**

In modelsommen 13 t/m 15 zijn de oppervlaktewaterpeilen in de Bethunepolder en/of de Horstermeerpolder verhoogd tot het omliggende waterpeil van de plas. Hiermee zijn ze feitelijk onder water gezet, ofwel volledig opgehoogd. De realisatie van grote open water plassen in de droogmakerijen leidt tot een aanzienlijke verhoging van de grondwaterstand in de omgeving. De grondwaterstand stijgt van ruim een halve meter direct naast de droogmakerijen tot 5 centimeter in een radius van 1.5 à 2.5 km rondom de droogmakerijen. De impact op de kwelkaart in het vechtplassengebied is dan ook groot:

de kwelflux in de Horstermeerpolder neemt af van ongeveer 33 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar -4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar: er vindt dus een transitie plaats van kwelgebied naar infiltratiegebied. De naastgelegen polders krijgen nu meer kwel. De wegzijging en dus de watervraag voor peilhandhaving in het omliggende gebied nemen af met ongeveer eenzelfde factor, waardoor er jaargemiddeld in de omgeving van de Horstermeer een watervraagreductie van ongeveer 33 miljoen m<sup>3</sup>/jaar gerealiseerd wordt. Eenzelfde effect geldt voor de Bethunepolder waar een kwelreductie van ongeveer 30 miljoen m<sup>3</sup>/jaar wordt berekend.

Opvallend is dat het onderwater zetten van de droogmakerijen geen significante impact heeft op de hoeveelheid toestromend grondwater vanuit de Heuvelrug. Op basis van eerder uitgevoerd onderzoek kan wel worden aangenomen dat de stroombanen vanuit de Heuvelrug verder tot in het plassenengebied zullen rijken (Horstermeer onder water? – Natuurontwikkeling en bestrijding van verdroging in Noord-Hollandse Vechtplassenengebied, van Brussel et al., 1997).

#### **MODELBEREKENING 16: ALLE POLDERPEILEN NAAR PLASDRAS**

Binnen modelsom 16 zijn alle oppervlaktewaterpeilen opgezet tot 10 cm onder maaiveld, met een maximum peil van NAP -0.40 m (aangezien dit het boezempeil is). Hierdoor ontstaat in het gehele poldersysteem een plasdras situatie. Het bestaande maaiveldverloop wordt nu dominant voor het verloop van de kwel/infiltratie.

Door peilopzet in het gehele plassenengebied wordt in feite de drainagebasis van de Heuvelrug verhoogd. De jaargemiddelde grondwaterstanden stijgen hierdoor in het gehele gebied: ook op de Heuvelrug. Er ontstaat een verschuiving van de huidige kwelzone in de richting van het plassenengebied. Ook de locatie waar water als eerste uittreedt verschuift door de stijgende grondwaterstanden naar locaties hoger op de flank. In de huidige uittreedzone neemt de kwelflux om die reden af. Op veel plekken waar de huidige ontwateringsdiepte groot is, is de relatieve peilopzet ook groot. Op die plekken neemt de kwelflux significant af of de infiltratie toe.

Door peilopzet in de reeds infiltrerende peilvakken kan de kwel in andere peilvakken toenemen. Als gevolg van grootschalige peilopzet in andere peilvakken, op de plekken waar de huidige ontwateringsdiepte reeds klein is (veelal natuurgebieden in het vechtplassenengebied) zal de kwelflux toenemen (of infiltratie afnemen).

#### **MODELBEREKENING 17: OPHEFFEN DRAINERENDE WERKING HILVERSUMS KANAAL**

In Modelsom 7 is de impact onderzocht van het verhogen/ verwijderen van de drainagebasis aan de flank, in de zone waar veel van het grondwater vanuit de Heuvelrug uittreedt. De Nieuwe Hilversumse haven en het Hilversums kanaal dienen als indicatief en representatief voorbeeld. Voor de berekening is uitgegaan van volledige demping van deze drainerende oppervlaktewaterstructuren. In de praktijk kan ook gekozen worden voor verhoging van de bodemweerstand d.m.v. een klei/bentoniet afdichting (mogelijk heeft dit gevolgen voor de watervoerendheid van het kanaal, welke dan via het oppervlaktewaterstelsel op peil gehouden moet worden).

Het stoppen of verminderen van de drainerende werking van watergangen op de flank heeft als effect dat grondwater vanuit de Heuvelrug verder in het gebied reikt en verder richting de voet uittreedt. Het dempen van de Nieuwe Hilversumse haven laat dit effect duidelijk zien: de 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.1 m<sup>3</sup>/s) die in de huidige situatie in deze watergang draineert, treedt nu uit (of vermindert de wegzijging) in de benedenstrooms gelegen polders (met name in de gebieden 's Gravelandse polder, Kortenhoef, Het Hol/Suikerpot en De Ster noord).

## CONCLUSIE GRONDWATERANALYSES

Alle maatregelen waarbij de netto grondwateraanvulling op de Heuvelrug verandert hebben vergelijkbare uitwerking:

- De grondwaterstand op de Heuvelrug neemt toe;
- De kweleffecten beperken zich tot de flankzone, rond de huidige drainagebasis van de Heuvelrug;
- Of deze toename in kwelflux een substantiële meerwaarde vormt voor de toekomstbestendigheid van de regio hangt af van o.a. waterkwaliteit van de (nieuwe) kwelfluxen, mate waarin kwellocaties worden benut voor hoogwaardige doeleinden en de wijze waarop uittredend kwelwater vervolgens kan worden benut in het polder- en plassensysteem;
- Het verminderen van de drainerende werking van watergangen op de overgang flankvoet kan ervoor zorgen dat grondwater vanuit de Heuvelrug verder in het gebied uittreedt;
- Peilopzet in drainerende peilvakken in het vechtplassengebied zorgt voor een afname van wegzijging in omliggende peilvakken en daarmee dus een afname van de watervraag voor peilhandhaving. Keerzijde is dat de (mogelijk voor dat peilvak waardevolle) kwelflux afneemt. In lagergelegen peilvakken zal de kwel vervolgens wel weer toenemen;
- Maatregelen in de diepe droogmakerijen hebben vooral impact op de omliggende gebieden, de grootte van de grondwaterflux vanaf de Heuvelrug wordt hierdoor niet beïnvloed. Wel is er een effect op de locatie waar deze diepe kwel uittreedt: deze wordt verspreid over een groter gebied;
- Vanuit een waterbalansperspectief hebben de maatregelen met betrekking tot droogmakerijen een grotere impact op de waterbalans in het vechtplassengebied dan de maatregelen op het Gooi (onttrekkingen t.b.v. drinkwaterbereiding en infiltratiemaatregelen);
- Jaarrond kan er door het onder water zetten van beide droogmakerijen ruim 62 miljoen m<sup>3</sup>/jaar worden bespaard, via alle maatregelen op de Heuvelrug (winningen NH stoppen en maximaal infiltreren door afkoppelen en vegetatietransitie) is dit ongeveer 30 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Dit zijn stationair berekende volumes, voor de maatgevende zomerperiode zullen deze volumes afwijken;
- Pas als overal het peil in het polder- en plassensysteem integraal omhoog wordt gezet wordt de huidige drainagebasis van de Heuvelrug opgeheven en verschuift de kwelzone in de richting van het plassengebied.



## 5.2 ANALYSES OPPERVLAKTEWATER

De effecten van bouwstenen op het oppervlaktewater (bijvoorbeeld op de waterkwantiteit, waterkwaliteit, de waterbeschikbaarheid voor peilhandhaving, de capaciteit van het afvoersysteem, of de ontwikkeling van de bodem) zijn moeilijk te kwantificeren, zeker voor een termijn van tientallen tot honderd jaar. Er is een groot aantal processen/ variabelen van invloed op elk aspect van het oppervlaktewater die ook onderling worden beïnvloed.

Om die reden is de effectiviteit van bouwstenen die inwerken op het oppervlaktewater in deze studie op een integrale (dat wil zeggen alle afhankelijkheden meewegend) en kwalitatieve wijze ingeschat op basis van literatuur, opgehaalde kennis tijdens de verschillende werksessies en eenvoudige analyses. De analyses worden in deze paragraaf toegelicht.

### 5.2.1 FLEXIBEL PEILBEHEER

De kans op droge periodes waarin onvoldoende gebiedsvreemd water (van voldoende kwaliteit) kan worden aangevoerd neemt richting 2100 toe, met vergaande gevolgen voor vrijwel alle functies in het projectgebied. Eén van de grootste uitdagingen is daarom de transitie naar een systeem dat in toenemende mate zelfvoorzienend is in haar zoetwaterbehoefte tijdens de zomer. In paragraaf 5.1 is beschreven welke bijdrage de verschillende stuurknoppen aan het grondwatersysteem kunnen leveren voor het verhogen van de zoetwaterbeschikbaarheid. Omdat deze bijdrage in de toekomst mogelijk niet voldoende is zal het oppervlaktewatersysteem moeten bijdragen aan de zelfvoorzienendheid. Door fluctuaties in het peilbeheer toe te staan kunnen periodes van aanvoertekorten (deels) worden opgevangen. In deze paragraaf wordt aan de hand van een simpele analyse een inschatting gegeven van de impact die flexibel peilbeheer op de watervraag zou kunnen hebben.

De buffercapaciteit in open water is zowel beschouwd voor het totaal aan open water in het projectgebied als enkel voor de plassen. Dit geeft een benadering hoeveel water kan worden opgeslagen door het toestaan van een peilfluctuatie gedurende droge periodes. In deze eenvoudige analyse is geen rekening gehouden met de impact van het talud op het oppervlak open water, verdamping, neerslag, wegzijging en kwel. De resultaten hiervan zijn gegeven in onderstaande tabel, waarin het buffervolume water dat bij verschillende peilmarges wordt gerealiseerd ook is omgerekend naar het aantal dagen dat je hiermee het inlaatdebiet van 2018 kan voorzien.

Als de debieten worden afgezet tegen de gemiddelde inlaat vanuit de boezem in de zomer van 2018 (~4 m<sup>3</sup>/s) dan blijkt al snel dat flexibel peilbeheer een grote rol kan spelen bij de opgave om zelfvoorzienendheid te vergroten. Zeker als dit vervolgens wordt afgezet tegen de winst op de waterbalans die door volledig afkoppelen op de Heuvelrug (~0.5 m<sup>3</sup>/s) en het onderwater zetten van de diepe droogmakerijen (Horstermeerpolder en Bethunepolder) (~2 m<sup>3</sup>/s) behaald kan worden. Hierbij moet wel de opmerking geplaatst worden dat deze debieten gebaseerd zijn op een stationair grondwatermodel, in een droge zomerperiode wijken de werkelijke grondwaterfluxen hiervan af maar het geeft een indicatie van de orde van grootte. Vervolgonderzoek waarbij rekening wordt gehouden met seizoenale verschillen is noodzakelijk (zie 7.4, Aanbevelingen, paragraaf vervolgonderzoek, p 90).

Peilmarge	Volume (M m <sup>3</sup> )	Aantal dagen dat je met dit watervolume het inlaatdebiet van 2018 kan voorzien (d)
<b>Al het huidige open water (opp. ~ 5150 ha)</b>		
10 cm	5.2	15
20 cm	10.3	30
30 cm	15.5	45
<b>Vechtplassen (opp. ~ 2480 ha)</b>		
10 cm	2.5	7
20 cm	5.0	14
30 cm	7.4	22

Indicatie van de impact van flexibel peilbeheer op de waterbalans van het Vechtplassengebied.

Ten slotte zijn er enkele belangrijke nuances om de bijdrage die flexibel peilbeheer aan een zelfvoorzienend watersysteem op waarde te kunnen schatten:

- De effectiviteit is in de eerste plaats direct afhankelijk van de marges die worden toegestaan;
- Een afname in de jaarlijkse watervraag vertaalt zich niet direct naar een afname in jaarlijkse aanvoertekorten. Als de opgebouwde buffer wordt ‘gebruikt’ aan het begin van een zomer, terwijl wateraanvoer eigenlijk nog goed mogelijk was, kunnen er later alsnog dezelfde aanvoertekorten ontstaan wanneer de droogte toeneemt en extremer wordt;
- Een waterbuffer die op locatie A wordt gerealiseerd kan niet zomaar benut worden op locatie B. De afhankelijkheid van wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem via het boezemsysteem blijft noodzakelijk.

### 5.2.2 PEILOPZET

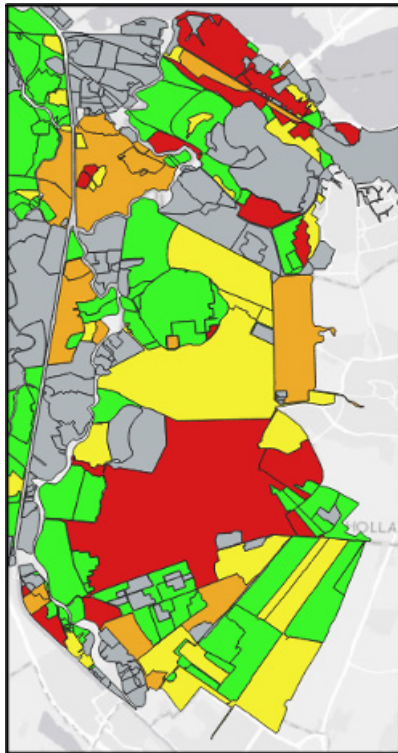
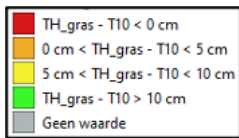
Om bodemdaling en broeikasgasemissie te reduceren is het noodzakelijk om grondwaterstanden in veenbodems te verhogen. In de kamerbrief Bodem en Water Sturend wordt gestreefd naar een ‘zo hoog mogelijke grondwaterstand tussen de 20 tot 40 cm onder maaiveld’. Deze marge komt voort uit de redenering dat de huidige landbouwpraktijk goed mogelijk is bij een grondwaterstand van 40 cm beneden maaiveld terwijl een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld als optimum wordt verondersteld voor reductie van uitstoot van de broeikasgassen CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas, waarbij nog enige vorm van landbouw mogelijk is. Om deze verhoogde grondwaterstanden te realiseren is peilopzet (al dan niet in combinatie met infiltratiemaatregelen) noodzakelijk. Peilopzet heeft echter negatieve impact op andere systeemindicatoren zoals de bergingscapaciteit (zowel in open water als in de bodem) en waterkwaliteit. De effecten op deze aspecten zullen zoveel mogelijk moeten worden gemitigeerd.

#### EFFECT OP BERGINGSCAPACITEIT

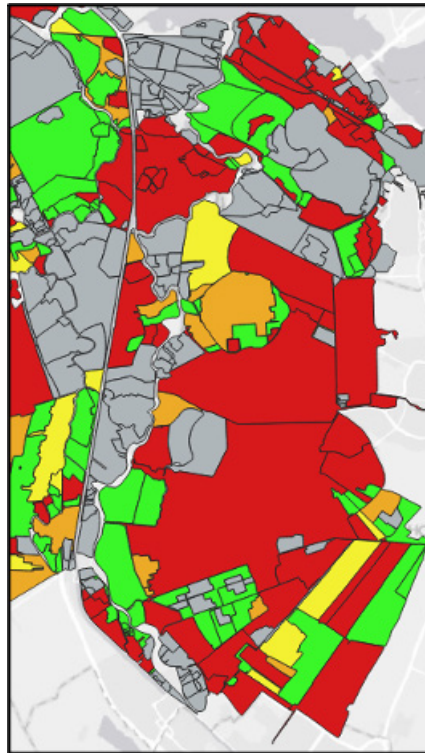
Gebruik makend van de reeds beschikbare analyses, die zijn gedaan in het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW), kan een indicatie gegeven worden van de impact van peilopzet op het huidige watersysteem. Binnen het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn voor wateroverlast door inundatie vanuit oppervlaktewater werknormen afgesproken, die op basis van een verplichting in de Waterwet zijn vastgelegd in provinciale verordeningen. Bij de analyse is ervan uitgegaan dat met een peilopzet van 10 cm, de bergingscapaciteit in open water met 10 cm vermindert. Verder is ervan uitgegaan dat de berging in de bodem en de afstroming van land naar open water (via runoff of drainage) precies hetzelfde is gebleven, in werkelijkheid neemt ook de bodemberging af. Er is geen rekening gehouden met de huidige ontwateringsdiepte, daarmee is het effect nog onderschat.

#### EFFECT OP WATEROVERLAST

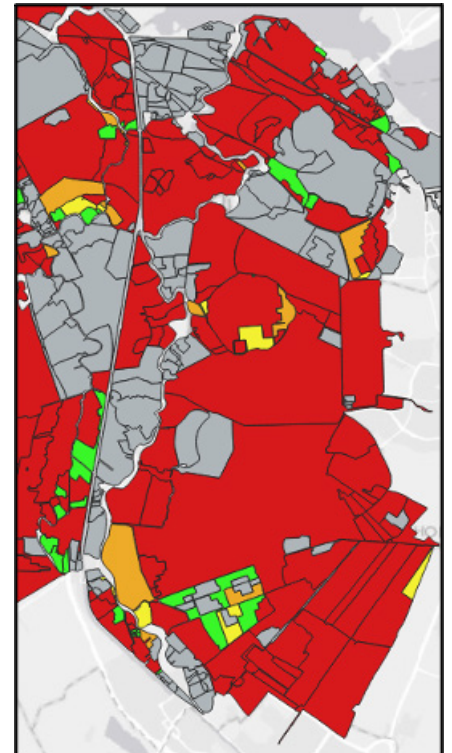
De gevolgen van de verkleining van de bergingscapaciteit door peilopzet is vertaald naar effecten op wateroverlast. De kwetsbaarheid van grasland en stedelijk gebied voor wateroverlast bij een peilopzet van 10 en 30 cm is weergegeven in de figuur hiernaast. De gevolgen van peilopzet op de wateroverlast zijn voor zowel grasland als stedelijk gebied substantieel. Aanvullende maatregelen zijn noodzakelijk om de wateroverlast in de polders en de extra waterafvoer naar de boezem te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan (nood)overlaatgebieden voor het boezemsysteem en het ARK. Hiermee kunnen de boezem en het ARK bij hoog water worden ontlast, als bijkomend voordeel kan extra water in het systeem worden vastgehouden. Ook kan gedacht worden aan de adaptatie van de huidige functies waardoor de impact van wateroverlast afneemt.



REF

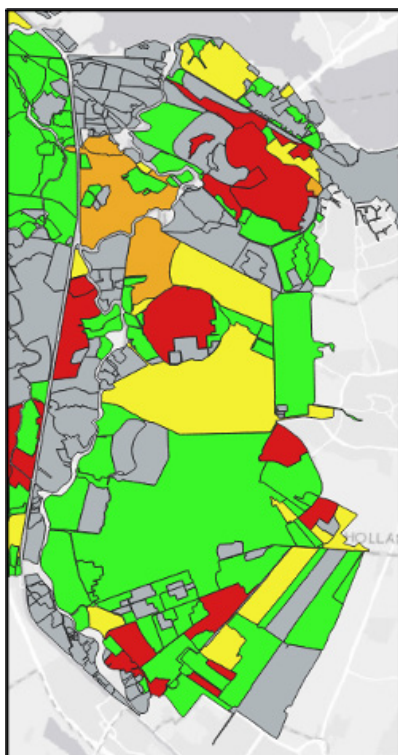


+10 cm

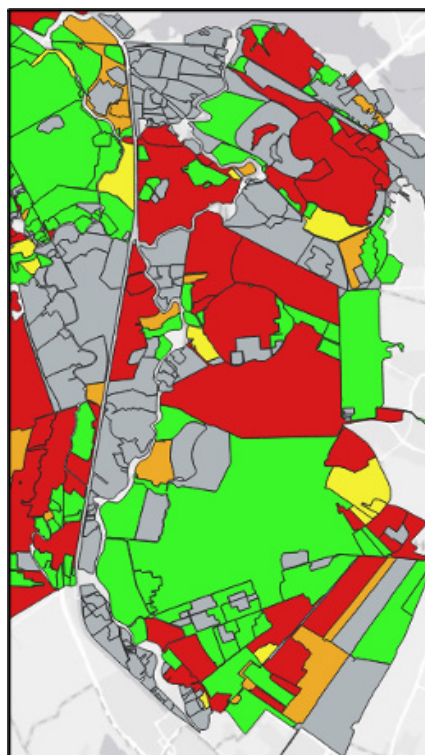


+30 cm

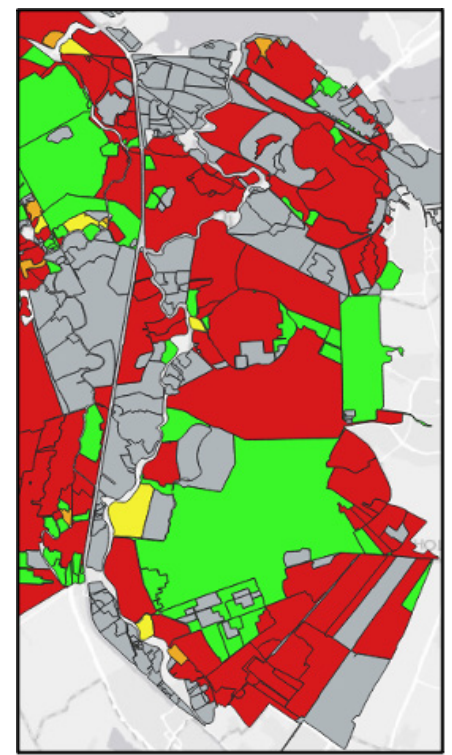
Analyse wateroverlast voor grasland als gevolg van peilopzet met 10 en 30 cm, vergeleken met de resultaten van de NBW toetsing.



REF



+10 cm



+30 cm

Analyse wateroverlast voor stedelijk gebied als gevolg van peilopzet met 10 en 30 cm, vergeleken met de resultaten van de NBW toetsing.

### 5.2.3 KWALITEIT OPPERVLAKTEWATER

Alle veranderingen of aanpassingen aan het beheer van het grond- en oppervlaktewatersysteem kunnen een impact hebben op de waterkwaliteit. De exacte uitwerking van bouwstenen op waterkwaliteit is afhankelijk van locatie en de exacte uitwerking van combinaties van bouwstenen en daarom moeilijk om in zijn algemeenheid te analyseren. In deze paragraaf worden enkele aandachtspunten met betrekking tot waterkwaliteit benoemd die in vervolgonderzoek onderzocht moeten worden:

- Lange verblijftijd van nutriënten als gevolg van flexibel peilbeheer kan leiden tot meer eutrofiëring;
- Vernatting van veen bij hoog oppervlaktewaterpeil leidt tot reductie van ijzer-fosfor verbindingen waardoor fosfor vrijkomt en afspoelt naar het oppervlaktewater;
- Verdroging van veen bij laag oppervlaktewaterpeil leidt tot afbraak van veen, vrijkomen van fosfor dat na neerslag afspoelt naar het oppervlaktewater;
- In de huidige situatie zijn er al grote ruimtelijke verschillen wat betreft de chemische samenstelling van kwelwater. Bij veranderende kwel patronen is de chemische samenstelling van het uittredende water een grote onbekende. Historisch landgebruik en mogelijke verontreinigingen spelen hierbij een belangrijke rol.

### CONCLUSIE OPPERVLAKTEWATER ANALYSES

- Flexibel peilbeheer is in potentie zeer effectief als middel om meer water uit het eigen systeem te gebruiken;
- Peilopzet is effectief tegen bodemdaling doordat het zorgt voor gemiddeld hogere grondwaterstanden;
- Peilopzet en flexibel peilbeheer verkleinen de bergingscapaciteit: er zijn maatregelen nodig voor adaptatie. Bijvoorbeeld het accepteren van overstroming van daarvoor aangewezen percelen in uitzonderlijke pieksituaties;
- Peilopzet en flexibel peilbeheer hebben (zeker in eerste instantie) een negatieve impact op de waterkwaliteit door vrijkomen van fosfor uit vernatte veengebieden door reductie van ijzer-fosforverbindingen, vrijkomen van fosfor door afbraak van veen bij droge veengebieden en een langere verblijftijd van nutriënten.



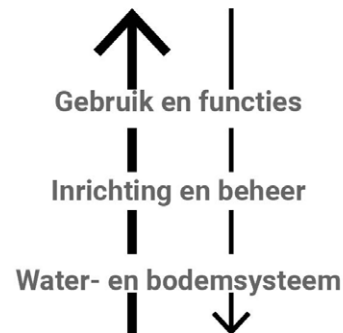
# 6. ONTWERPEND ONDERZOEK TOEKOMSTBEELDEN 2100

## 6.1 INLEIDING/ METHODIEK

Voor het ontwerpend onderzoek hebben we vanuit verschillende denkrichtingen toekomstperspectieven voor 2100 beschouwd; ook is onderzocht wat er gebeurt als we niets doen. Door de sprong ver vooruit te nemen, naar 2100, wordt duidelijk dat met het voortschrijden van klimaatverandering, bevolkingsgroei en de veronderstelde voortgaande bodemdaling de urgentie om in te grijpen steeds groter wordt. Door deze sprong te combineren met het denken vanuit uitersten, zijn de hoeken van het speelveld inzichtelijk gemaakt. De 4 toekomstperspectieven zijn: autonome ontwikkeling (niets doen), Technische Fijnregulering, Natuurlijke Variatie en Integrale Herinrichting. Vanuit het ontwerpend onderzoek naar de verschillende perspectieven volgt inzicht in de bandbreedte aan oplossingen en de kansen en beperkingen ervan. Vanuit 2100 wordt in het handelingsperspectief (hoofdstuk 7) terug geredeneerd naar de te ondernemen stappen voor 2030 en 2050; wat moeten/kunnen we nu al doen?

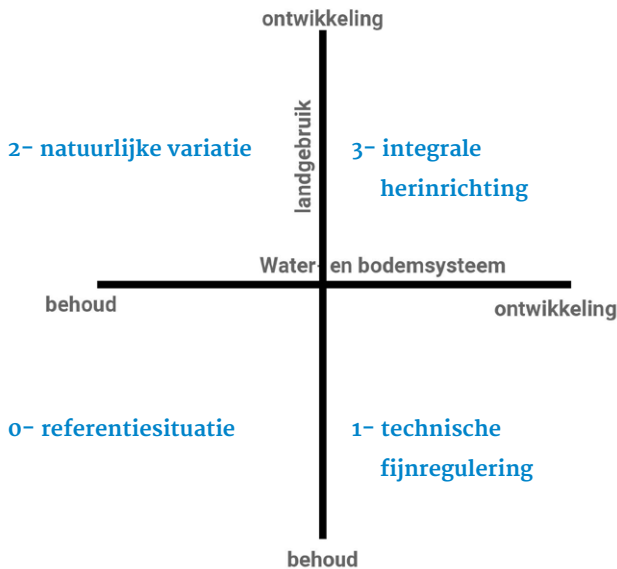
### WATER IN DE RUIMTELIJKE ORDENING: LAGEN VAN EEN SYSTEEM

Het natuurlijke water- en bodemsysteem, de inrichting van het watersysteem en de gebruiksfuncties zijn te beschouwen als lagen van een landschap, met een wisselwerking daartussen: zie de figuur hierna. De lagen zijn momenteel



Wisselwerking tussen lagen in het landschap.

niet voldoende met elkaar in balans: dat veroorzaakt de opgaven zoals die in hoofdstuk drie en vier omschreven zijn. Klimaatverandering en ruimtelijke ontwikkelingen zoals verstedelijking zullen de onbalans in de toekomst verder versterken. Met de blik op 2100 vanuit de referentiesituatie is een inschatting gemaakt van de gevolgen van die disbalans. De interactie tussen de lagen kan worden verbeterd door aanpassen op elk van de drie aspecten: binnen elke laag bestaan bouwstenen. Vanuit de optiek van de lagenbenadering start de redenering altijd bij de onderste laag. Het water- en bodemsysteem vormt het uitgangspunt: de basis die op orde moet zijn en condities bepaalt voor de inrichting en het gebruik. Door middel van inrichting en beheer wordt een gebied geschikt gemaakt voor gekozen functies en gebruik. Hierbij laat het watersysteem zich tot zekere hoogte controleren zonder verregaande (negatieve) consequenties op functies en gebruik. De kwetsbaarheid (te droog, te nat, waterkwaliteit) neemt toe als de inrichting ter ondersteuning van beoogd landgebruik 'doorslaat': wanneer deze te weinig aansluit bij de systeemeigenschappen.



Assenkruis dat gebruikt is om denkrichtingen te bepalen.

Vanuit deze redenering kan veel bereikt worden met het aanpassen van het landgebruik aan de lokale omstandigheden van het water- en bodemsysteem. Daardoor gaat het water- en bodemsysteem de ruimtelijke ontwikkeling sturen.

#### ASSENKRUIS DENKRICHTINGEN VOOR DE TOEKOMSTBEELDEN 2100

Als basis voor de verschillende denkrichtingen om een breed palet aan mogelijke oplossingen te verkennen is een assenkruis opgesteld. Daarin worden het 'Water- en bodemsysteem' en 'Landgebruik' voor de extremen beschouwd van behoud (links en onder) en ontwikkeling (rechts en boven). Door ze met elkaar te kruisen ontstaat binnen het assenkruis in elk van de kwadranten een specifieke denkrichting. Cruciale bouwstenen zijn vervolgens toebedeeld aan verschillende denkrichtingen. Dit wordt in de volgende paragrafen toegelicht. De 'denkrichtingen' zijn als volgt te typeren:

##### 0. Referentiesituatie: de autonome ontwikkelingen

Het systeem verandert óók als we niets doen.

De gevolgen van klimaatverandering (toename piekbuien/ neerslagoverschot, toename warme zomers en droogte, zeespiegelstijging, afname beschikbaar inlaatwater) en autonome ruimtelijke ontwikkelingen zoals verstedelijking en bodemdaling werken een-op-een door op het water- en bodemsysteem. Zowel de kwantiteit als de kwaliteit van water veranderen: dat heeft negatieve impact op alle functies. De belangrijkste uitgangspunten:

- Behoud van het huidige watersysteem;
- Behoud van het huidige waterbeheer;
- Behoud van huidige gebruiksfuncties.

Aan de hand van deze theoretische beschouwing is onderzocht tegen welke systeemgrenzen we zullen aanlopen als we tot het jaar 2100 'niets meer doen' qua ontwikkeling en adaptatie. De urgentie wordt door dit toekomstbeeld verduidelijkt en het vormt een referentiekader voor de overige drie toekomstbeelden.

##### 1. Technische Fijnregulering

Deze denkrichting gaat uit van het faciliteren van de huidige functies (natuur, landbouw, wonen-werken-recreatie) en behoud van huidige beheerdoelen door het blijven doorvoeren van maatwerk en technische oplossingen. De belangrijkste uitgangspunten:

- Het scheiden van schoon en vuil water;
- Behoud huidig landgebruik;
- Behoud huidige waterbeheerdoelstelling (streefpeilen) om bestaande functies blijvend te faciliteren;
- Technisch verder uitbouwen waterinfrastructuur (nieuwe kunstwerken, watergangen, uitbreiden gemaalcapaciteiten, uitbreiden bestaande grondwaterwinningen etc.).

##### 2. Natuurlijke Variatie

Hier draait het om het toewerken naar een meer zelfvoorzienend systeem door een natuurlijk waterbeheer en het doorvoeren van functieverandering en -adaptatie die daarbij noodzakelijk zijn. Flexibel peilbeheer en peilopzet zijn de hoofdprincipes. De belangrijkste uitgangspunten:

- Robuuster systeem door versimpeling en minder regulering;

- Realiseren van verhoogde/natuurlijke grondwaterregimes;
- Aanpassen landgebruik (functie) zodat deze beter aansluit bij het natuurlijke (grond) watersysteem;
- Aanpassingen aan de locatie van waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding;
- Geen grote aanpassingen aan de waterinfrastructuur.
- Afhankelijkheid en kwetsbaarheden van de (verbinding met) het hoofdwatersysteem m.b.t. aanvoer en afvoer;
- Mate waarin de grondwaterstandsdynamiek aansluit op natuur/ landbouw/ stedelijke functies en recreatie;
- Toekomstig beschikbaar volume/ zekerheid waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding;
- Kwetsbaarheid van natuur en landbouw voor droogte;
- Mate waarin waterkwaliteit voldoet aan eisen natuur;
- Kwetsbaarheid landbouw en stedelijke functies voor (extreme) wateroverlast;
- Bodemdaling/ broeikasgasemissie tot 2100
- Noodzakelijke transitie bestaande woningvoorraad (verzakking/ wateroverlast).

### 3. Integrale Herinrichting

Bij Integrale Herinrichting worden ingrepen in het watersysteem én het landgebruik gecombineerd: ofwel de kansen van natuurlijke maatregelen in combinatie met technische maatregelen worden onderzocht. De meest radicale aanpassingen horen thuis in dit toekomstbeeld. Grote technische ingrepen worden ingezet in combinatie met versterking van het natuurlijke systeem. Pleisters plakken om de huidige functies op de been te houden is uitgesloten. Ook grootschalige functieverhuivingen zijn onderdeel van de scope. De belangrijkste uitgangspunten:

- Optimaliseren waterinfrastructuur en waterbeheer in aansluiting op de natuurlijke kringlopen;
- Aanpassen landgebruik: adaptatie en verschuiving;
- Ontvlechting en realisatie van grote aaneengesloten arealen met eenzelfde functie, verminderen van postzegels met conflicterende belangen;
- Benutten van gebieden met natuurlijke potentie.

#### BEOORDELING AAN DE HAND VAN KRITISCHE SYSTEEM INDICATOREN (KSI'S)

Ten behoeve van de afweging richting handelingsperspectief en de discussie hierover zijn de kansen en beperkingen van de toekomstbeelden geëvalueerd aan de hand van Kritische Systeem Indicatoren (KSI's). Met als doel om de 'prestatie' van het systeem op representatieve onderdelen te kunnen beoordelen in een min of meer objectieve vergelijking. De focus ligt op de elementen die bepalend zijn voor de totstandkoming van een adaptieve Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek. Belangrijke KSI's zijn:

De KSI's zijn ingevuld op basis van:

1. (bestaand) Onderzoek/modellering
2. Expert-judgement
3. Bestaand beleid/kaders/eisen
4. Werksessies/ontwerpend onderzoek

Het was binnen dit onderzoek niet mogelijk om de beoordeling op alle vlakken te steunen met kwantitatieve analyses. De kwantitatieve analyses die gebruikt zijn bij de beoordeling van de KSI's zijn opgenomen in hoofdstuk 5. De overige inschattingen zijn gedaan op basis van literatuur en kwalitatieve beschouwingen door een brede groep specialisten, onder andere tijdens de werksessies.

Bij de beoordeling van de KSI's spelen verwachte knelpunten en zogeheten *lock-ins* (grote knelpunten die zich na verloop van tijd plotseling of geleidelijk aan manifesteren en dan niet meer makkelijk op te lossen zijn) een belangrijke rol. Sommige knelpunten laten zich redelijk voorspellen: aan de hand van demografische ontwikkeling kan een aanname worden gedaan voor de toenemende drinkwatervraag. Andere knelpunten zijn zeer moeilijk te voorspellen: wanneer is de watervraag in de regio groter dan het aanbod vanuit het hoofdwatersysteem? De onvoorspelbare knelpunten en *lock-ins* zijn in feite de 'bekende onbekende':

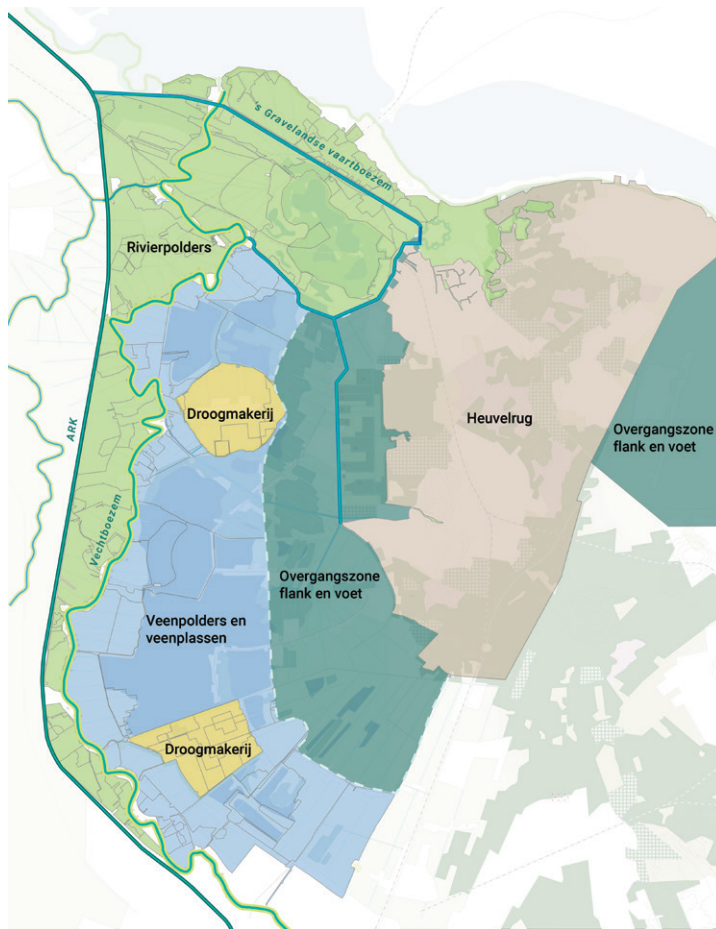


in sommige toekomstbeelden zullen bepaalde (systeem)grenzen worden bereikt, maar wanneer precies is moeilijk in te schatten. Voor de ontwikkeling van een robuust en toekomstbestendig water- en bodemsysteem is het noodzakelijk om tijdig te anticiperen op, maar misschien vooral ook bewust te zijn van de ‘bekende onbekende’. We weten dat het gaat spelen, maar nog niet hoe het precies uit gaat pakken (qua impact, maar ook qua timing). Vandaar dat ze kwalitatief zijn meegenomen in de beoordeling van de KSI’s.

**INDELING IN DEELGEBIEDEN**

Op basis van het bodem en watersysteem, inrichting en gebruik hebben we een indeling gemaakt in deelgebieden met kenmerkende eigenschappen. In elk deelgebied zijn andere bouwstenen van toepassing.

- Heuvelrug
- Overgangszone flank/ voet
- Veenpolders- en veenplassen
- Diepe droogmakerijen
- Rivierpolders
- Boezemsysteem



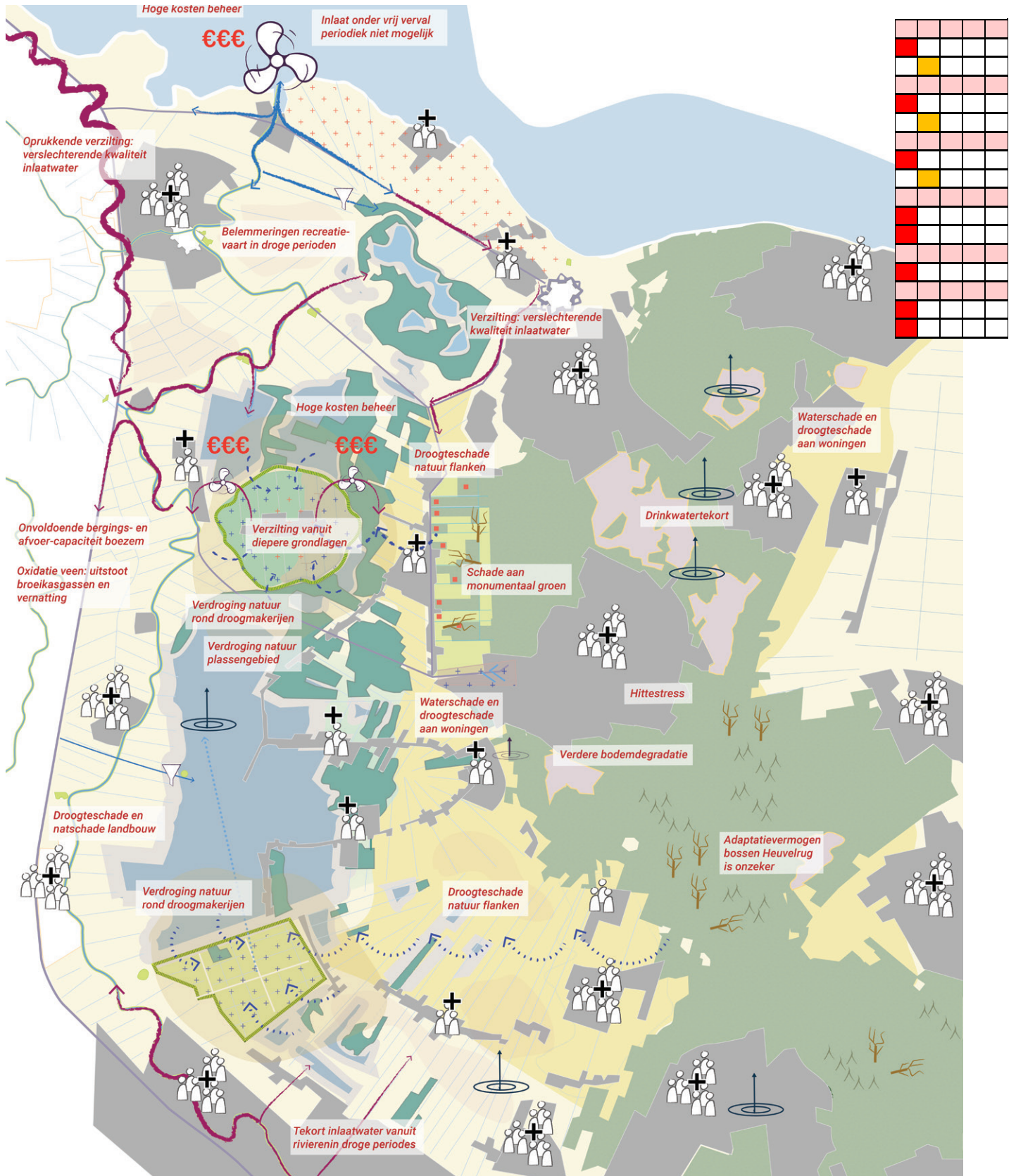
Een uitgebreide toelichting bij de toekomstbeelden en de beoordeling aan de hand van KSI’s is te vinden in de bijlage.

Kaart met de gehanteerde deelgebieden.

	Referentiesituatie	Technische Fijnregulering	Natuurlijke Variatie	Integrale Herinrichting
<b>Afhankelijkheid en kwetsbaarheid van het hoofdwatersysteem</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Aanvoer	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Afvoer	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
<b>Kwetsbaarheid voor droogte</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Natuur	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Landbouw	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
<b>Toekomstig beschikbaar volume voor drinkwaterbereiding</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Hoeveelheid / zekerheid	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Impact op omgeving	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
<b>Waterkwaliteit i.r.t. natuur</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Terrestrisch	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Aaquatisch	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
<b>Bodemdaling</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Broeikasgas emissie	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
<b>Kwetsbaarheid door wateroverlast</b>	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Landbouw	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]
Stedelijk gebied (bestaande woningvoorraad)	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]	[Red][Red][Red][Red][Red]

Overzicht Kritische Systeem Indicatoren voor de verschillende toekomstbeelden.

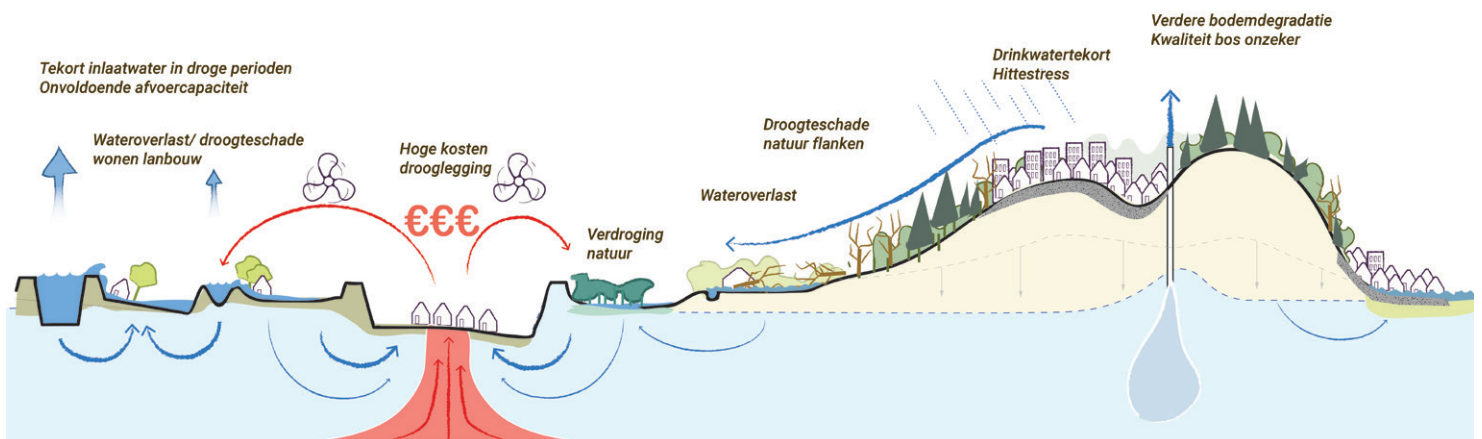
## 6.2 REFERENTIESITUATIE 2100/ KNELPUNTEN



Kaart van het toekomstbeeld 'Referentiesituatie 2100' met daarop de belangrijkste knelpunten aangegeven die ontstaan.

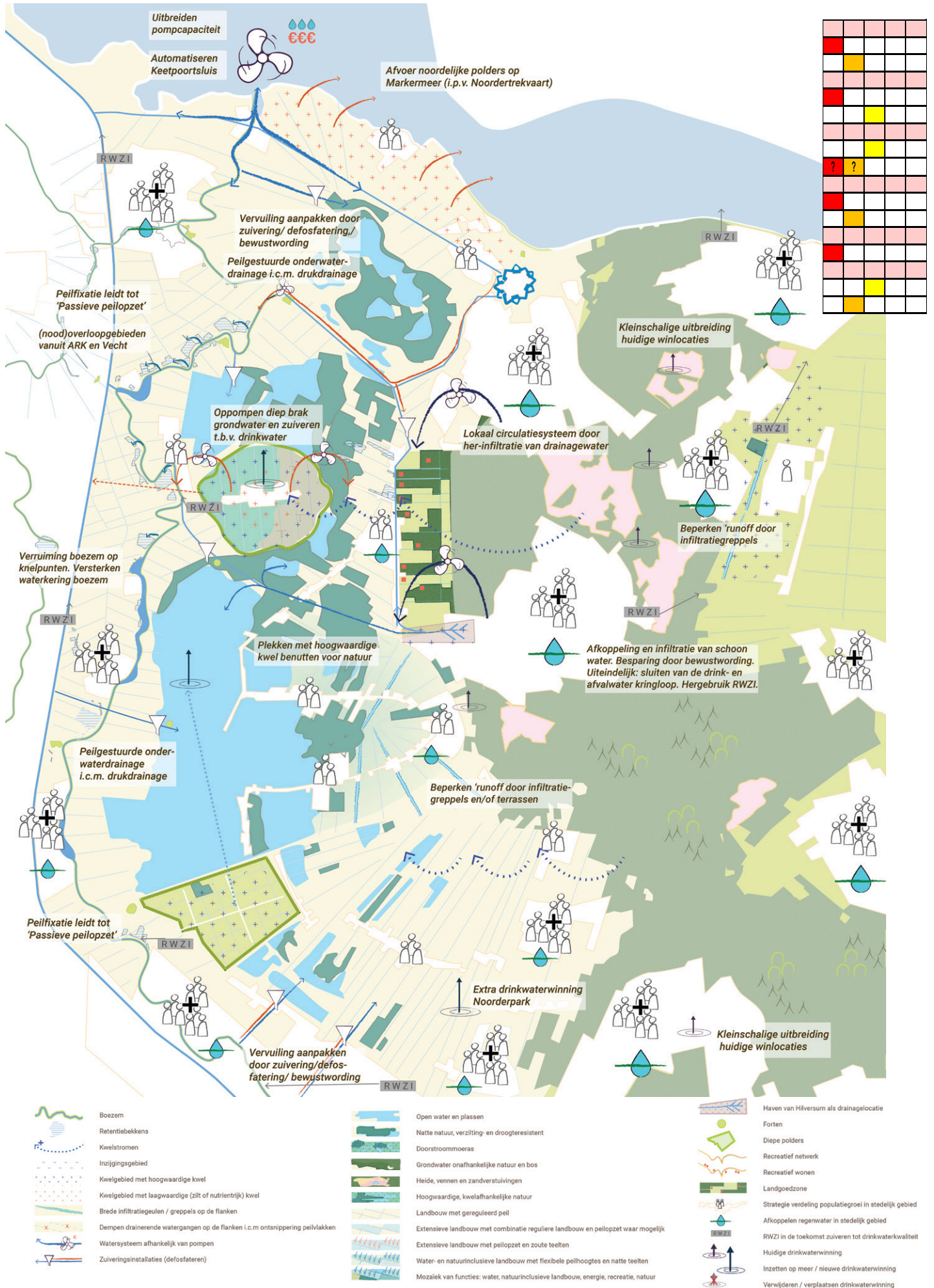
## BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- De kans dat zich tot 2100 periodes voordoen waarin tijdelijk geen (gebiedsvreemd) inlaatwater beschikbaar is zal toenemen. Dat leidt tot watertekorten voor natuur, landbouw en stedelijke voorzieningen;
- Extremere en meer frequente droge periodes kunnen onomkeerbare droogteschade bij natuur veroorzaken, ook temperatuurstijging heeft een negatief effect. In grondwaterafhankelijke natuur op de flanken van het Gooi zullen grondwaterstanden vaker uitzakken.
- Ook op de grondwaterafhankelijke natuur op de hogere delen van het Gooi treedt verdroging op, mogelijk vindt er een transitie naar drogere vegetatie plaats;
- Het is waarschijnlijk dat grote delen van de hoogwaardige terrestrische en aquatische natuur in de regio verder achteruitgaan en mogelijk verdwijnen als gevolg van geleidelijk verslechterende waterkwaliteit, nog voordat bovengenoemde acute waterkwaliteitsknelpunten ontstaan. Instandhouding van de huidige natuurwaarden binnen dit toekomstperspectief is onwaarschijnlijk;
- Door een groeiende bevolking is de verwachting dat de drinkwatervraag de komende decennia nog sterk zal groeien. Rond 2030 – 2035 ontstaan tekorten in de drinkwater-
- voorziening. Niets doen betekent dat nieuwe woningen niet aangesloten kunnen worden óf dat toch weer meer grondwater opgepompt moet worden. Dit is complex i.v.m. impact op andere functies;
- Geïnfiltreerde vervuilingspluimen op het Gooi en diffuse antropogene vervuiling in het poldersysteem vormen een risico wanneer deze als kwel aan het oppervlak komen (kennislacune);
- Ondanks peilfixatie gaat bodemdaling de komende decennia nog door. Door de afnemende ontwateringsdiepte worden de huidige landbouwvormen in sterk dalend gebied onmogelijk;
- Er kan met grote zekerheid gesteld worden dat tot 2100 meerdere situaties gaan plaatsvinden met substantiële wateroverlast in landelijk en stedelijk gebied als gevolg. Het afvoersysteem is in 2100 op alle facetten ondermaats. De kans op falende infrastructuur bij IJmuiden en de Afsluitdijk (onder druk van zeespiegelstijging en weerextremen) vormt ook een dreigend risico voor het Gooien Vechtgebied, als er geen ingrijpende maatregelen worden genomen.



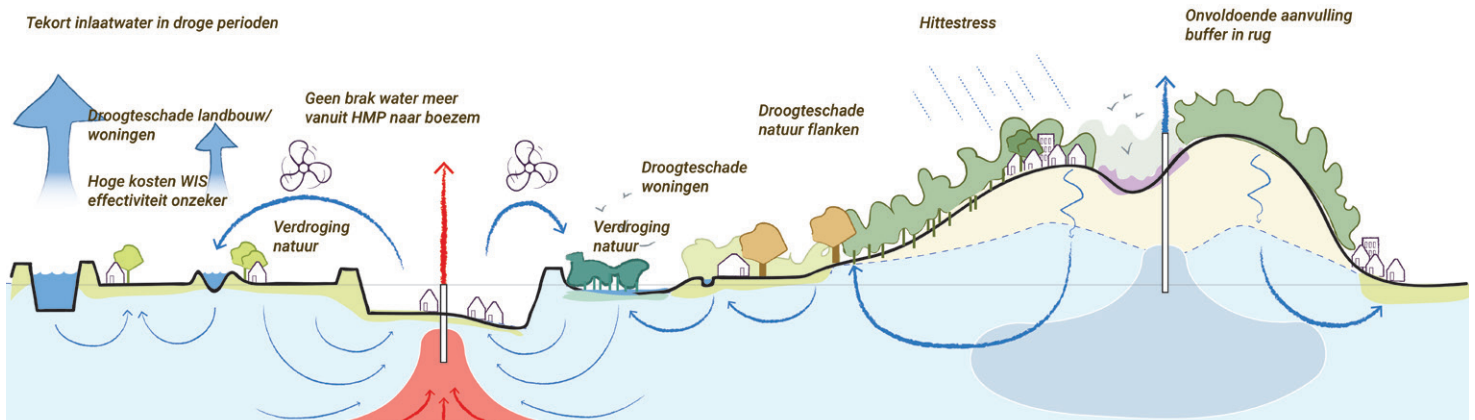
Schematische weergave en knelpunten toekomstbeeld 'Referentiesituatie 2100'.

### 6.3 TECHNISCHE FIJNREGULERING/ BOUWSTENEN



## BELANGRIJKSTE EFFECTEN

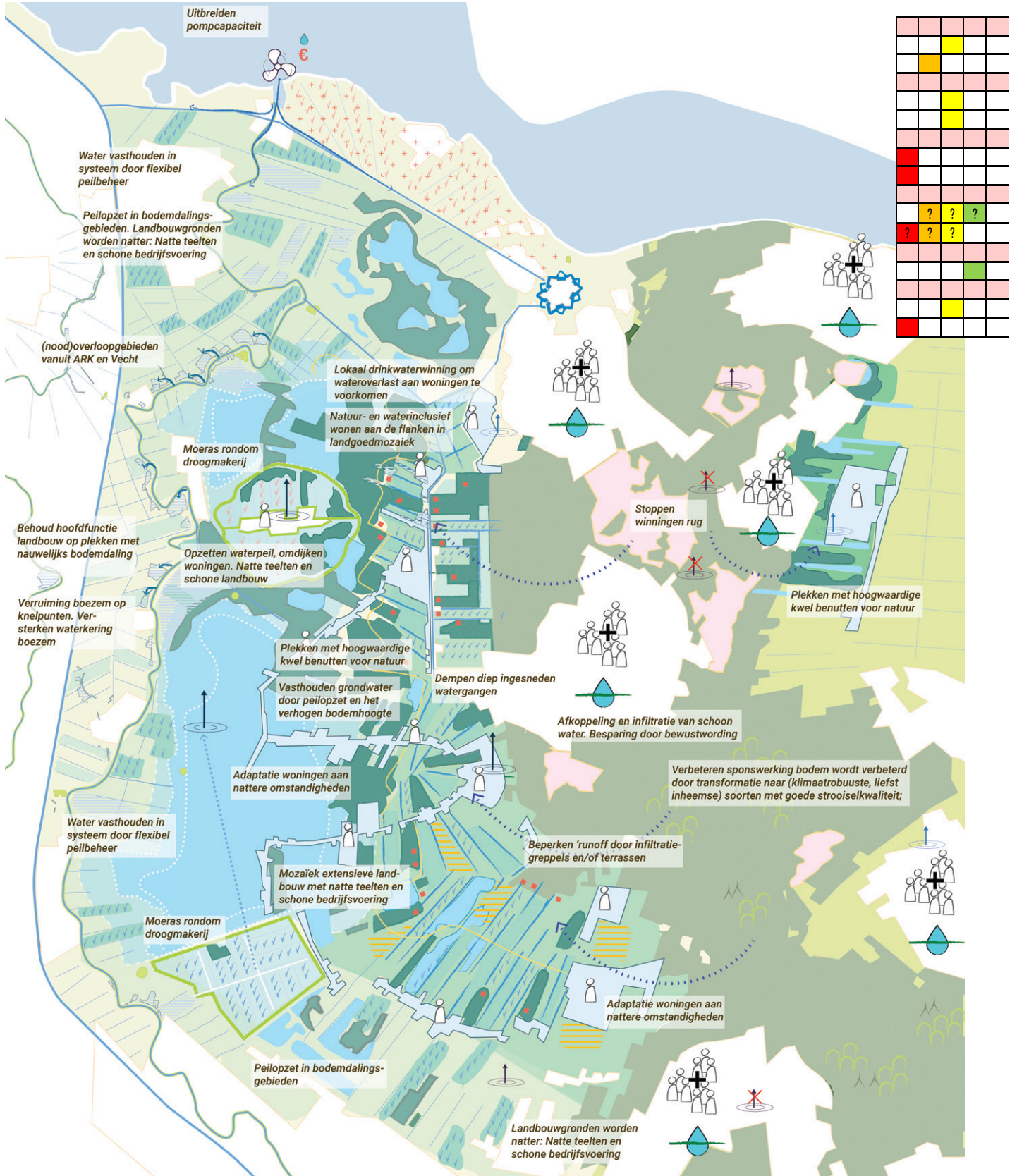
- Technische Fijnregulering biedt op korte en misschien middellange termijn perspectief voor het realiseren van een bodem- en watersysteem dat aan de eisen van landbouw, stedelijke functies en drinkwatervoorziening voldoet. De functie natuur is en blijft zeer kwetsbaar;
- Lock in: op de lange termijn en misschien al middellange termijn biedt Technische Fijnregulering waarschijnlijk onvoldoende perspectief omdat de zekerheid van de beschikbaarheid van aanvoerwater vanuit het hoofdwatersysteem onvoldoende gegarandeerd kan worden;
- De extra kwelflux die gerealiseerd wordt door infiltratiemaatregelen op de Heuvelrug is verwaarloosbaar ten opzichte van het totale waterkwantiteitsvraagstuk in het polder- en plassensysteem. Deze maatregelen zullen enkel op de flanken een verandering in het kwelpatroon teweegbrengen: niet in het vechtplassengebied;
- Het bewaken van de waterkwaliteit van infiltrerend water in stedelijk gebied bij het vergroten van infiltratie op de rug is een belangrijk aandachtspunt;
- Onzekere en uiteindelijk bepalende factor m.b.t. het aspect waterkwaliteit is de ontwikkeling van zuiveringstechnieken in de toekomst;
- Onzekere en uiteindelijk bepalende factor m.b.t. de bodemdalingsgebieden in gebruik voor landbouw is de werkelijke omvang van bodemdaling en de effectiviteit van waterinfiltratiemaatregelen (WIS). De nadelen van WIS (toename watervraag, nutriëntenuitspoeling en wateroverlastrisico's) zijn nog niet exact bekend en zullen gewogen moeten worden. Recente onderzoeksresultaten aan onderwaterdrainage lijken te laten zien dat het met onderwaterdrainage niet lukt om de grondwaterstanden op gewenst niveau te houden: verdamping en neerslag zijn de dominerende factoren in de grondwaterstanden. Dit onderzoek is nog niet gepubliceerd;
- Het is noodzakelijk om te blijven investeren om functies te kunnen blijven faciliteren onder de toenemende druk door klimaatverandering;
- In stand houden en uitbreiding van de huidige winlocaties betekent een aanzienlijk effect op natuur en waterkwaliteit.



Rechts: bouwstenen en illustratie van het toekomstbeeld 'Technische Fijnregulering'.

Boven: schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Technische Fijnregulering'.

# 6.4 NATUURLIJKE VARIATIE/ BOUWSTENEN



- Boezem
- Retentiebekkens
- Kwelstromen
- Inzigtigheidsgebied
- Kwelveggebied met hoogwaardige kwel
- Kwelveggebied met laagwaardige (zilt of nutriëntrijk) kwel
- Brede infiltratiegeulen / greppels op de flanken
- Dempende drainerende watergangen op de flanken i.c.m. ontspanning peilvlakken
- Watersysteem afhankelijk van pompen
- Zuiveringsinstallaties (defosfateren)
- Open water en plassen
- Natte natuur, verzilting- en droogteresistent
- Doorstrommoeras
- Grondwater onafhankelijke natuur en bos
- Heide, vennen en zandverstuivingen
- Hoogwaardige, kwelafhankelijke natuur
- Landbouw met gereguleerd peil
- Extensieve landbouw met combinatie reguliere landbouw en peilopzet waar mogelijk
- Extensieve landbouw met peilopzet en zoute teelten
- Water- en natuurinclusieve landbouw met flexibele peilhoogtes en natte teelten
- Mozaïek van functies: water, natuurinclusieve landbouw, energie, recreatie, natuur
- Haven van Hilversum als drainagelocatie Forten
- Diepe polders
- Recreatief netwerk
- Recreatief wonen
- Landgoedzone
- Strategie verdeling populatiegroei in stedelijk gebied
- Afkoppelen regenwater in stedelijk gebied
- RWZI in de toekomst zuiveren tot drinkwaterkwaliteit
- Huidige drinkwaterwinning
- Inzetten op meer / nieuwe drinkwaterwinning
- Verwijderen / verplaatsen drinkwaterwinning

## BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- Door de toepassing van flexibel peilbeheer wordt de afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem met betrekking tot wateraanvoer verkleind;
- Bodemdaling wordt door de nattere omstandigheden verminderd;
- Tijdens extreme droogte kan de ondergrens van het peilregime worden bereikt. Op dat moment is het hele systeem alsnog afhankelijk van gebiedsvreemd inlaatwater, zij het iets later in het droogteseizoen. Dit heeft dan alsnog zijn impact op o.a. bodemdaling en waterkwaliteit;
- Als ook vanuit het hoofdsysteem onvoldoende water beschikbaar blijkt treden problemen door droogte op, wat schadelijk is voor natuur. Deze situatie doet zich minder vaak voor dan bij technische fijnregulering;
- Het systeem is kwetsbaar voor wateroverlast omdat door de verhoogde peilen de bergingscapaciteit is verminderd. Acceptatie van frequente inundatie van bepaalde percelen is waarschijnlijk noodzakelijk, dat gaat mogelijk samen met het aanpassen van de functie;
- De maatregel om waterwinningen t.b.v. drinkwaterbereiding rond bestaande laaggelegen bebouwing te realiseren om zodoende de grondwaterstanden lokaal te verlagen is niet kansrijk. Binnen dit toekomstbeeld wordt niet voldaan aan het veilig stellen van de toekomstige drinkwatervraag;
- Adaptatie of verplaatsing van delen van de huidige woonvoorraad is noodzakelijk door hogere waterstanden;
- Over de waterkwaliteit in dit toekomstbeeld is nog veel onduidelijk. De kans is groot dat de langere verblijftijd van nutriënten in het systeem (als gevolg van flexibel peil) gaan leiden tot eutrofiëring. Daarbij is veel kwel niet schoon, waarmee een toename van kwel niet automatisch leidt tot verbetering. De brongerichte aanpak van vervuiling is een must. De natuurdoeltypen zoals die door Natura 2000 en KRW worden voorgeschreven kunnen zonder technische maatregelen waarschijnlijk niet worden behaald;
- Het bewaken van de waterkwaliteit bij het vergroten van infiltratie op de rug is een belangrijk aandachtspunt;
- De impact van veranderende grondwaterstromingen op de verplaatsing van historische antropogene vervuilingen is een belangrijk aandachtspunt;
- Samengevat: de haalbaarheid van dit toekomstbeeld, waarbij nieuwe technische maatregelen niet zijn meegenomen is twijfelachtig.



Rechts: bouwstenen en illustratie van het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.

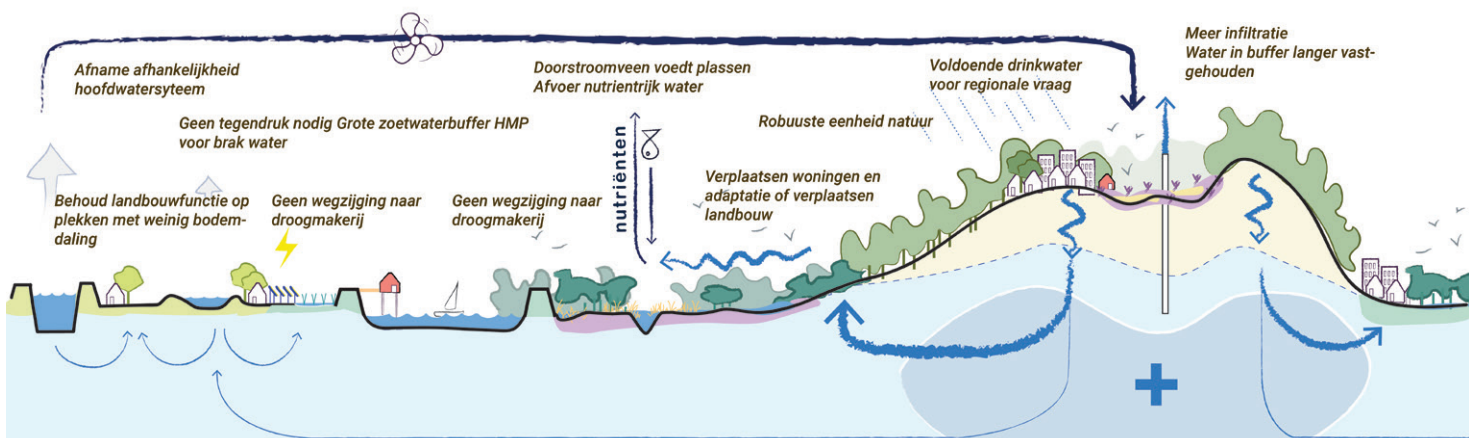
Boven: schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.





## BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- De afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem neemt af, zowel voor aanvoer als voor afvoer;
- Er is veel water beschikbaar binnen het systeem door toegenomen grondwaterfluxen, flexibel peilbeheer en de buffer in de Horstermeerpolder;
- De grondwateraanvulling op de Heuvelrug neemt toe, dit leidt tot extra kwel in de voet/flank zone;
- Wel moet er een constant debiet onttrokken worden voor infiltratie op de Heuvelrug t.b.v. drinkwaterbereiding;
- Adaptatie, verplaatsing en verdwijnen van functies op grote schaal is zeer complex en kostbaar;
- Peilopzet verkleint de bergingscapaciteit in open water, maar door de grootschalige herinrichting (verplaatsen van woningen) worden de gevolgen van afvoerbepalingen geminimaliseerd en neemt de kwetsbaarheid voor wateroverlast af;
- Belangrijke vraag is de waterkwaliteit die ontstaat in de verschillende stadia van veenontwikkeling aan de flanken. Over de te verwachten waterkwaliteit, het fundament voor de werkelijke potentie voor natuurontwikkeling, in dit toekomstbeeld is nog veel onzeker. De waterkwaliteit op de flank (kwelzone) is waarschijnlijk zeer geschikt voor natuurontwikkeling en veenvorming. Aandachtspunt is nalevering van nutriënten in lagergelegen gebieden met een holocene deklaag en/of historische maaiveldbelasting. De nutriëntenbalans in het plassensysteem is gevoelig voor eutrofiëring;
- Wanneer de situatie te nutriëntrijk blijkt is afvoer naar het Markermeer of Gooimeer via het boezemsysteem kansrijk (de visstand in de randmeren zou hiervan mogelijk kunnen profiteren, is genoemd tijdens de werksessies);
- Vanwege de grote hoeveelheid beschikbaar water binnen het systeem heeft de inzet van de huidige landbouwgronden in gebieden met nauwelijks bodemdaling minder prioriteit dan bij het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.



Rechts: bouwstenen en illustratie van het toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'.

Boven: schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'.

# 7. CONCLUSIE EN HANDELINGSPERSPECTIEF

## 7.1 CONCLUSIE

Het water- en bodemsysteem van de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek loopt tegen zijn grenzen aan. Er manifesteren zich problemen op het gebied van waterkwantiteit en waterkwaliteit die effect hebben op natuur, landbouw, stedelijke functies en de drinkwatervoorziening. Als gevolg van klimaatverandering, bodemdaling en bevolkingsgroei zullen de knelpunten in de toekomst versterken.

Hoofdprobleem is het groeiende tekort aan water in langdurig droge perioden: de waterbuffer in de Heuvelrug is niet groot genoeg om de functies op de flanken van voldoende water te voorzien. Bovendien is het waterbeheer zo ingericht dat water snel wordt afgevoerd en neerslagoverschotten niet ten goede komen voor gebruik in periodes van neerslagtekorten. Daarnaast staan de Vechtplassen grotendeels niet langer rechtstreeks via het grondwatersysteem in verbinding met de Heuvelrug: bovenliggende peilgebieden en diepe droogmakerijen vangen het kwelwater af voordat het voor de plassen beschikbaar kan komen. In het plassengebied is tijdens langdurig droge perioden uiteindelijk onvoldoende inlaatwater beschikbaar vanuit het hoofdsysteem. Toenemende verzilting maakt dit inlaatwater nota bene steeds schadelijker voor de bijzondere natuur.

**Er is niet één, allesomvattende oplossing voor een toekomstbestendige Heuvelrug Gooi en Vechtstreek. Wel komt er uit het ontwerpend onderzoek een duidelijke koers naar voren: het gebied minder afhankelijk**

**maken van het hoofdwatersysteem (vergroten van de beschikbaarheid van water afkomstig uit de eigen regio) en het beter afstemmen van de inrichting en de functies in het gebied op de natuurlijke eigenschappen van het water- en bodemsysteem. Vijf hoofduitgangspunten geven richting aan deze koers:**

### 1. Een systeemaanpak voor meer zelfvoorziening en kwelherstel

Er is een omslag nodig van een systeem gericht op het afvoeren van water naar een systeem gericht op het vasthouden van water. Hiervoor zijn aanpassingen nodig zowel op de Heuvelrug en de flanken als in het plassen- en poldergebied.

- Vergroten van de grondwaterbuffer door meer infiltratie van schoon water op de Heuvelrug en tegelijkertijd vermindering van drainage op de flanken;
- Peilverhoging en flexibel peilbeheer: door fluctuatie van grond- en oppervlaktewater te accepteren in het peilgestuurde deel van de regio ontstaan buffers om weersextremen (overlast en droogte) beter te kunnen opvangen;
- Stimuleren van veengroei op de flanken, wat leidt tot bijzondere natuur, opslag van CO<sub>2</sub>, opname van fosfor in het nieuwe veen en daardoor lagere fosforbelasting voor de meren.

### 2. Water- en bodemsysteem aan de basis voor een duurzame wisselwerking met gebruiksfuncties

Een ruimtelijke ordening op basis van de ondergrond maakt functies minder gevoelig voor

schade door weersextremen. Functies dienen hiertoe te worden aangepast en verplaatst. Dit is tevens een randvoorwaarde voor het effectief kunnen inzetten van peilverhoging en flexibel peilbeheer (zie 1b). Op de rug kan compacte verstedelijking worden gecombineerd met infiltratie van (schoon) water. Aan de flanken is ruimte voor natuur: andere functies passen zich aan. Ook in de veenpolders en veenplassen staat natuur voorop. Tussen ARK en de Vecht blijft in gebieden met weinig bodemdaling landbouw de primaire functie.

### 3. Technische maatregelen ter ondersteuning van het water- en bodemsysteem

Het boezemsysteem met bijbehorende kunstwerken dient te worden uitgebouwd en doorontwikkeld, complementair aan de natuurlijke waterkringloop. Technische oplossingen voor het zuiveren van (afval)water, zoals defosfatering, rioolwaterzuivering en sanering van bodem en grondwater, zullen ook nodig blijven.

### 4. Inzetten op diverse waterbronnen, innovatie en waterbesparing om te kunnen blijven voldoen aan de drinkwatervraag

De drinkwaterbehoefte groeit; uitbreiding van bestaande grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding is ongewenst vanwege de negatieve impact op de omgeving. Een dreigend tekort aan drinkwatervoorzieningen is een probleem met potentie tot aanzienlijke maatschappelijke ontwrichting. Het is om die reden noodzakelijk om in te zetten op nieuwe drinkwaterbronnen. De haalbaarheid van verschillende nieuwe bronnen wordt momenteel onderzocht:

- Oppompen oppervlaktewater, zuivering, bodempassage en winning in de huidige winlocaties (WAAG);
- Winning van brak water uit diepe lagen in de Horstermeerpolder (pilot winning grondwater t.b.v. drinkwaterproductie Horstermeerpolder).

Op de lange termijn kan een gesloten waterkringloop worden gerealiseerd door vergaande zuivering van voorgezuiverd RWZI-water. De 20% bezuiniging vóór 2035 waartoe de minister-raad heeft opgeroepen is de komende decennia

van essentieel belang om de levering van drinkwater te kunnen blijven garanderen.

### 5. Niet afwentelen en inzetten op continuïteit van beleid

De komende jaren staan in het teken van concrete projecten voor de korte termijn. Tegelijkertijd moet worden voorgesorteerd op grote veranderingen in de toekomst, door het uitzetten van vervolgonderzoek en start (en doelgericht voortzetten) van gebiedsprocessen. Door planvorming met een lange tijdshorizon ontstaat tijd om de gebruikers van het landschap mee te laten bewegen met de veranderingen in het landschap.

#### IMPACT OP FUNCTIES

Het wordt natter in de regio. Dat heeft uiteindelijk grote impact op alle functies in het gebied.

De veranderende nutriëntenbalans door peilverhoging en peilfluctuatie kan een (mogelijk tijdelijke) negatieve impact hebben op de kwaliteit van het aanwezige water. Het is denkbaar dat hoogwaardige natuurdoeltypen in de huidige Natura 2000-gebieden en KRW-waterlichamen in combinatie met zo'n watersysteem niet houdbaar blijken. Terwijl elders juist kansen liggen voor de natuurdoeltypen van Natura 2000. Hoogwaardige kwel aan de flank biedt potentie voor natuur die nu nog maar beperkt wordt benut. De opzet is dat systeemherstel deze kwelflux versterkt door infiltratie-vergrotende maatregelen op de flank en de Heuvelrug en over een bredere zone uittreedt. Door systeemherstel (een gezond water- en bodemsysteem als solide basis) en het verbinden van natuur tot robuustere eenheden wordt natuur geleidelijk aan van het infuus afgehaald.

Voor de landbouw in de veenpolders en de rivierpolders zal ter versterking van het water- en bodemsysteem en de natuur een transitie moeten worden ingezet naar bedrijfsvoering met nattere gronden en minder bemesting. Ook vergroting van natuurwaarde op de percelen zelf is belangrijk, dat wordt bereikt door fijnmazige dooradering met landschapselementen, passend bij het landschap.

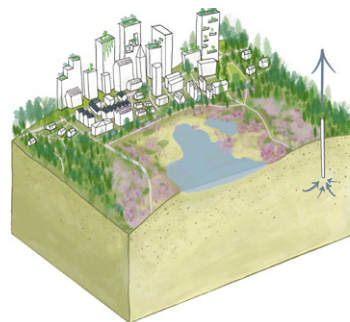
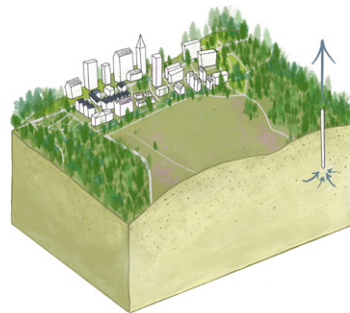
Tegelijkertijd dient perspectief te worden geboden voor een stabiele sector en dienen boeren te worden bijgestaan bij een veranderende bedrijfsvoering. Bij gebieden met veel bodemdaling heeft transitie prioriteit. In gebieden met nauwelijks bodemdaling is de mate waarin flexibel peilbeheer gehanteerd zal worden afhankelijk van de hoeveelheid water die elders in het systeem wordt opgeslagen: de rug, de flanken en de droogmakerijen. Landbouwpercelen met minder noodzaak tot transformatie liggen in het gebied tussen ARK en de Vecht: de gronden met minimale bodemdalingsproblematiek, ontvlochten van kwetsbare natuurgebieden, dichtbij inlaatlocaties zodat inlaatwater de natuur minder beïnvloedt.

Woningen zullen bij nattere omstandigheden moeten worden aangepast, lokaal gedraineerd of in sommige gevallen mogelijk verplaatst. De rug is logischerwijs de meest toekomstbestendige plek voor verstedelijking (mits compact en water- en natuurinclusief, maar bebouwing in het laaggelegen gebied kan mogelijk blijven mits goed ingericht op nattere omstandigheden. Veel hangt af van de uiteindelijke marges in het peilbeheer: er moet een goede balans worden gevonden tussen de winst voor het watersysteem en de noodzakelijke aanpassingsmaatregelen.

De recreatiedruk in het gebied kan evenwichtiger worden verdeeld over de hoge en lagere delen van het gebied. Door het aanwijzen en inrichten van gebieden voor intensiever gebruik met hogere verblijftijden kunnen andere, kwetsbare delen worden ontzien. Recreatie kan bijdragen als inkomstenbron voor boeren met een verbrede bedrijfsvoering.

## 7.2 PERSPECTIEVEN PER DEELGEBIED

Voor de verschillende gebiedsdelen binnen de Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek hebben we op basis van de hiervoor genoemde uitgangspunten perspectieven geschetst voor de lange termijn.

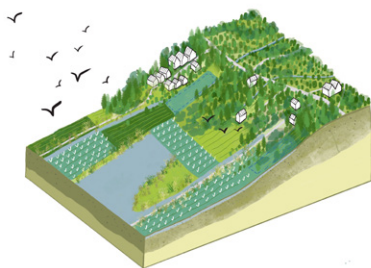
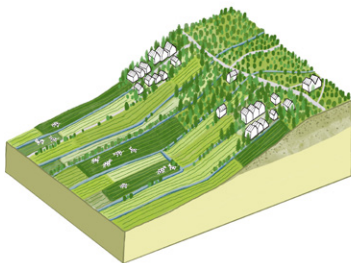


### PERSPECTIEF HEUVELRUG

*Maximaal infiltratielandschap waarbij elke bron van vervuiling is uitgesloten.*

Een goede buffer in de Heuvelrug, met natuurlijke uitstroom, maakt het hele gebied minder afhankelijk van inlaatwater. Infiltratie van regenwater wordt extra gestimuleerd door realisatie van afvoer en afstroming beperkende maatregelen zoals de aanleg van infiltratie greppels. De samenstelling van de bossen is (deels via natuurlijke ontwikkeling) aangepast aan het overbruggen van langere perioden van droogte en zorgt voor een goede strooisellaag, die verzuring tegen gaat. Het gebruik van boomsoorten die een goed verteerbaar strooisel leveren lijkt een rol te kunnen spelen in herstel van de basenbezetting in het bodemcomplex. Nieuwe stuifzanden in gesloten bosdelen zorgen voor extra infiltratie. Steden dragen bij aan het aanvullen van de watervoorraad: het schone deel van het regenwater wordt afgekoppeld en infiltrtreert naar het grondwater,

bijvoorbeeld door de aanleg van wadi's. Waar nodig worden maatregelen genomen om te voorkomen dat het regenwater vervuilt voordat het infiltreert in de bodem. Hierdoor wordt ook de wateroverlast bij piekbuien teruggedrongen. Gebruikmakend van de beschikbare kennis binnen Gebiedsgericht Grondwaterbeheer 't Gooi (GBG) zal de impact van toenemende grondwateraanvulling op de verspreiding van historische vervuilingenpluimen wordt onderzocht en waar nodig worden pluimen gesaneerd. Op de rug wordt een deel van de verstedelijkingsopgave ingepast: zeer compact, natuur- en klimaatinclusief. Binnen WAAG wordt o.a. onderzocht of (voorgezuiverd) oppervlaktewater in het Gooi geïnfilteerd kan worden om na bodempassage te onttrekken voor drinkwaterbereiding. Op deze manier kan de netto grondwateronttrekking worden teruggeschoefd.

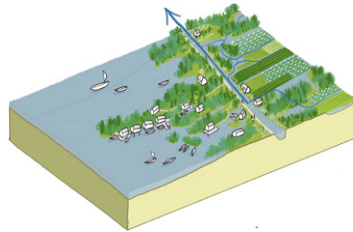
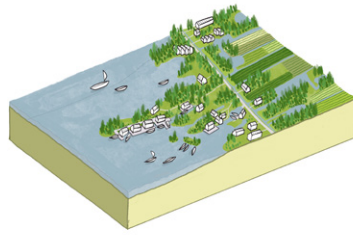


#### **PERSPECTIEF OVERGANGSZONE FLANKEN/ VOET**

*Afwisselend en tegelijkertijd robuust landschap met een grote rol voor het vasthouden van water en het benutten van kwelwater voor natuur.*

De constante flux van kwelwater vanuit de stuwwal is van belang voor het plassen gebied en de (veen)polders omdat deze een veel constantere toevoer geeft dan (inlaat van) oppervlaktewater.

De flanken vormen een cruciale schakel in het vergroten van de waterbuffer in de stuwwal. Hier wordt op gerichte wijze water zo lang mogelijk vastgehouden, waarbij wordt voorkomen dat nieuwe overlastsituaties ontstaan. Natuur en landbouw worden zoveel mogelijk ontvlochten, er wordt ingezet op realisatie van grote aaneengesloten zones waar eenduidig beheer mogelijk is en conflicterende belangen worden opgeheven. Locaties met goede kwel worden benut voor aaneengesloten natuurgebieden met ruimte voor circulaire duurzame landbouw, complementair aan de natuurfunctie. Het streven is om veengroei te ontwikkelen voor opslag van CO<sub>2</sub> en nutriënten uit het kwelwater. Zo kunnen peilen zo hoog mogelijk worden gehouden en wordt de waterkwaliteit rond natuur gewaarborgd. Bovendien ontstaat natuur in robuustere eenheden, wat bijdraagt aan verhoging van de biodiversiteit; aaneengesloten gronden helpen bij een efficiënte agrarische bedrijfsvoering. Op plekken waar grondwater uittreedt worden geen nieuwe woningen gebouwd of wordt adaptief gebouwd (klimaatinclusief), om grondwateroverlast te voorkomen. Bij bestaande bebouwing wordt grondwateroverlast voorkomen door voorzieningen te treffen waarmee het overtollige water wordt afgevangen en beschikbaar komt voor andere functies, zoals natuur, landbouw of lokale drinkwatervoorziening.



### PERSPECTIEF VEENPOLDERS EN VEENPLASSEN

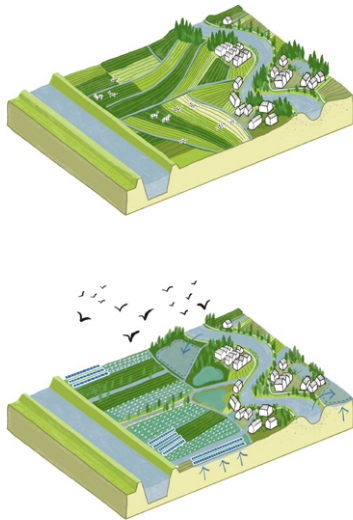
*Natuurlijk plassensysteem dat minder afhankelijk is van gebiedsvreemd inlaatwater, met de best mogelijke, toekomstbestendige oplossingen voor waterkwaliteitsvraagstukken. Extensieve landbouw in harmonie met de natuur.*

De wegzijging wordt verminderd door maatregelen in de droogmakerijen. Hierdoor, en door het verminderen van drainage aan de flanken, reiken kwelstromen vanuit het Gooi verder tot in dit gebiedsdeel: deze dienen zo goed mogelijk te worden benut voor natuur. Onderzoek is nodig om de kwelkwaliteit in nieuwe toekomstige kwelzones te kunnen voorspellen. In het gebied wordt meer water vastgehouden door flexibel peilbeheer, waarbij de gemiddelde peilen in gebieden met bodemdaling worden verhoogd. Dat zorgt ervoor dat de inlaatbehoefte vermindert en gaat ook bodemdaling tegen. Er is echter minder ruimte om water te bergen in pieksituaties: op die momenten zullen delen van het gebied inunderen. Door speciale inundatiegebieden aan te wijzen en dit te accepteren in uitzonderlijke situaties ontstaat over de breedte een robuuster systeem. Onderzoek is nodig om meer inzicht te krijgen in de mogelijk negatieve effecten van peilopzet en flexibel peilbeheer voor waterkwaliteit en om inzicht te krijgen in oplossingen om die effecten te voorkomen en te beperken. Woningen dienen te worden aangepast en in sommige gevallen te worden verplaatst.

### PERSPECTIEF DROOGMAKERIJEN

*Halt aan grootschalige waterafvoer en inmenging van brak grondwater. Geleidelijk toewerken naar vernatting.*

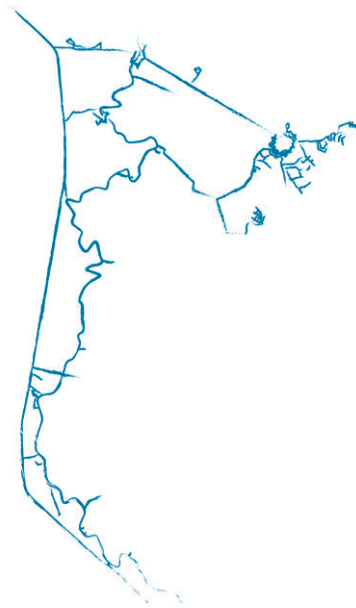
De grootschalige afvoer van kwelwater om de diepgelegen polder droog te houden is niet meer houdbaar als je deze regio wilt ontwikkelen naar een meer zelfvoorzienend systeem. In de Bethunepolder (BP) wordt kwelwater gebruikt voor drinkwatervoorziening, in de Horstermeerpolder (HMP) wordt brak water via de Vecht afgevoerd naar het ARK. Om de verdrogende werking op de omgeving en de huidige verzilting te stoppen zal het waterpeil in diepe droogmakerijen uiteindelijk naar eenzelfde niveau moeten als de waterpeilen uit de omgeving. Dat heeft ingrijpende gevolgen voor de huidige bewoners en agrariërs. Samen met hen moet worden onderzocht hoe de woonomgeving en agrarische grond kan worden gecompenseerd. Ontwikkelingen op korte en middellange termijn voor de Horstermeerpolder zijn verduurzaming van de landbouw en onderzoek naar en uitvoeren van waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding vanuit brakke kwel. Voor de HMP en BP wordt onderzocht of met een transitie naar een plas/dras systeem, intern of aan de randen, ook al een substantiële reductie van wegzijging vanuit de omgeving gerealiseerd kan worden. Belangrijk aandachtspunt is of ontwikkelingen op korte termijn passen binnen het langetermijnperspectief om lock-ins te voorkomen.



### PERSPECTIEF RIVIERPOLDERS

*Circulair landbouwgebied, met een water-systeem dat in grote mate zelfvoorzienend is en alleen tijdens droogte wordt voorzien van inlaatwater.*

In dit gebied is (circulaire) landbouw de hoofd-functie. Door de inlaat van gebiedsvreemd water zoveel mogelijk te beperken tot dit deel wordt de natuur elders in de regio ontzien (mits er dan wel voldoende water beschikbaar is voor deze natuur). Agrarisch grasland heeft een relatief hoge zouttolerantie: ook om die reden is deze functie hier passend. In dalende veengronden zullen peilen worden opgezet. Ook in dit gebied wordt meer water vastgehouden door flexibel peilbeheer maar minder dan in de veenpolders en veenplassen: hier zijn de omstandigheden gunstiger voor boeren. De watervraag neemt af maar tegelijkertijd is er minder ruimte om water te bergen in pieksituaties. Om het water op die momenten te kunnen opvangen worden piekwaterbergingen ingericht. Op locaties waar peilen worden opgezet dienen woningen te worden aangepast.



### PERSPECTIEF BOEZEM

*Een natuurlijke balans tussen de afvoercapaciteit van het boezemsysteem en de buffercapaciteit van het polder- en plassenstelsel, in de pas met klimaat-verandering. De functie van waterkwaliteitsbewaker groeit.*

De boezem is de verbinding van het regionale systeem met het hoofdwatersysteem (ARK en randmeren), daarmee is de boezem een belangrijke schakel in de opgave om de regio meer zelfvoorzienend en minder afhankelijk van het hoofdwatersysteem te maken.

Door het vergroten van de pompcapaciteit naar het Markermeer bij Muiden / Diemen wordt de afvoercapaciteit vergroot. Op knelpuntlocaties wordt de capaciteit van de boezem verruimd. Door tegelijkertijd in te zetten op een grotere buffercapaciteit in het poldersysteem worden toekomstige extreme buien het hoofd geboden.

Er wordt onderzocht of een herontwerp van de boezem nuttig kan zijn in verband met de groeiende functie bij de regulatie van waterkwaliteit en een verminderde inlaatfunctie:

- De boezem krijgt een belangrijke rol bij binnen nutriëntenhuishouding in de regio, met als doel om nutriëntrijke stromen te scheiden van het plassengebied en af te voeren richting de randmeren.
- Ook met een grotere gebiedseigen water blijft de inlaatfunctie van het boezemsysteem cruciaal aangezien gebiedseigen water op plek A niet zomaar benut kan worden bij een watervraag op plek B.

## 7.3 HANDELINGSPERSPECTIEVEN

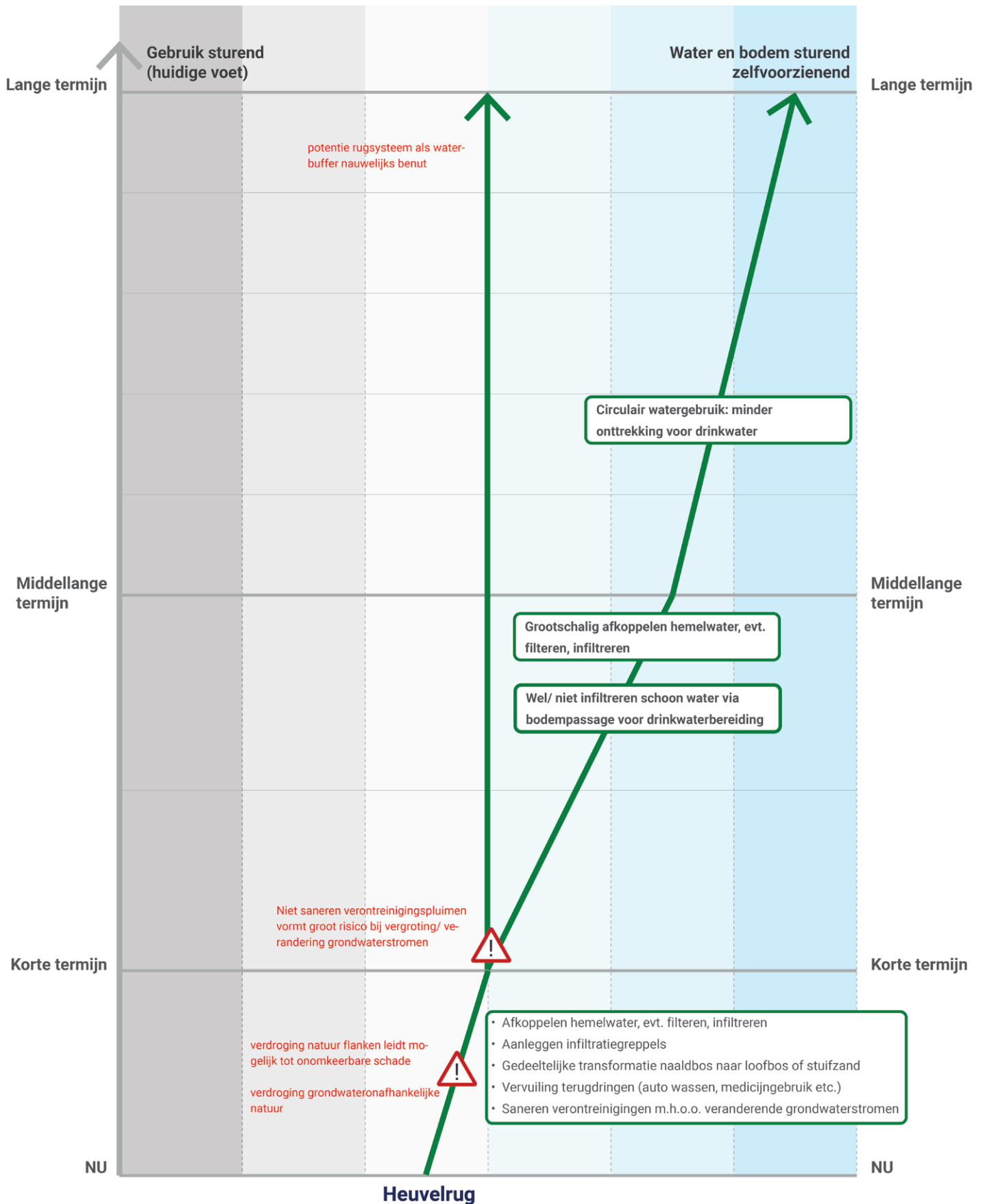
Op basis van de conclusies uit het ontwerpend onderzoek en de perspectieven zoals die geschetst zijn voor de deelgebieden zijn schema's met handelingsperspectieven opgesteld. Deze wijzen de weg naar een toekomstbestendige Heuvelrug Gooi en Vechtstreek, door bouwstenen gericht op systeemherstel en een duurzame wisselwerking tussen het water- en bodemsysteem, inrichting en functies. De 'bouwstenen' zijn uiteengezet voor de korte, middellange en lange termijn.

De handelingsperspectieven zijn verbeeld per deelgebied en in een totaalschema. De schema's laten zien in welke mate bouwstenen bijdragen aan de koers richting een autonoom systeem of er juist voor zorgen dat de huidige praktijk wordt voortgezet: een systeem waar gebruik in grote mate bepalend is. De mate waarin het huidige systeem gericht is op 'gebruik bepalend' of op 'bodem en water sturend' (de uitgangssituatie) verschilt per deelgebied.

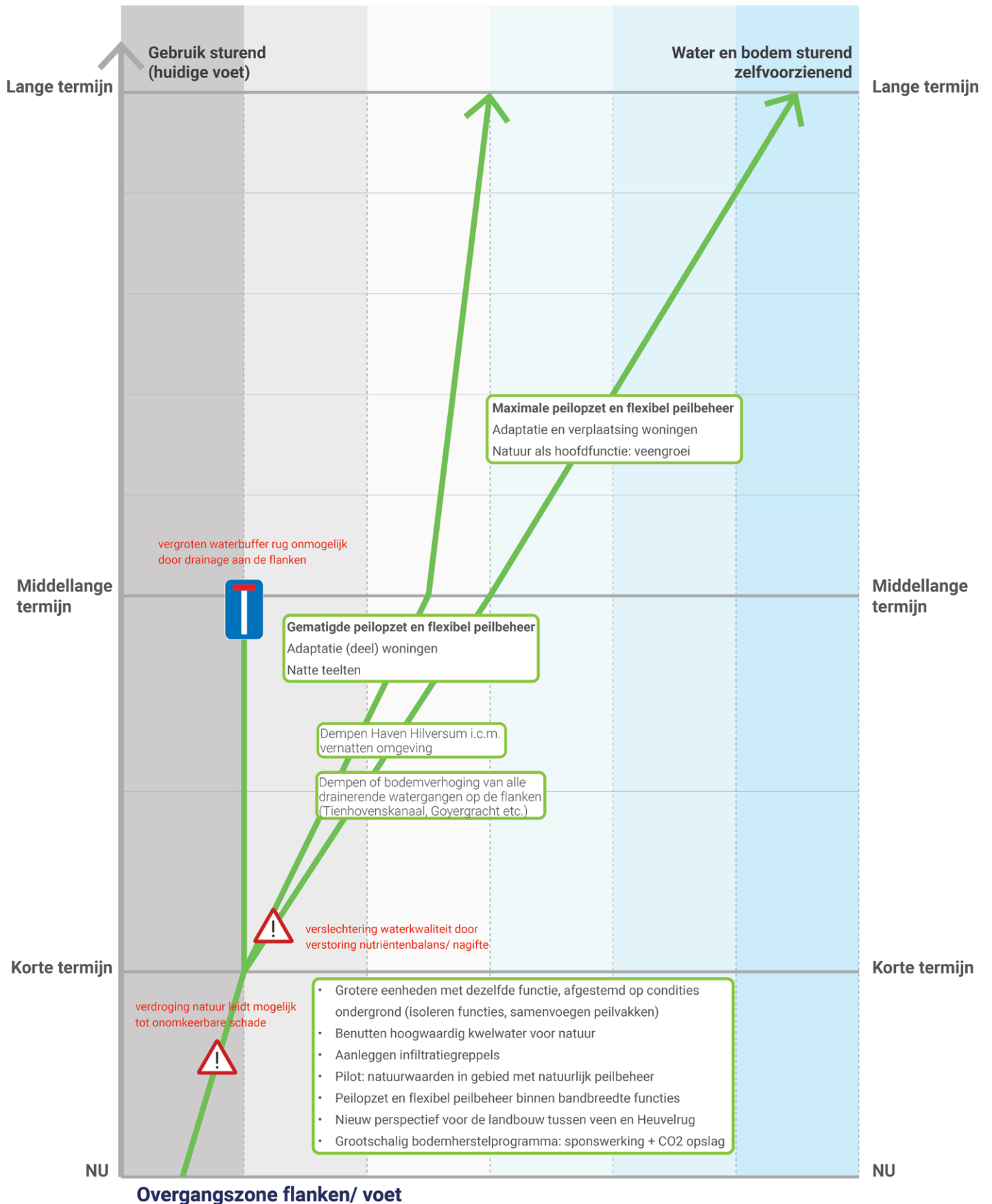
In de schema's per deelgebied zijn ook de toekomstige *lock in's* van bepaalde keuzes inzichtelijk gemaakt: waar loopt het water- en bodemsysteem in relatie tot de functies door de ingeslagen weg uiteindelijk tegen een muur aan?

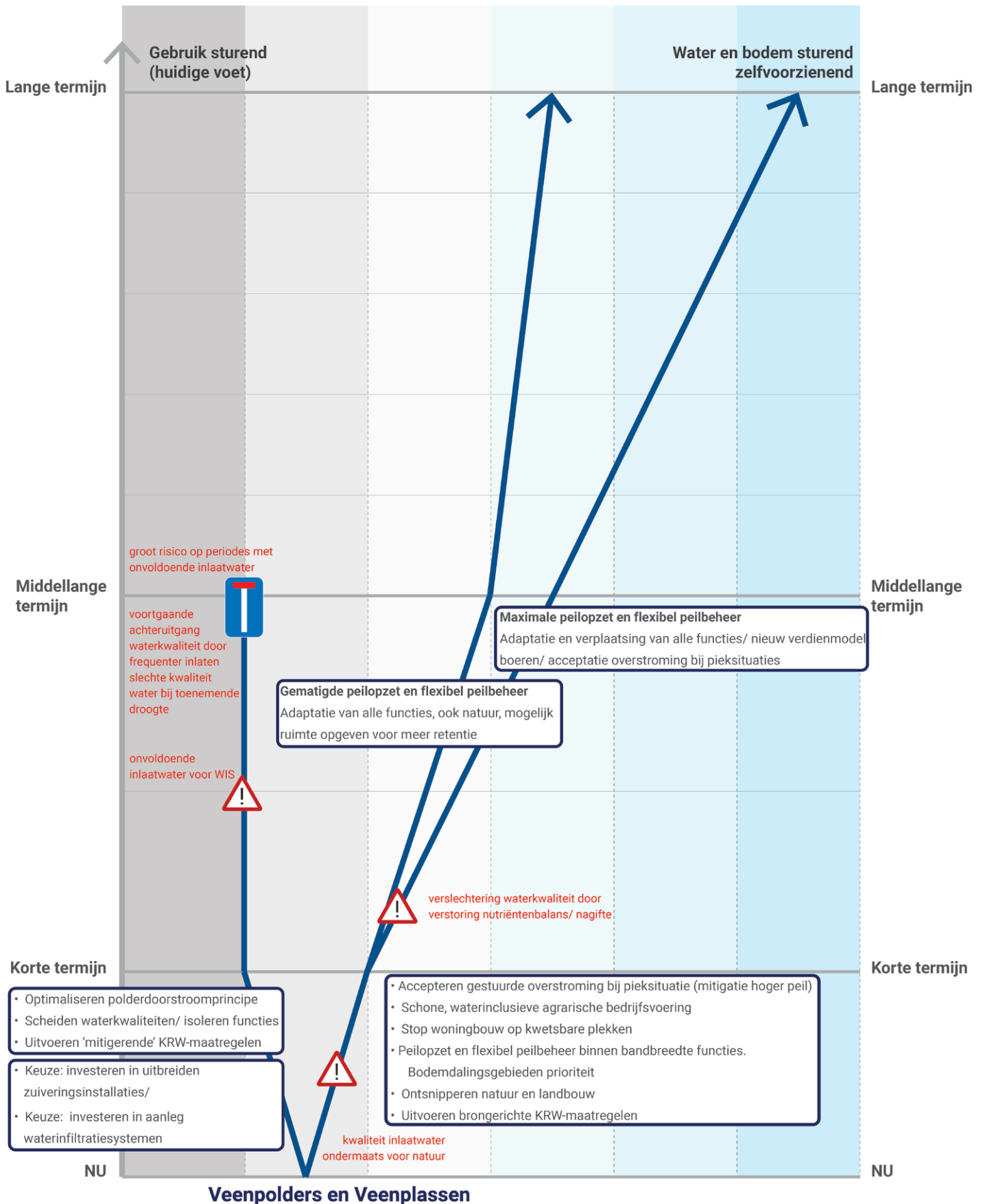
In het totaaloverzicht van het handelingsperspectief op p.88 hebben de verschillende bouwstenen een kleur gekregen. Er wordt onderscheid gemaakt in maatregelen die gericht zijn op technische optimalisatie, maatregelen waarbij als het ware meebewogen wordt met natuurlijke omstandigheden en ingrijpende transities met complexe gebiedsprocessen. De meest effectieve bouwstenen hebben een dik kader gekregen. Deze vallen meestal in de categorie van de ingrijpende transities. De meest complexe transities, zoals die van de diepe droogmakerijen en de overgangszone flanken/voet, zijn geplaatst binnen het vak van de lange termijn. Deze zijn uiteindelijk ook het meest effectief.

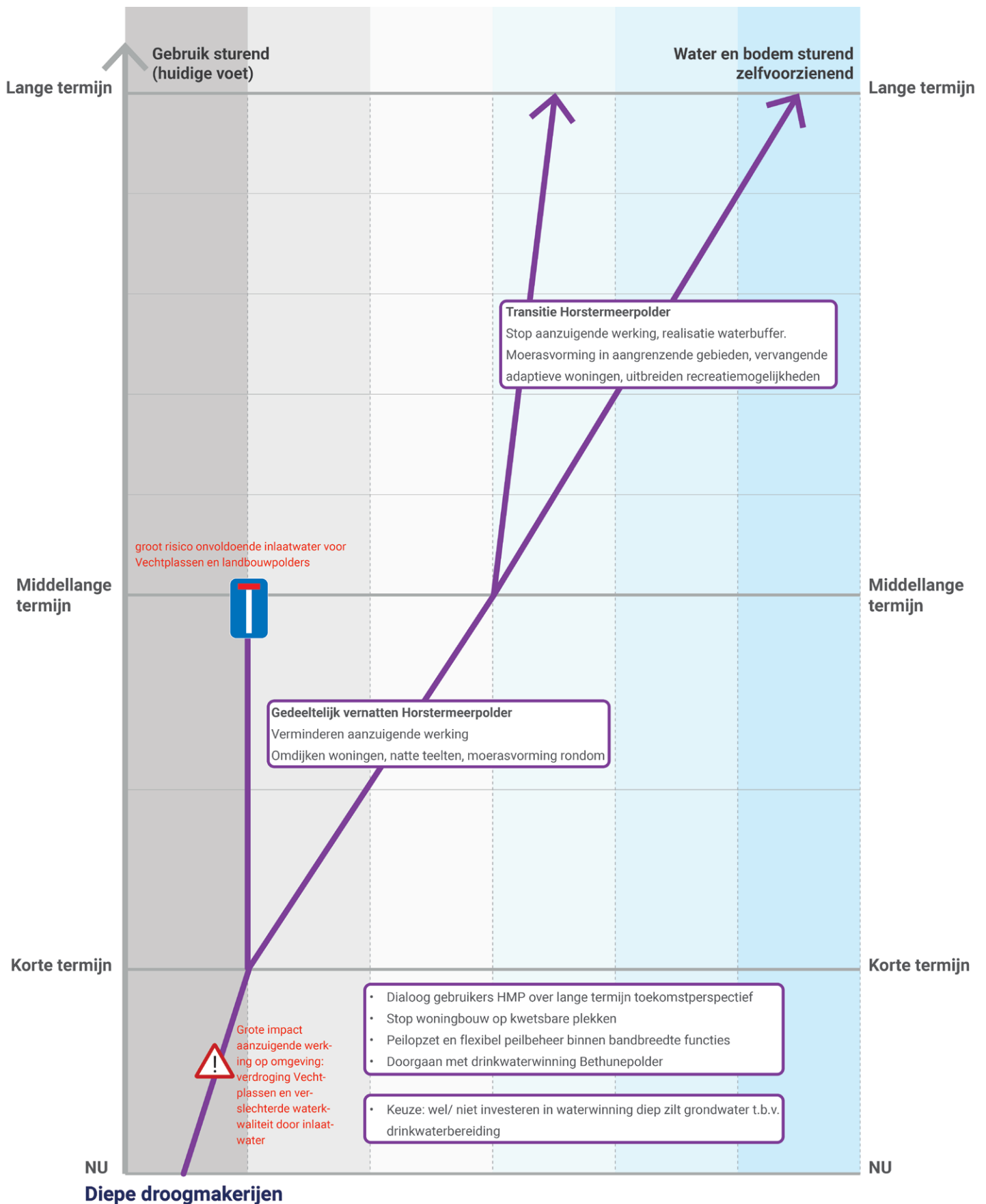


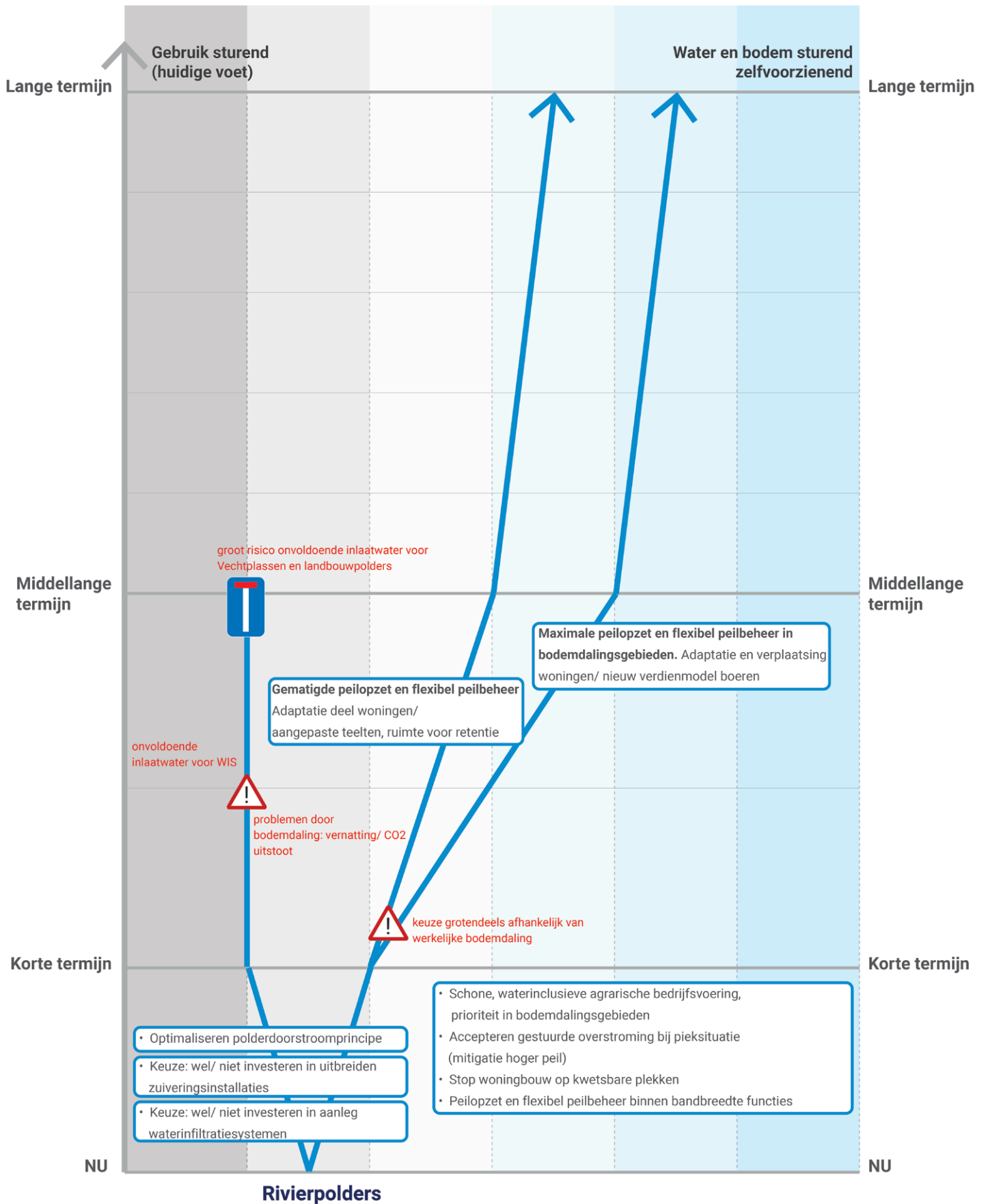


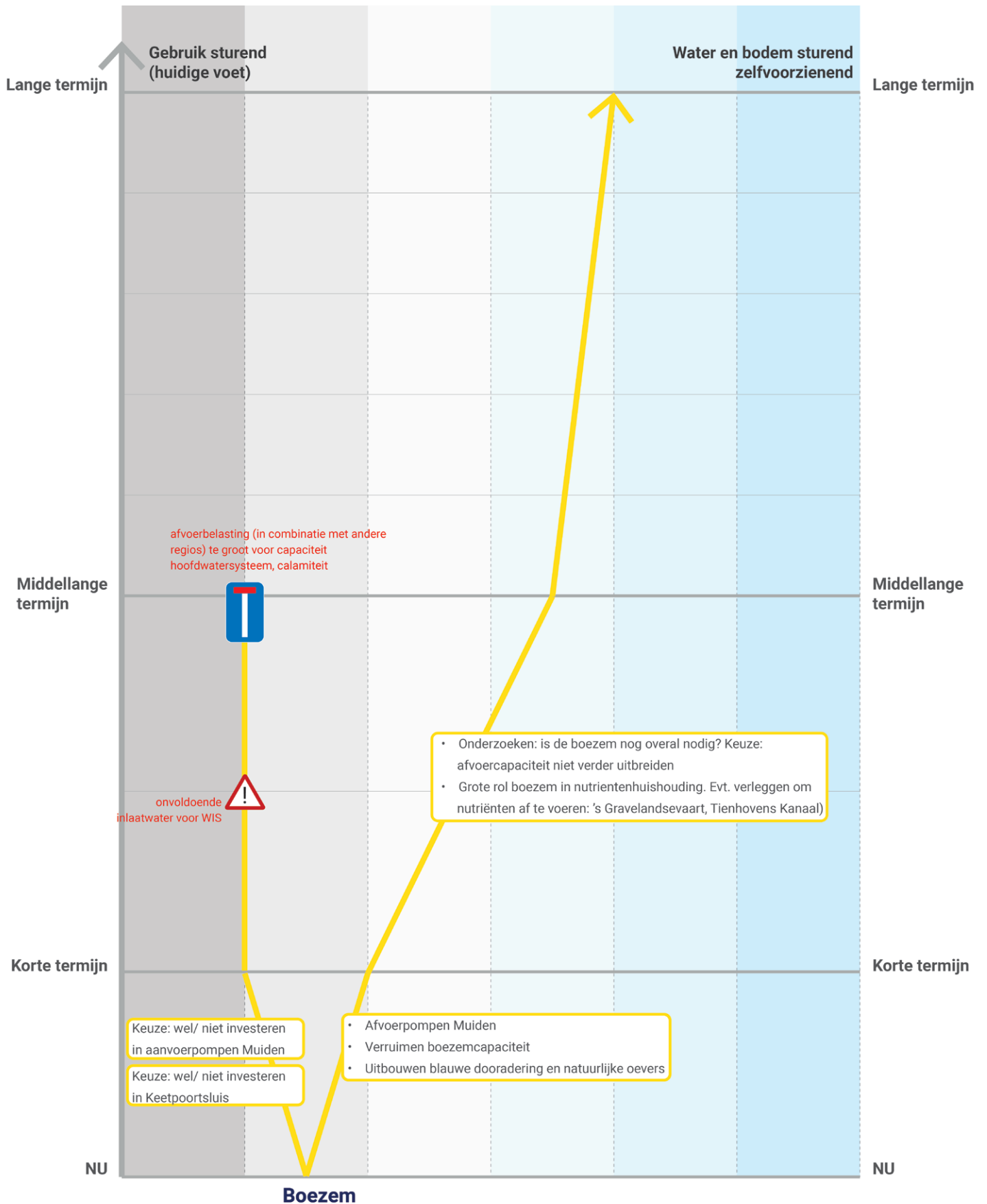
# HANDELINGSPERSPECTIEVEN PER DEELGEBIED





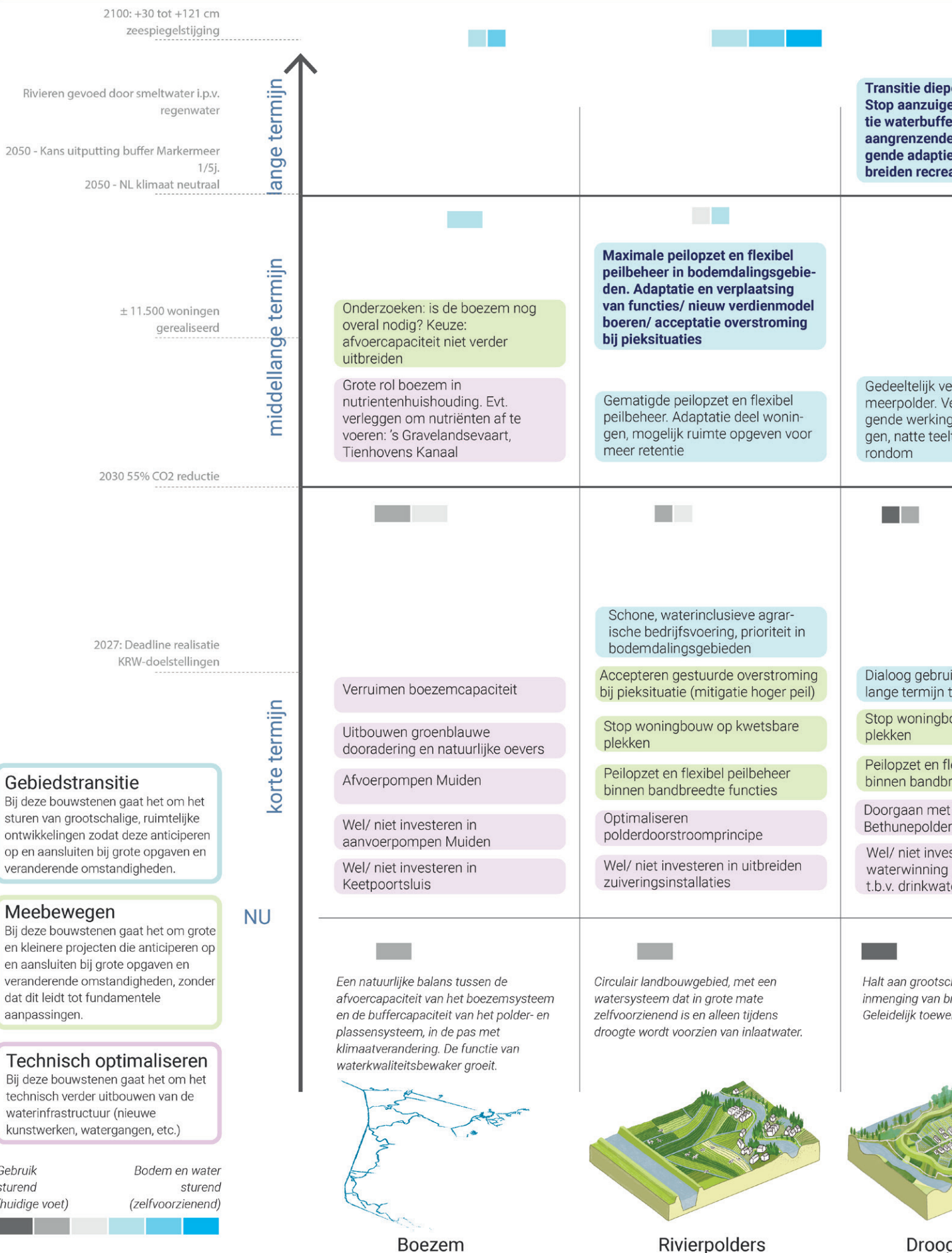






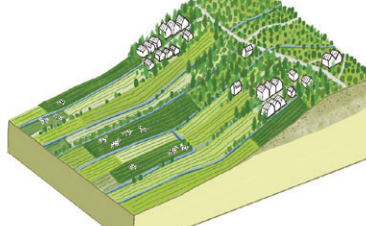
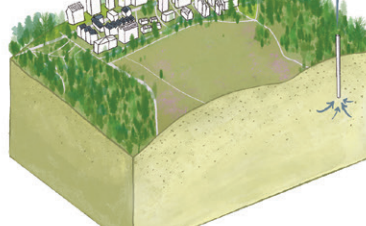




# Handelingsperspectief Toekomstbestendige Heuvelrug, Gooi en Ve...





<p>droogmakerijen. <b>Bestaande werking, realisatie van Moerasvorming in kwetsbare gebieden, vervanging van woningen, uitbreidingsmogelijkheden</b></p>		<p><b>Maximale peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie en verplaatsing woningen. Natuur als hoofdfunctie: veengroei</b></p>	<p><b>Circulair watergebruik: minder onttrekking voor drinkwater</b></p>
<p>vernatten Horstermerminderen aanzuigen. Omdijken woningen, moerasvorming</p>	<p><b>Maximale peilopzet in bodemdalinggebieden en flexibel peilbeheer. Adaptatie en verplaatsing van functies/ nieuw verdienmodel boeren/ acceptatie overstrooming bij pieksituaties</b></p> <p>Gemattigde peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie van alle functies, ook natuur, mogelijk ruimte opgeven voor meer retentie</p>	<p>Gemattigde peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie (deel) woningen. Natte teelten</p> <p>Dempen Haven Hilversum i.c.m. vernatten omgeving</p> <p>Dempen of bodemverhoging van alle drainerende watergangen op de flanken (Tienhovenskanaal, Goyergracht etc.)</p>	<p><b>Grootschalig afkoppelen hemelwater, evt. filteren, infiltreren</b></p> <p><b>Wel/ niet infiltreren schoon water via bodempassage voor drinkwaterbereiding</b></p>
<p>kers HMP over toekomstperspectief</p> <p>ouw op kwetsbare</p> <p>exibel peilbeheer breedte functies</p> <p>drinkwaterwinning</p> <p>steren in diep zilt grondwater bereiding</p>	<p>Schone, waterinclusieve agrarische bedrijfsvoering, prioriteit in bodemdalinggebieden</p> <p>Accepteren gestuurde overstrooming bij pieksituatie (mitigatie hoger peil)</p> <p>Stop woningbouw op kwetsbare plekken (of adaptief)</p> <p>Peilopzet binnen bandbreedte functie prioriteit bodemdalinggebieden</p> <p>Ontsnippen natuur en landbouw</p> <p>Scheiden waterkwaliteiten/ isoleren functies</p> <p>Uitvoeren KRW-maatregelen</p> <p>Optimaliseren polderdoorstroomeprincipe</p> <p>Wel/ niet investeren in uitbreiden zuiveringsinstallaties</p>	<p>Grotere eenheden met dezelfde functie, afgestemd op ondergrond</p> <p>Benutten hoogwaardig kwelwater voor natuur</p> <p>Aanleggen infiltratiegreppels</p> <p>Pilot: natuurwaarden in gebied met natuurlijk peilbeheer</p> <p>Peilopzet en flexibel peilbeheer binnen bandbreedte functies</p> <p>Nieuw perspectief voor de landbouw: schoon, waterinclusief</p> <p>Grootschalig bodemherstelprogramma</p>	<p>Afkoppelen hemelwater, evt. filteren, infiltreren</p> <p>Aanleggen infiltratiegreppels</p> <p>Gedeeltelijke transformatie naaldbos naar loofbos of stuifzand</p> <p>Vervuiling terugdringen (auto wassen, medicijngebruik etc.)</p> <p>Nieuwe woningen 100% water- en natuurinclusief</p> <p>Saneren verontreinigingen m.h.o.o. veranderende grondwaterstromen</p>
<p>halige waterafvoer en rak grondwater. rken naar vernatting.</p>  <p>gmakerijen</p>	<p>Natuurlijk plassensysteem dat minder afhankelijk is van gebiedsvreemd inlaatwater, met de best mogelijke, toekomstbestendige oplossingen voor waterkwaliteitsvraagstukken. Extensieve landbouw in harmonie met de natuur.</p>  <p>Veenpolders- en veenplassen</p>	<p>Afwisselend en tegelijkertijd robuust landschap met een grote rol voor het vasthouden van water en het benutten van kwelwater voor natuur.</p>  <p>Overgangszone flanken/ voet</p>	<p>Maximaal infiltratielandschap waarbij elke bron van vervuiling is uitgesloten.</p>  <p>Heuvelrug</p>

## 7.4 AANBEVELINGEN EN VERVOLGONDERZOEK

### CONTINUEREN GEZAMENLIJKE, INTEGRALE AANPAK

Dit onderzoek is een eerste stap richting een toekomstbestendig, adaptief landschap met een duurzame wisselwerking tussen het bodem- en watersysteem en de functies. Pasklare oplossingen worden niet geboden. Wel komt er een duidelijke koers naar voren. De gezamenlijke, integrale aanpak zal vanaf hier moeten worden voortgezet om volgende stappen te kunnen zetten. Daarbij is de betrokkenheid van overheden, drinkwaterbedrijven, LTO, TBO's en bewoners van belang. Alle partijen samen moeten komen tot een gezamenlijke probleemperceptie én een gedeelde oplossingsrichting: dit document biedt daar handvatten voor.

Het gebiedsproces vanuit het PPLG is een belangrijk instrument om de verschillende maatschappelijke belangen te betrekken en tot uitwerkingen te komen.

### OPPAKKEN BOUWSTENEN DOOR CONCRETE PROJECTEN, ONDERZOEK EN GEBIEDSPROCESSEN

De maatregelen uit het handelingsperspectief voor de korte termijn dienen zo snel mogelijk te worden opgepakt. Ook de maatregelen voor de middellange en lange termijn leiden tot acties voor de komende jaren: onderzoekstrajecten dienen te worden uitgezet en gebiedsprocessen gecontinueerd of opgestart.

### OPBOUWEN BEELDBANK KLIMAATVERANDERING

In de communicatie kan het enorm helpen om de urgentie van de verschillende opgaven te kunnen illustreren aan de hand van foto's uit de regio. Het zou goed zijn om beelden van bijvoorbeeld wateroverlast bij woningen, droogteschade van natuur, verslechterende waterkwaliteit etc. te verzamelen en te gebruiken bij gebiedsprocessen.

### VERVOLGONDERZOEKEN

Vanuit het project komt een aantal noodzakelijke vervolgonderzoeken naar voren:

#### Uitvoeren niet-stationaire berekeningen

In deze studie zijn modelanalyses uitgevoerd met een stationair grondwatermodel. Om de werkelijke tijdsafhankelijk impact van verschillende bouwstenen te kunnen evalueren tijdens niet-stationaire berekeningen cruciaal.

#### Werkelijke omvang bodemdaling

Een van de belangrijke aanleidingen voor aanpassing van het huidige waterbeheer is de bodemdaling en broeikasgasemissie die plaatsvindt bij veenoxidatie. Vanwege peilbesluiten die al jaren niet zijn aangepast leeft de indruk dat de werkelijke bodemdalingssnelheid afwijkt van de kaarten van Deltares (zie P. 52). Aanvullend onderzoek is nodig om de werkelijke bodemdalingssnelheden binnen de regio vast te leggen en daarmee de noodzaak van eventuele bouwstenen te kunnen onderbouwen. Om de noodzaak van maatregelen onomstotelijk vast te leggen is onderzoek regionaal onderzoek naar de werkelijke bodemdalingssnelheden noodzakelijk. Ook is het bij de zoektocht naar geschikte bouwstenen van belang om te onderzoeken welke condities bodemdaling precies in de hand werken: zijn gemiddelde grondwaterstanden of juist de uitschieters bepalend voor de mate van bodemdaling en broeikasgasmissie?

#### Verwerken inzichten nieuwe klimaatscenario's

Een tweede belangrijke aanleiding voor aanpassingen aan het huidige waterbeheer is de onzekerheid met betrekking tot de toekomstige beschikbaarheid van voldoende inlaatwater van goede kwaliteit. Hiervoor is de regio afhankelijk van de ontwikkelingen die o.a. als gevolg van klimaatverandering gaan plaatsvinden op het hoofdwatersysteem. Bij nieuw klimaatrapporten komen nieuwe inzichten beschikbaar, en worden oorspronkelijke inzichten bijgesteld. Voor de Gooi- en Vechtregio is het van belang om aan de hand van nieuwste inzichten blijvend te analyseren wat dit betekent voor de aanvoermogelijkheden. Ook is het van belang om de impact van

aanvoertekorten te onderzoeken om eventuele bouwstenen te goed te kunnen overwegen.

### Effectiviteit Water Infiltratie Systemen (WIS)

Water Infiltratie Systemen (WIS) zijn een potentiële bouwsteen om doelstellingen met betrekking tot grondwaterregimes in veenweidegebieden (zoals opgenomen in WBS-kamerbrief) te realiseren. WIS is een relatief jonge techniek, eerste onderzoeken wijzen erop dat de grondwaterstanden effectief gereguleerd kunnen worden maar dat dit wel gepaard gaat met nadelige gevolgen zoals een toenemende watervraag. Aanvullend regionaal onderzoek is nodig om de potentie van WIS in veenweidegebieden binnen de regio onomstotelijk vast te leggen:

- Wat is de effectiviteit met betrekking tot veenoxidatie reductie? Nu en op lange termijn (duurzaamheid)?
- Wat zijn de consequenties voor de regionale watervraag?
- Wat zijn de consequenties op piekafvoeren?
- Welke is de impact op het uitspoelen van nutriënten?

### Kwaliteit kwelwater

In verschillende studies staat gerapporteerd dat kwel vanuit het Heuvelrugstelsel overwegend van goed kwaliteit is (o.a. basenrijk en nutriëntarm).

Het blijkt dat verschillende plekken waar aan de hand van grondwaterstudies goede kwel wordt verwacht toch sprake is van soms zeer nutriëntrijke kwel. Om ruimtelijke indeling volgens het Water en Bodem Sturend uitgangspunten handen en voeten te kunnen geven is het cruciaal om te weten wat de chemische samenstelling van kwelwater is op verschillende plekken, en wat deze kwelkwaliteit veroorzaakt. Zeker voor het realiseren van kwelherstellende bouwstenen is het van belang om uitspraken te kunnen doen over de kwelkwaliteit die in nieuw kwelzones verwacht kan worden. Levert het daadwerkelijk een verbetering op? Of is er een kans dat bijvoorbeeld op locaties met een holocene deklaag en/of historische maaiveldbelasting de waterkwaliteit achteruitgaat?

### Haalbaarheid flexibel peilbeheer

Via flexibel peilbeheer kan de afhankelijkheid van gebiedsvreemd water worden verminderd doordat grote hoeveelheden water in het watersysteem vastgehouden kunnen worden. In STOWA 2012, een studie die o.a. is gebaseerd op bevindingen uit 10 gebieden binnen Waternet en waar flexibel peilbeheer is ingesteld, worden onder meer de volgende bevindingen gepresenteerd:

- ‘Flexibel peilbeheer leidt tot veel minder wateraanvoer van buiten.’
- ‘Flexibel peilbeheer kan in de meeste gebieden bijdragen aan een betere waterkwaliteit door vermindering van de externe belasting met nutriënten en sulfaat. Vooral in meren en plassen wordt een verbetering van de waterkwaliteit verwacht.’
- ‘Als is gekozen om het peil na instellen van flexibel peil gemiddeld te verhogen dan leidt deze opzet van het waterpeil tot meer oppervlakkige afspoeling, waardoor de externe belasting veel minder afneemt dan in andere gebieden of zelfs toeneemt.’
- ‘In de praktijk wordt flexibel peilbeheer echter nog weinig toegepast door onzekerheden over de effecten ervan op specifieke locaties, zoals in veengebieden. Het gebrek aan goede praktijkvoorbeelden leidt vaak tot maatschappelijke weerstand tegen het instellen van flexibele peilen.’

Ook in deze studie is duidelijk geworden dat er veel locatie specifieke kennis ontbreekt om de exacte uitwerking van flexibel peilbeheer in de Gooi- en Vechtregio te kunnen voorspellen. Locatie specifiek onderzoek zal moeten uitwijzen:

- Hoe groot de huidige potentie is voor op verschillende locaties binnen de regio? Wat zijn de belemmerende factoren, bijv. huidige functies zoals wonen? En zijn er mogelijkheden om op lange termijn, bijvoorbeeld door adaptatie of transitie van functies de peilmarges te vergroten?
- Er is nog veel onduidelijk over de exacte verandering in waterkwaliteit als gevolg van een transitie naar flexibel peilbeheer.

Wat zijn op verschillende locaties de consequenties voor de nutriëntenbalans, hoe kunnen mogelijke nadelige gevolgen gemitigeerd worden?

#### Vervolgonderzoek Heuvelrug als seizoenberging

Binnen WAAG wordt onder andere onderzocht wat de potentie voor seizoenberging is op de Utrechtse Heuvelrug. In de haalbaarheidsstudie is opgenomen: 'Het grondwatersysteem vormt een buffer van minimaal 2 weken, waarschijnlijk 4 weken en mogelijk nog langer, om innamestops te overbruggen of voor andere doeleinden, uitgaande van een jaarproductie van 25 Mm<sup>3</sup>/jr.' Vervolgonderzoek is nodig om deze potentie verder te onderzoeken waarbij ook onderzocht kan worden op welke manier de potentie kan worden vergroot. Wat zijn de beperkende factoren voor seizoenberging? En valt de potentie te vergroten, bijvoorbeeld door adaptatie van functies op de flank?

Voor alle bouwstenen die in deze studie staan beschreven geldt dat er niet is gekeken naar financiële haalbaarheid of kosteneffectiviteit. Ook dit zal in vervolgonderzoek aan bod moeten komen.

# BRONNEN

- Actualisatiebodemdalingvoorspellingskaarten (2021). Erkens, G., Kooi, H., Melman, R (2021). Deltares. Delft te raadplegen op: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/bodemdalingvoorspellings-kaarten>
- Boezemplan Amstel Gooi en Vecht 1.0 (2019). Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Amsterdam.
- Bosbodemonwikkeling en beheer op droge zandgronden (januari 2020). Erwin Al (Staatsbosbeheer), Ido Borkent (Bosland) en Jasprina Kremers (Probos). Vakblad natuur, bos, landschap.
- Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030 (2020). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en de gezamenlijke provincies. Den Haag.
- De geologische ontwikkeling van het Gooi gedurende het kwartaal (1975). Ruegg, G.H.J. K.N.A.G. Geografisch tijdschrift IX, pp. 202-213
- Factsheets KRW Waterlichamen (2020). Waternet. Amsterdam
- Gebiedsgerichte uitwerking wateropgaven AGV: als input voor de gemeentelijke omgevingsvisies (2020). Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Amsterdam.
- Geopark Heuvelrug Gooi en Vecht (21-06-2020). Stichting ter realisatie van Geopark Gooi en Vecht/ Stichting Geopark Heuvelrug. 18-02-2023, <https://www.geopark-Heuvelrug.nl>
- Haalbaarheidsstudie Handelingsperspectief WaterAanvoer en Aanvulling Gooi (WAAG) (2021). PWN, Vitens & Waternet.
- Het watersysteem van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht: Systeembeschrijving en gebiedsgerichte principes en uitgangspunten voor ruimtelijke ontwikkelingen en het operationeel beheer (2021). Ambient. Utrecht.
- Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse; comparison with earlier scenario studies (2015). Weiland, F., Hegnauer, M., Bouaziz, L., & Beersma, J. Deltares report, 1220042-000.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Kamerbrief Water en Bodem sturend (25 november 2022). De Minister van Infrastructuur en Waterstaat. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Koersdocument Gooi en Vechtstreek (2021). Rho adviseurs. Regio Gooi en Vechtstreek.
- Klimaatsignaal'21. Leren omgaan met onzekerheden (2022). Boezeman, D. F., & Donkers, H. W. H. A. KNMI.
- KNMI 14: Klimaatscenario's voor Nederland. (2014). Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B., & Lenderink, G. KNMI.
- Lange Termijn Visie voor de Drinkwaterwinningen in Het Gooi (2008). Boerefijn, M. Tauw. Utrecht.
- Leidraad Landschap en Cultuurhistorie (2018). Provincie Noord-Holland. 18-02-2023, <https://leidraadlc.noord-holland.nl/ensembles/het-gooi/>
- Onderzoek Biodiversiteit (2019). Eric van der Aa, Rowie Aan de Wiel. Regio Gooi en Vechtstreek.
- Onderzoek ruimtebehoefte wonen en werken (2019). Joost Jansen, Rob Durville. Regio Gooi en Vechtstreek.
-

- Ontwerp Waterbeheerprogramma Amstel, Gooi en Vecht 2022-2027 (2021). Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Amsterdam.
- Programma natuurontwikkeling 2021-2025 (2020). Provincie Noord-Holland.
- Regionaal Waterprogramma Noord-Holland 2022 - 2027 (2021). Provincie Noord-Holland. Haarlem
- Startnotitie Nationaal Programma Landelijk Gebied (juni 2022). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Den Haag: Rijkoverheid.
- Voorbereidend document expertsessie Oostelijke Vechtplassen en Naardermeer (9 feb 2023). Provincie Noord Holland.
- Verstedelijkingsconcept 2050: Metropool van grote klasse met menselijke maat (november 2021). Rijk-regio Stuurgroep Verstedelijkingsstrategie MRA. Amsterdam: Metropool Regio Amsterdam.
- Water: De stromende verbinding tussen Gooi en Vecht, verleden en heden (1997). van Brussel, J.F.M.; Pomarius, H.; Vergroesen, A.J.J. *Landschap* 14(1).
- Waterpraatplaat (2020). Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Amsterdam.
- Throughflow as a determining factor for habitat contiguity in a near-natural fen (2009). Van Loon, A. H., Schot, P. P., Griffioen, J., Bierkens, M. F. P., Batelaan, O., & Wassen, M. J. *Journal of hydrology*, 379(1-2), 30-40.

# COLOFON

Inhoud: H+N+S Landschapsarchitecten en HydroLogic

Projectnummer: 2837

**Opdrachtgever:** Regio Gooi en Vechtstreek (RGV), Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), Metropoolregio Amsterdam (MRA), Provinciaal Waterbedrijf van Noord-Holland (PWN), Vitens, Waternet en provincie Noord-Holland (PNH)

**Datum:** 07-06-2023

## **Projectteam**

Bart van Manen (RGV), Thijs Sanderink (PNH), Birte Querl (PNH/ MRA), Muriël Houdé (Vitens), Marijke Ruitenbeek (AGV), Arne Bosch (Waternet), Koen Zuurbier (PWN)

## **Adviseur onderzoek grondwatersysteem**

Siebren van der Linde (Waternet)

## **Betrokken organisaties (deelname werksessies)**

Regio Gooi en Vechtstreek, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Metropoolregio Amsterdam, Provinciaal Waterbedrijf van Noord-Holland, Vitens, Waternet, provincie Noord-Holland, provincie Utrecht, gemeente Hilversum, Laren, Blaricum, Huizen, Wijdmeren en Gooise Meren, Natuurmonumenten, Goois Natuurreservaat, Staatsbosbeheer, LTO

## **Team**

### *H+N+S Landschapsarchitecten*

Pieter Schengenga (supervisor)

Marijne Beenhakker (sr. landschapsarchitect, projectleider)

Jaap van der Salm (sr. landschapsarchitect, projectleider)

Marijne Kreulen (jr. landschapsarchitect)

Sandra Cueva Cortez (grafische verbeelding)

### *HydroLogic*

Janneke de Graaf (projectleider)

Ruben Boelens (adviseur)

**H+N+**  
**S+ +**  
*Hydro*  
**Logic**

**H+N+S**  
**Landschapsarchitecten**

**Bezoekadres**  
Soesterweg 300  
3812 BH  
Amersfoort

**Postadres**  
Postbus 1603  
3800 BP  
Amersfoort







**BIJLAGE 1:**

**TOELICHTING  
TOEKOMSTBEELDEN**

## 0. REFERENTIESITUATIE



Overzichtstekening ter illustratie van het toekomstbeeld 'Referentiesituatie 2100'.

### 8.1.1 BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- De kans dat zich tot 2100 periodes voordoen waarin tijdelijk geen (gebiedsvreemd) inlaatwater beschikbaar is zal toenemen. Dat leidt tot watertekorten voor natuur, landbouw en stedelijke voorzieningen;
- Extremere en meer frequente droge periodes kunnen onomkeerbare droogteschade bij natuur veroorzaken, ook temperatuurstijging heeft een negatief effect. In grondwaterafhankelijke natuur op de flanken van het Gooi zullen grondwaterstanden vaker uitzakken.
- Ook op de grondwateronafhankelijke natuur op de hogere delen van het Gooi treedt verdroging op, mogelijk vindt er een transitie naar drogere vegetatie plaats;
- Het is waarschijnlijk dat grote delen van de hoogwaardige terrestrische en aquatische natuur in de regio verder achteruitgaan en mogelijk verdwijnen als gevolg van geleidelijk verslechterende waterkwaliteit, nog voordat bovengenoemde acute waterkwaliteitsknelpunten ontstaan. Instandhouding van de huidige natuurwaarden binnen dit toekomstperspectief is onwaarschijnlijk;
- Door een groeiende bevolking is de verwachting dat de drinkwatervraag de komende decennia nog sterk zal groeien. Rond 2030
  - 2035 ontstaan tekorten in de drinkwatervoorziening. Niets doen betekent dat nieuwe woningen niet aangesloten kunnen worden óf dat toch weer meer grondwater opgepompt moet worden. Dit is complex i.v.m. impact op andere functies;
- Geïnfiltreerde vervuilingspluimen op het Gooi en diffuse antropogene vervuiling in het poldersysteem vormen een risico wanneer deze als kwel aan het oppervlak komen (kennislacune);
- Ondanks peilfixatie gaat bodemdaling de komende decennia nog door. Door de afnemende ontwateringsdiepte worden de huidige landbouwvormen in sterk dalend gebied onmogelijk;
- Er kan met grote zekerheid gesteld worden dat tot 2100 meerdere situaties gaan plaatsvinden met substantiële wateroverlast in landelijk en stedelijk gebied als gevolg. Het afvoersysteem is in 2100 op alle facetten ondermaats. De kans op falende infrastructuur bij IJmuiden en de Afsluitdijk (onder druk van zeespiegelstijging en weerextremen) vormt ook een dreigend risico voor het Gooien Vechtgebied, als er geen ingrijpende maatregelen worden genomen.

Kritische Systeem Indicatoren: 0 – Referentiesituatie 2100					
<b>Afhankelijkheid en kwetsbaarheid van het hoofwatersysteem</b>					
Aanvoer					
Afvoer					
<b>Kwetsbaarheid voor droogte</b>					
Natuur					
Landbouw					
<b>Toekomstig beschikbaar volume voor drinkwaterbereiding</b>					
Hoeveelheid / zekerheid					
Impact op omgeving					
<b>Waterkwaliteit i.r.t. natuur</b>					
Terrestrisch					
Aquatisch					
<b>Bodemdaling</b>					
Broeikasgas emissie					
<b>Kwetsbaarheid door wateroverlast</b>					
Landbouw					
Stedelijk gebied (bestaande woningvoorraad)					

Globale waardering aan de hand van Kritische Systeem Indicatoren voor toekomstbeeld 'Referentiesituatie'.

## 8.1.2 TOELICHTING BEORDELING KSI'S

### AFHANKELIJKHEID VAN HET HOOFDWATERSYSTEEM

Net zoals de regionale systemen staat het hoofdwatersysteem (IJsselmeergebied en ARK-NZK) onder druk van klimaatverandering. De huidige faciliterende functie van het hoofdwatersysteem kan in de toekomst niet altijd gegarandeerd worden.

#### Aanvoer

De afhankelijkheid van gebiedsvreemd inlaatwater in de zomerperiode neemt toe doordat de watervraag toeneemt tijdens periodieke neerslagtekorten. De inlaatmogelijkheden bij Muiden zijn met de huidige infrastructuur een groot knelpunt: in de periode tot 2100 zal de waterstand op het IJsselmeer waarschijnlijk meerdere malen onder de  $-0.3$  m NAP uitkomen, mogelijk zelfs  $-0,5$  m NAP (brief WBS, VKS Deltaprogramma), waardoor inlaat onder vrij verval niet mogelijk is en extra pompcapaciteit noodzakelijk zal zijn. De verwachting is dat er vanaf ca. 2025/2026 extra pompcapaciteit is gerealiseerd bij de Steenen Beer die ingezet kan worden als de waterstand op het Markermeer te laag is. Maar, dit zal wel de minimaal benodigde inlaatcapaciteit zijn en is op de lange termijn niet voldoende. De Muidertrekvaart zal vaker moeten worden afgesloten zodat er geen water vanuit Markermeer naar ARK weg lekt en ook de sluis in Weesp zal vaker moeten worden dichtgezet (zolang hier niet kan worden gesloten). Kortom, aanvoer van zoet water in tijden van droogte heeft ook impact op de (recreatie) vaart. De kans dat er zich tot 2100 één of meerdere periodes voordoen waarin tijdelijk geen water kan worden ingelaten als gevolg van peilbeheer in het IJsselmeergebied, aanpassingen aan de verdringingsreeks in combinatie met toenemende watervraag van andere regio's en beperkte rivierafvoeren neemt toe in het referentiebeeld. Een probleem dat zich al eerder voordoet is dat de kwaliteit van het inlaatwater onvoldoende is voor de functies in het gebied.

Als geen water kan worden inlaten bij Muiden kan onvoldoende tegendruk worden gerealiseerd om de noordwaartse stroming van brak water uit de Horstermeerpolder te voorkomen.

De zouttong op het ARK wordt teruggeduwd door aanvoer vanuit de Lek. Omdat in de toekomst vaker (zeer) lage rivierstanden te verwachten zijn vormt de zouttong op het ARK een bedreiging voor de zoetwatervoorziening en inlaat van water t.b.v. drinkwaterbereiding. Het is van belang dat zo min mogelijk zout water binnenkomt via de sluisen van IJmuiden en het Noordzeekanaal.

#### Afvoer

Door de toegenomen kans op extreme neerslag zal er meer en vaker piekafvoer plaatsvinden. De afvoer via de open verbinding met het ARK is direct afhankelijk van het functioneren van hetemaal en sluiscomplex IJmuiden en de gehanteerde peilen op het ARK-NZK. Het huidige ARK-NZK zit ook nu al aan zijn grenzen wat afvoercapaciteit betreft. Bij eventuele peilstijgingen op het Markermeer als gevolg van zeespiegelstijging kan er beperkt/niet worden gespuid bij Muiden. Er kan met grote zekerheid gesteld worden dat er in de referentiesituatie meerdere periodes van wateroverlast plaatsvinden door beperkte afvoermogelijkheden, behalve als de afvoermogelijkheden van het hoofdwatersysteem voldoende toekomstbestendig en redundant zijn aangelegd.

### KWETSBAARHEID VOOR DROOGTE

#### Grondwaterafhankelijke natuur en droogte

Tijdens extreem droge zomers die frequenter voorkomen en langer duren dan voorheen zullen grondwaterstanden tijdelijk verder uitzakken op de locaties op de flank en in terrestrische delen ter hoogte van de plassen, waar zeer kwetsbare grondwaterafhankelijke natuur voorkomt. Hogere verdamping leidt ook tot een hogere inlaatvraag om het peil in plassen te kunnen handhaven: dit water is niet zonder meer beschikbaar. Bovendien kan, met name in de vele percelen met wegzijging, verdroging niet worden verholpen door de inlaat van extra water. Op enkele meters van de sloot af is de verdamping dominant en de extra infiltratieflux uit de sloot

onvoldoende om verdroging tegen te gaan bij onvoldoende aanvoer van kwel. Grootschalige onomkeerbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur lijkt in dit toekomstperspectief een zekerheid.

#### Grondwateronafhankelijke natuur en droogte

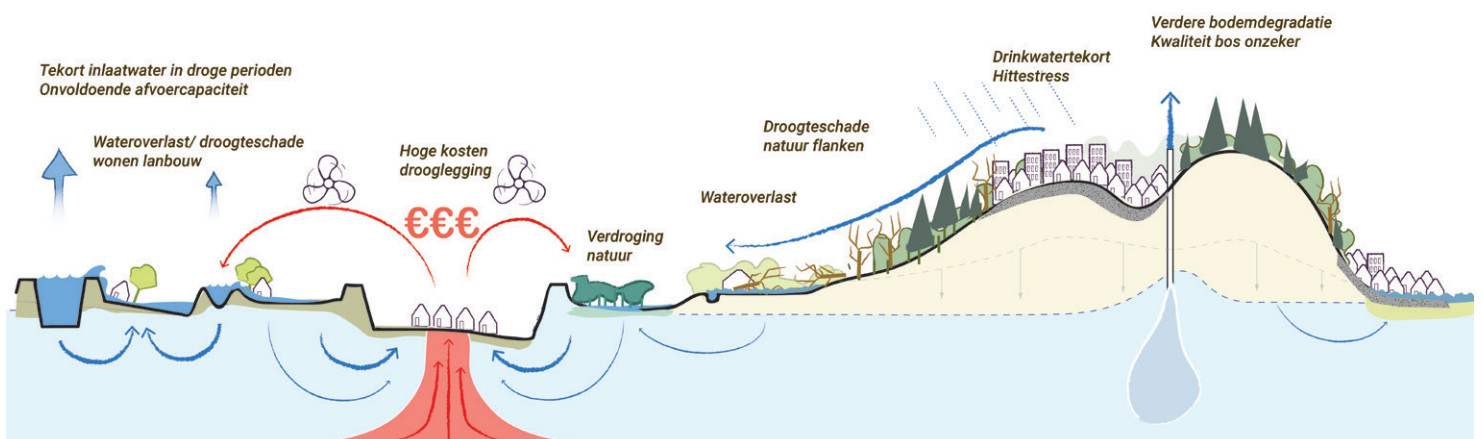
Op de hogere delen in de regio waar geen wateraanvoer mogelijk is zal de natuur direct de gevolgen ondervinden van een droger zomerklimaat. Natuur die niet resistent is tegen deze verandering van het klimaat zal onhoudbaar zijn. Binnen het polder- en plessensysteem waar wel wateraanvoer mogelijk is zal natuurschade als een direct gevolg van droogtestress langer voorkomen kunnen worden. Zolang er voldoende water kan worden aangevoerd om de peilen te handhaven (tijdens de zomer van 2018 was ~4 m<sup>3</sup>/s nodig) zal de meeste aquatische en ook terrestrische natuur van voldoende water voorzien kunnen worden. Grote onomkeerbare schade ontstaat op het moment dat dit inlaatdebiet (wat in de toekomst zal oplopen) tijdelijk niet geleverd kan worden. Op dat moment ontstaat direct droogtestress bij hoogwaardige natuurdoeltypen die in grote mate afhankelijk zijn van een specifiek grondwaterpeil en zal onomkeerbare schade optreden bij Natura 2000-gebieden, waardoor verplichte doelstellingen niet kunnen worden gehaald.

#### Landbouw en droogte

De landbouw is in beperkte mate afhankelijk van grondwater afkomstig van het Gooi. Alleen enkele landbouwpercelen op de westflank van de Heuvelrug zullen vaker te maken krijgen met uitzakkende grondwaterstanden. Met name de verminderende beschikbaarheid van inlaatwater vanuit de rivieren in droge perioden is voor de landbouw op de lange termijn een probleem. Op dit moment wordt er niet berekend in het gebied: droogte is (nog) nauwelijks een issue; de aanvoer van water ook niet echt. Als in de toekomst droogte wel een probleem vormt, dan is beregning een optie. Dat leidt tot een extra watervraag waar uiteindelijk niet aan kan worden voldaan. Uiteindelijk ontstaat droogteschade: een afname van de productiviteit in droge jaren en mogelijk ook bodemdegradatie.

#### Stedelijk gebied en droogte

Grondwater kan tijdens droogte en hittegolven te ver uitzakken en op de lange termijn schade veroorzaken aan (stedelijke) infrastructuur, kabels, leidingen en objecten (door verzakking van de bodem). De watervraag van natte/groene elementen in de stad neemt toe. In hoger gelegen stedelijke gebieden zal verdroging en daardoor hittestress optreden. Directe gevolgen zijn achteruitgang van de leefbaarheid, ziekte en oversterfte. In lagere stedelijke kernen kan dit water in principe worden aangevoerd, totdat aanvoerbepalingen kunnen optreden als gevolg van landelijke tekorten.



Schematische weergave en knelpunten toekomstbeeld 'Referentiesituatie'.

### TOEKOMSTIG BESCHIKBAAR VOLUME WATER VOOR WATERWINNING TEN BEHOEVE VAN DRINKWATERBEREIDING

In dit toekomstperspectief wordt er geen extra water gewonnen voor drinkwaterbereiding ten opzichte van de huidige situatie. Door een groeiende bevolking is de verwachting dat de drinkwatervraag de komende decennia nog sterk zal groeien. Rond 2030 – 2035 ontstaan tekorten in de drinkwatervoorziening. Niets doen betekent dat nieuwe woningen niet aangesloten kunnen worden. Ook de zekerheid van de huidige waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding is niet gegarandeerd, omdat er een mogelijkheid bestaat dat (bekende of onbekende) verontreinigingspluimen zich tot binnen de invloedssfeer van een winveld begeven. Zuivering is in dat geval noodzakelijk, wat gepaard gaat met forse aanvullende kosten.

### WATERKWALITEIT I.R.T. NATUUR

#### Waterkwaliteit i.r.t. eisen terrestrische natuur

Voor terrestrische natuur is de chemische samenstelling van het kwelwater een bepalende factor. Factoren die een rol spelen in de chemische waterkwaliteit voor de kwelafhankelijke natuur zijn: 1) voldoende bufferend vermogen, 2) voldoende lage fosfor en stikstof gehalten, 3) voldoende laag chloridegehalte en 4) geen pesticiden. Het grondwater vanuit het Gooi treedt uit in een smalle strook aan de flank. Over de locatiespecifieke kwaliteit van dit kwelwater is nog veel onbekend, in de toekomst vormen vooral historische vervuilingenpluimen een bedreiging t.o.v. de huidige kwaliteit.

Vrijwel het gehele polder- en plassenstelsel wordt gekarakteriseerd door korte lokale stroombanen: kwelwater is afkomstig uit de nabijgelegen wegzijgingslocaties. Omdat huidige peilen worden gehandhaafd zal hier in de referentiesituatie relatief weinig veranderen. Antropogene vervuiling die afgelopen jaren is gefiltreerd zal voor een deel in de periode tot 2100 weer uittreden op de verschillende kwellocaties. Nutriënten en pesticiden blijven nog zeer lang naleveren, óók als de huidige landbouwpraktijk verbeterd. Het is onzeker hoe lang de nalevering voortzet: dat zal per gebied verschillen.

#### Waterkwaliteit i.r.t. eisen aquatische natuur

De waterkwaliteit van oppervlaktewater is momenteel niet goed, en drukt daardoor een grote stempel op de aquatische natuur. De factoren die bijdragen aan een goede chemische waterkwaliteit voor aquatische natuur zijn: 1) fosforbelasting lager dan de kritische fosforbelasting, 2) voldoende laag chloride gehalte, 3) voldoende bufferende stoffen en 4) geen pesticiden. De vervuiling vanuit stedelijk gebied en landbouw zal in de referentiesituatie doorzetten en als gevolg van demografische ontwikkeling toenemen. Ook de kwaliteit van het buitenwater zal naar alle waarschijnlijkheid te maken krijgen met een zekere mate van vervuiling/verzilting.

Door de toenemende kans op droogte ontstaat steeds vaker een noodzaak om (gebiedsvreemd) water van slechte kwaliteit aan te voeren naar kwetsbare natuurgebieden. Een gebrek aan water is in de meeste gevallen schadelijker dan (tijdelijke) achteruitgang van de waterkwaliteit. Situaties zoals de zomer van 2018, waarin verzilt water moest worden ingelaten naar het Naardermeer, zullen steeds vaker voorkomen. De kans is groot dat een groot deel van de van de huidige Natura 2000-natuur bezwijkt als gevolg van slechte waterkwaliteit, nog voordat er daadwerkelijk waterkwantiteitsknelpunten ontstaan.

### BODEMDALING/ BROEIKASGASEMISSIE

De bodemdaling is voor twee situaties uitgewerkt door Deltares (zie p.52):

1. Sterke bodemdaling: peilindexatie en sterke klimaatverandering (o.b.v. WH2100): in dit toekomstperspectief daalt de bodem op veel plekken met 10-40 cm. Op verschillende locaties zoals in de omgeving van de Bloemendalerpolder, het westen van Naardermeerpolder en in de regio rond Westbroek en Oud Maarsseveen daalt de bodem met meer dan 60 cm.
2. Matige bodemdaling: peilfixatie en gematigde klimaatverandering (GL2100): de bodem daalt in dit toekomstperspectief op veel plekken 10 à 40 cm, met op enkele plekken uitschieters tot boven de 60 cm.

Bij indexatie van de waterpeilen (1) kunnen de



huidige functies gehandhaafd blijven.

Wel komt een grote hoeveelheid broeikasgas-  
sen (CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>) vrij: substantieel meer dan bij  
peilfixatie. Bij peilfixatie (2) zal de ontwater-  
ingsdiepte afnemen en is de huidige vorm van  
landbouw op veel locaties op den duur niet meer  
mogelijk. Door de kleinere drooglegging neemt  
ook de buffercapaciteit van het oppervlakte-wa-  
tersysteem af. Zowel voor grasland (landbouw)  
als voor stedelijk gebied (vooral ongefundeerd  
stedelijk gebied dat meezakt met de bodem)  
zullen grote delen van het poldersysteem niet  
meer voldoen aan de huidige normen voor water-  
overlast. De schade aan bebouwing als gevolg van  
verzakking zal initieel in huidig tempo doorgaan  
en geleidelijk afnemen als de bodemdaling af-  
neemt. De schade als gevolg van hogere grond-  
waterstanden (denk aan wateroverlast in kelders)  
zal daarentegen juist toenemen.

Ook in dit toekomstperspectief komt een grote  
hoeveelheid broeikasgassen (CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>) vrij.  
In beide toekomstperspectieven wordt onvol-  
doende bijgedragen aan de ambitie om in 2050  
klimaatneutraal te zijn.

#### **KWETSBAARHEID EXTREME WATEROVER- LAST**

In de referentiesituatie van 2100 is het afvoer-  
systeem zonder ingrijpen op alle onderdelen  
ondermaats. Een van de belangrijkste verande-  
ringen ten opzichte van de huidige situatie is de  
afgenomen buffercapaciteit in het poldersysteem  
als gevolg van verminderde ontwateringsdieptes  
en droogleggingen. De afvoercapaciteit van het  
boezemsysteem loopt nu al tegen zijn grens aan  
en kan de extra belasting vanuit het poldersys-  
teem niet aan. Tot slot is de infrastructuur om  
water af te voeren richting het hoofdwatersys-  
teem (spuimogelijkheden Muiden) ongeschikt.  
Daarbovenop zullen neerslagextremen alleen  
maar toenemen: in natte perioden stijgt de  
grondwaterstand. Toenemende verstedelijking  
(verharding) zorgt voor een afname van de infil-  
tratie/ bufferend vermogen.

#### **Stedelijke functies**

Door toegenomen hittestress in met name de  
hoger gelegen kernen, het drinkwatertekort,

verslechtering van waterrecreatie door verslech-  
terde waterkwaliteit, schade aan funderingen  
van woningen door lagere grondwaterstanden  
en natschade aan woningen bij hoge grondwa-  
terstanden wordt de bewoonbaarheid in het hele  
gebied verminderd. Met de toegenomen kwets-  
baarheid voor wateroverlast in met name de  
lagergelegen kernen wordt transitie van een deel  
van de bestaande woningvoorraad noodzakelijk.

#### **Landbouw**

Waarschijnlijk neemt de kans op steeds nattere  
winters in de toekomst toe. Daardoor zal vaker  
grondwateroverlast optreden, met natschade als  
gevolg.

## 8.2 TECHNISCHE FIJNREGULERING

De huidige functies (natuur, landbouw, wonen-werken-recreatie) en de bijbehorende streefpeilen worden zo goed mogelijk gefaciliteerd door het blijven doorvoeren van maatwerk, maar ook realiseren van technische oplossingen. De waterinfrastructuur wordt verder uitgebouwd met nieuwe kunstwerken, watergangen etc. Het scheiden van stromen met schoon en vuil water wordt ingezet om natuurwaarden zo goed mogelijk overeind te houden.

### 8.2.1 BOUWSTENEN PER DEELGEBIED

#### HEUVELRUG

- In het stedelijk gebied op de Heuvelrug wordt ingezet op afkoppeling en infiltratie van schoon water, waterbesparing en zelfvoorzienendheid door grotere circulariteit;
- In de bossen op de Heuvelrug worden infiltratiegreppels aangelegd om afstroom te beperken en infiltratie te stimuleren.

#### OVERGANGSZONE FLANKEN VOET

- De 'runoff', het afstromen van regenwater naar het oppervlaktewatersysteem, wordt beperkt door het stimuleren van infiltratie. Dat kan door de aanleg van infiltratiegreppels en/of terrassen;
- Plekken waar veel kwelwater uittreedt door de drainerende werking van verlagingen in het maaiveld of watergangen worden benut voor natuur: bijvoorbeeld de Hilversumse haven en het Hilversums Kanaal en de Hilversumse Meent;
- Ook aan de oostflank van de Heuvelrug worden plekken waar hoogwaardige kwel uittreedt benut voor natuur;
- In het Noorderpark wordt extra grondwater gewonnen ten behoeve van drinkwaterbereiding.

#### VEENPOLDERS EN VEENPLASSEN

- Peilfixatie: het huidig waterpeil wordt aangehouden. Maar, doordat het waterpeil niet mee daalt met de bodemdaling vindt in de praktijk 'passieve peilopzet' plaats: het grondwaterpeil komt steeds dichterbij maaiveld te liggen;
- D.m.v. peilgestuurde onderwaterdrainage i.c.m. drukdrainage wordt geprobeerd om de landbouwfunctie te behouden en toch vee-oxidatie en de daarmee gepaarde bodemdaling tegen te gaan. Met onderwaterdrains hebben percelen in voor- en najaar een betere draagkracht, ze worden kunstmatig vernat. Door aanleg van drainage in de percelen stroomt de neerslag veel sneller richting de sloten: zonder drainage is er immers vertraging via de bodem. Dit leidt zonder aanpassingen in het watersysteem tot een significante toename van de kans op wateroverlast. Aanvoer vindt plaats via belangrijke inlaten en het 'polderdoorstroomprincipe'. Laatstehoudt in dat kwelwater een lange weg aflegt door de polders van hogere naar lagere delen, om een groot gebied te bedienen van (in het begin) schoon water. Bij de belangrijkste inlaten en kwelstromen worden extra zuiveringsinstallaties gerealiseerd om water afkomstig uit Vecht, achterland en diepe droogmakerijen te defosfateren;
- Vervuiling wordt bij de bron aangepakt. De belasting van agrarische bedrijven, recreatievaart, overstorten, RWZI, vuilstorten etc. wordt zoveel mogelijk verminderd door bewustwording, regelgeving, zuivering via technische installaties, verwijdering of verplaatsing.

#### RIVIERPOLDERS

Voor de rivierpolders gelden dezelfde maatregelen als hierboven genoemd voor de veenpolders. Met als toevoeging:

- Door de beperkte afvoercapaciteit van de boezem tijdens calamiteiten/ een extreem neerslagevent is retentie op regionaal niveau noodzakelijk: de bergingscapaciteit wordt vergroot door realisatie van (nood)overloopgebieden vanuit ARK en de Vecht.



Overzichtstekening ter illustratie van het toekomstbeeld 'Technische Fijnregulering'.

### DIEPE DROOGMAKERIJEN

In de Bethunepolder vinden geen aanpassingen plaats, het kwelwater wordt hier reeds hoogwaardig benut voor drinkwaterproductie.

- Vanuit de Horstermeerpolder wordt het diepe brakke grondwater opgepompt en gezuiverd ten behoeve van drinkwaterbereiding. Zo wordt voorkomen dat brak water via de boezem terecht komt in natuurgebieden en tegelijkertijd invulling gegeven aan de drinkwaterbehoefte;
- Het resterende kwelwater uit de Horstermeerpolder wordt gezuiverd van fosfor en vervolgens gebruikt voor de aanvoer naar omliggende natuur via opvoergemalen (NB gebeurt al).

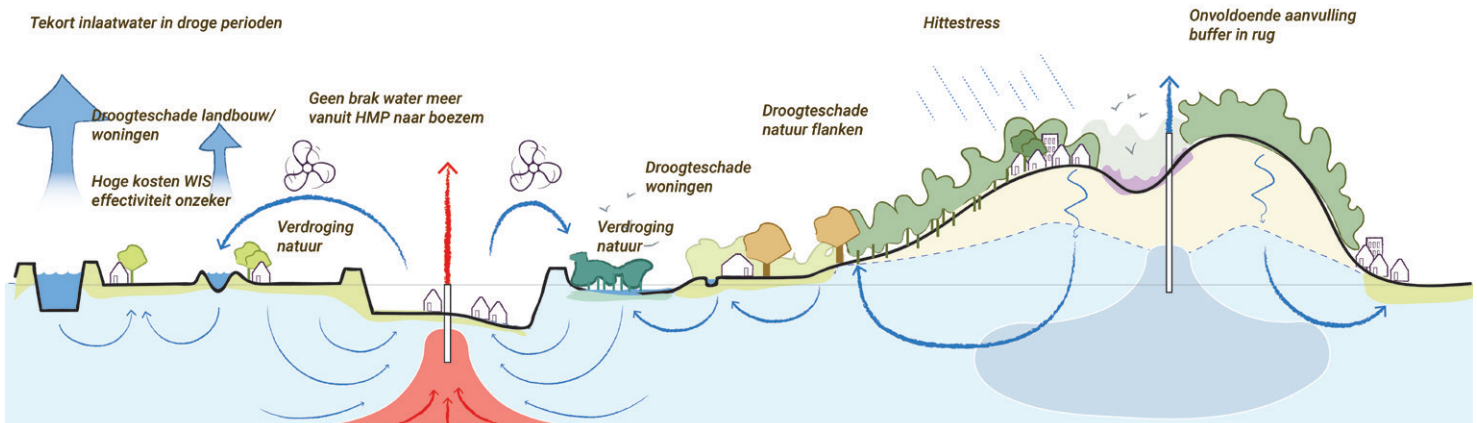
### BOEZEMSYSTEEM

- De bergingscapaciteit van de boezem en het ARK wordt uitgebreid door realisatie van (nood)overloopgebieden in de aangrenzende rivierpolders;
- De waterkeringen van het boezemsysteem worden versterkt;
- Op knelpuntlocaties wordt de boezem verruimd (mogelijk ten koste van huidige bebouwing);
- Door de Keetpoortsluis te automatiseren kan deze beter ingezet worden bij afvoersituaties;

- Door de noordelijke polders op het Markermeer af te laten voeren i.p.v. op de Noordertrekvaart kan mogelijk vervuiling van de trekvaart door verzilting en eutrofiëring worden voorkomen;
- Bij 's Graveland wordt een lokaal circulatiesysteem gerealiseerd: door her-infiltreren van drainagewater vanuit lager gelegen stedelijk gebied in Hilversum. Via het kanaal wordt water zijdelings afgeleid en in 's Graveland geïnfiltrerd;
- De pompcapaciteit voor zowel water aan- als afvoer uit het Markermeer wordt vergroot.

### DRINKWATERSTRATEGIE

- De huidige winningslocaties worden op kleine schaal uitgebreid;
- In de Horstermeerpolder wordt brak water gewonnen t.b.v. drinkwaterbereiding;
- In Noorderpark wordt extra grondwater gewonnen ten behoeve van drinkwaterbereiding;
- Uiteindelijk: sluiten van de drink- en afvalwater kringloop. Volledig gesloten waterkringloop waarbij voorgezuiverd water uit RWZI gezuiverd wordt tot drinkwaterkwaliteit. De waterbehoefte uit oppervlaktewater wordt zo veel kleiner.



Schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Technische Fijnregulering'.

## 8.2.2 BELANGRIJKSTE EFFECTENN

- Technische Fijnregulering biedt op korte en misschien middellange termijn perspectief voor het realiseren van een bodem- en watersysteem dat aan de eisen van landbouw, stedelijke functies en drinkwatervoorziening voldoet. De functie natuur is en blijft zeer kwetsbaar;
- Lock in: op de lange termijn en misschien al middellange termijn biedt Technische Fijnregulering waarschijnlijk onvoldoende perspectief omdat de zekerheid van de beschikbaarheid van aanvoerwater vanuit het hoofdwatersysteem onvoldoende gegarandeerd kan worden;
- De extra kwelflux die gerealiseerd wordt door infiltratiemaatregelen op de Heuvelrug is verwaarloosbaar ten opzichte van het totale waterkwantiteitsvraagstuk in het polder- en plessensysteem. Deze maatregelen zullen enkel op de flanken een verandering in het kwelpatroon teweegbrengen: niet in het vechtplassengebied;
- Het bewaken van de waterkwaliteit van infiltrerend water in stedelijk gebied bij het vergroten van infiltratie op de rug is een belangrijk aandachtspunt;
- Onzekere en uiteindelijk bepalende factor m.b.t. het aspect waterkwaliteit is de ontwikkeling van zuiveringstechnieken in de toekomst;
- Onzekere en uiteindelijk bepalende factor m.b.t. de bodemdalingsgebieden in gebruik voor landbouw is de werkelijke omvang van bodemdaling en de effectiviteit van waterinfiltratiemaatregelen (WIS). De nadelen van WIS (toename watervraag, nutriëntenuitspoeling en wateroverlastrisico's) zijn nog niet exact bekend en zullen gewogen moeten worden. Recente onderzoeksresultaten aan onderwaterdrainage lijken te laten zien dat het met onderwaterdrainage niet lukt om de grondwaterstanden op gewenst niveau te houden: verdamping en neerslag zijn de dominerende factoren in de grondwaterstanden. Dit onderzoek is nog niet gepubliceerd;
- Het is noodzakelijk om te blijven investeren om functies te kunnen blijven faciliteren onder de toenemende druk door klimaatverandering;
- In stand houden en uitbreiding van de huidige winlocaties betekent een aanzienlijk effect op natuur en waterkwaliteit.

Kritische Systeem Indicatoren: 1 – Technische Fijnregulering					
<b>Afhankelijkheid en kwetsbaarheid van het hoofdwatersysteem</b>					
Aanvoer					
Afvoer					
<b>Kwetsbaarheid voor droogte</b>					
Natuur					
Landbouw					
<b>Toekomstig beschikbaar volume voor drinkwaterbereiding</b>					
Hoeveelheid / zekerheid					
Impact op omgeving	?	?			
<b>Waterkwaliteit i.r.t. natuur</b>					
Terrestrisch					
Aquatisch					
<b>Bodemdaling</b>					
Broeikasgas emissie					
<b>Kwetsbaarheid door wateroverlast</b>					
Landbouw					
Stedelijk gebied (bestaande woningvoorraad)					

Globale waardering aan de hand van Kritische Systeem Indicatoren voor toekomstbeeld 'Technische Fijnregulering'.

### 8.2.3 TOELICHTING BEORDELING KSI'S

#### WATERVRAAG, AFVOERBEHOEFTE, BODEM- DALING

- Door realisatie van pompen bij Muiden (Grote Zeesluis Muiden/Stenen Beer) worden inlaatbeperkingen grotendeels verholpen. Uit modelanalyses door o.a. Deltares blijkt dat het toepassen van Water Infiltratie Systemen (WIS) zoals onderwaterdrainage en drukdrainage in droge periodes zal leiden tot een toenemende watervraag, terwijl in nattere periodes de piekafvoeren toenemen. In combinatie met de grotere weerextremen als gevolg van klimaatverandering ontstaat er een grotere afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem voor zowel aanvoer als afvoer, terwijl het hoofdwatersysteem steeds minder kan faciliteren. Voldoende water kan niet worden gegarandeerd. Periodes van inlaattekortingen en afvoerbeperkingen vanuit het hoofdwatersysteem zijn in dit toekomstperspectief zeer waarschijnlijk. Op de korte termijn zullen de huidige functies goed onderhouden kunnen worden maar op het moment dat het hoofdwatersysteem 'tegen een muur aanloopt' is een reeks aan lock-ins aannemelijk:
- Voor de korte termijn zal bodemdaling door middel van mogelijk WIS geremd kunnen worden. De bodem blijft ook met WIS dalen zolang peilen geïndexeerd worden, maar waarschijnlijk minder snel dan in de huidige situatie. Op het moment dat niet kan worden voldaan aan de extra watervraag van WIS raken deze systemen buiten werking en zal bodemdaling zich voortzetten als voorheen.
- Wanneer bodemdaling (al dan niet vertraagd) voortzet en het waterpeil niet mee daalt (peilfixatie) komt de grondwaterstand dichterbij het steeds lagere maaiveldniveau te liggen. Daardoor neemt de buffercapaciteit van de polders (de ruimte om tijdens pieksituaties water te kunnen bergen in de sloten en bodem) af en neemt de kwetsbaarheid voor wateroverlast toe;
- Als ontwateringsdieptes bij peilfixatie

afnemen zullen huidige landbouwwormen op locaties met bodemdaling onhoudbaar blijken;

- Bij peilindexatie zal het resterende veenpakket versneld oxideren en zullen de risico's en kosten voor ontwatering en optredende schade als gevolg van verzakkingen blijven oplopen. Door toenemende maaiveldverschillen zal de kwelafvoer in lagere gebieden toenemen terwijl wegzijging in hogere gebieden toeneemt: dit resulteert in een grotere inlaatbehoefte.

#### WATEROVERLAST

Door maatregelen aan het boezemsysteem kan met behoud van de huidige functies wateroverlast op korte termijn effectief gemitigeerd worden. De effectiviteit van deze maatregelen op lange termijn zijn voor een groot deel afhankelijk van de mate van bodemdaling. Wanneer de ontwateringsdiepte door bodemdaling wordt geminimaliseerd, is op grote schaal aanvullende buffercapaciteit nodig om het functioneren van het afvoersysteem ook bij toenemende piekafvoeren te kunnen waarborgen.

#### GRONDWATER

Infiltratiemaatregelen op het Gooi kunnen de grondwateraanvulling vergroten. Maar, het waterkwantiteitsknelpunt in de Vechtstreek kan met deze maatregelen niet worden opgelost. De extra kwelflux die in potentie gerealiseerd wordt is verwaarloosbaar ten opzichte van de totale watervraag in het polder- en plassenstelsel. Omdat de drainagebasis van de Heuvelrug niet wordt aangepast (huidige peilen blijven gehandhaafd) zullen alle maatregelen die op het Gooi plaatsvinden enkel op de flanken leiden tot een veranderende kwelfluxen (gebaseerd op berekeningen H5).

#### WATERKWALITEIT

Om de kwaliteit van aanvoerwater te verbeteren worden verschillende aanpassingen doorgevoerd aan het huidige watersysteem: aanvoerroutes worden geoptimaliseerd en geïsoleerd, op cruciale locaties wordt zuivering (hoofdzakelijk defosfatering) toegepast en de stedelijke vervuiling

wordt verminderd (o.a. door betere RWZI's). Op deze manier wordt de waterkwaliteit aangesloten bij de huidige functies. Mogelijk kunnen standaarden zoals die in KRW en N2000 zijn vastgelegd op de middellange termijn gehaald worden. Maar, er ontstaat bij Technische Fijnregulering een systeem met veel 'afhankelijkheden': dat maakt het kwetsbaar en niet robuust. Als de waterkwaliteit van het Markermeer en ARK verslechtert, en tegelijkertijd de afhankelijkheid van dit water in de regio toeneemt, zal de waterkwaliteit en daarmee de staat van de aquatische natuur uiteindelijk sterk achteruitgaan. Er zullen enorme investeringen moeten worden gedaan in betere zuiveringstechnieken.

#### **DRINKWATER**

Behoud en uitbreiding van de bestaande waterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding zorgt voor aanzienlijke negatieve effecten op de omgeving: door afname van de beschikbare hoeveelheid kwel (zie analyse Hoofdstuk 5). Dit leidt tot een afname van de kwel voor natuur, verdroging, bodemdaling etc.

Door de winning van brak grondwater voor de bereiding van drinkwater in de Horstermeerpolder kan (in potentie) aan een relatief klein deel van de toekomstige regionale watervraag voldaan worden 2-3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. De haalbaarheid van dit concept en de consequenties voor de omgeving worden momenteel onderzocht. Reductie of het opheffen van de zoutlast die via de Vecht naar het ARK moet worden afgevoerd zou met betrekking tot waterkwaliteit en waterkwantiteit (er hoeft minder water ingelaten te worden om de tegendruk bij Nigtevecht te creëren) een grote verbetering betekenen. Als het water in de Horstermeerpolder niet meer brak is, kan het na zuivering worden terug geleverd aan de omliggende plassen. Daarmee is het verdrogende effect van de polder grotendeels verdwenen.

## 8.3 NATUURLIJKE VARIATIE

Er wordt toegewerkt naar een in grote mate zelfvoorzienend systeem door een natuurlijker waterbeheer en de adaptatie van functies die daarbij noodzakelijk is. Het systeem wordt robuuster door versimpeling: minder regulering. Flexibel peilbeheer en peilopzet zijn de belangrijkste bouwstenen. Bij flexibel peilbeheer mag het peil vrij fluctueren tussen een maximaal en minimaal peil. Als het oppervlaktewaterpeil hoger of lager komt dan wordt water uitgemalen of ingelaten. De locatie van waterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding wordt herzien. Gebieden met bijzondere waterkwaliteit komen tot expressie in natuur. Grote aanpassingen aan de waterinfrastructuur zijn uitgesloten: die horen bij het toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'. In plaats van grootschalige verplaatsing van functies groeien landbouw en stedelijke functies als het ware toe naar natuur: landbouw wordt natter, woningen worden aangepast aan nattere en drogere omstandigheden. Zo ontstaat een groenblauw mozaïek van functies, die water- en natuurinclusief zijn: een landgoedachtige zone met een aantrekkelijk recreatieklimaat en daardoor goede mogelijkheden voor verbreding voor boeren.

### 8.3.1 BOUWSTENEN PER DEELGEBIED

#### HEUVELRUG

- In stedelijk gebied op de Heuvelrug wordt grootschalig ingezet op afkoppeling en infiltratie van schoon water, waterbesparing en zelfvoorzienendheid door grotere circulariteit. Er worden plekken ingericht om water vóór infiltratie te zuiveren, bijvoorbeeld in bestaande parken en bermen;
- In de bossen op de Heuvelrug worden infiltratiegreppels aangelegd om afstroom te beperken en infiltratie te stimuleren;
- De sponswerking van de bodem wordt verbeterd door transformatie naar (klimaatrobuuste, liefst inheemse) soorten met betere strooiselkwaliteit;
- De waterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding op de rug worden zo spoedig mogelijk stopgezet: deze belemmeren immers de kwelstroom naar de voet/flank.

#### OVERGANGSZONE FLANKEN VOET

- Grondwater wordt langer vastgehouden door peilopzet en het verhogen van de bodemhoogte in watergangen. De flanken worden daardoor natter;
- Natuur en landbouw worden ontvlochten, bv. door ruilverkaveling: zo ontstaat meer aaneengesloten natuur en landbouw;
- Woningen moeten worden aangepast aan nattere omstandigheden;
- Er is plek voor water- en natuurinclusief wonen in een 'landgoedmozaïek';
- Plekken waar hoogwaardige kwel uittreedt worden benut voor natuur. Bijvoorbeeld de kwelzone tussen de oostflank van het Gooi en Wakkerendijk (rond Eemnes);
- Landbouwpercelen gaan over op natte teelten en schone bedrijfsvoering;
- De 'runoff', het afstromen van regenwater naar het oppervlaktewatersysteem, wordt beperkt door het stimuleren van infiltratie door de aanleg van infiltratiegreppels en/of terrassen. Deze ingrepen zorgen tevens voor mitigatie van toegenomen kans op wateroverlast door de nattere condities
- Bij stedelijke kernen worden onttrekkingslocaties t.b.v. drinkwaterbereiding gerealiseerd zodanig dat mitigatie van grondwateroverlast in stedelijk gebied plaatsvindt. *NB: deze maatregel bleek niet kansrijk en valt af: zie beoordeling KSI's p. 114.*

#### VEENPOLDERS EN VEENPLASSEN

- Uitgangspunt is een natuurlijk plassensysteem dat (grotendeels) onafhankelijk is van gebiedsvreemd water, door flexibel peilbeheer. De oppervlaktewaterpeilen bewegen mee met de natuurlijke omstandigheden binnen een bestuurlijk vastgestelde peilmarge;





Overzichtstekening ter illustratie van het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.

- De bestaande woningen beperken de boven- en ondergrens (droogkomen van funderingen) van het flexibel peil sterk. Er wordt gebiedsgewijs gezocht naar een balans tussen aanpassen en verplaatsen van woningen en een natuurlijker peilbeheer met significant effect op grotere zelfvoorzienendheid van het watersysteem;
- Landbouwgronden worden natter en goede waterkwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Dat vraagt om nieuwe vormen (natte teelten) en extensivering van landbouw;
- Door uittredend kwelwater aan de flanken ontstaan potentieel uitstekende condities voor hoogwaardige natuur.

### RIVIERPOLDERS

- Peilopzet en flexibel peilbeheer zijn het uitgangspunt in bodemdalingsgebieden;
- Woningen worden indien noodzakelijk aangepast aan nattere omstandigheden;
- Landbouwgronden worden natter en goede waterkwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Dat vraagt om nieuwe vormen (natte teelten) en extensivering van landbouw;

### DEEPE DROOGMAKERIJEN

In de Bethunepolder vinden geen aanpassingen plaats, het kwelwater wordt hier reeds hoogwaardige benut voor drinkwaterproductie.

- In de Horstermeerpolder wordt het waterpeil opgezet, om de aanzuigende werking van water uit de omgeving en de hoeveelheid water die wordt weggepompt te verminderen (20-40 cm onder maaiveld).

Om dit mogelijk te maken worden bestaande woningen omdijkt. In de laagste delen wordt landbouwgrond die te nat wordt omgezet naar natuur. Voor de resterende landbouw worden nieuwe vormen en extensivering van landbouw toegepast door natte teelten;

- Vanuit de HMP wordt het diepe brakke grondwater opgepompt en gezuiverd t.b.v. drinkwaterbereiding. Zo wordt voorkomen dat brak water via de boezem terecht komt in natuurgebieden en ook gedeeltelijk invulling gegeven aan de drinkwaterbehoefte.

### BOEZEMSYSTEEM

- Het is noodzakelijk om de pompcapaciteit voor zowel water aan- als afvoer via het Markermeer uit te breiden;
- De waterkeringen van het boezemsysteem worden versterkt, de bergingscapaciteit van de boezem wordt uitgebreid door realisatie van (nood)overloopgebieden in de aangrenzende rivierpolders;
- Diep ingesneden watergangen, zoals de Hilversumse haven, een deel van het Hilversums Kanaal en het oostelijk deel van Tienhovens kanaal worden gedempt.

### DRINKWATERSTRATEGIE

- De winningen op de rug worden zoveel mogelijk opgeheven;
- Lokaal wordt grondwater t.b.v. drinkwaterbereiding gewonnen om wateroverlast aan woningen te voorkomen;
- In de HMP wordt brak water gewonnen t.b.v. drinkwaterbereiding.



Schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.

### 8.3.2 BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- Door de toepassing van flexibel peilbeheer wordt de afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem met betrekking tot wateraanvoer verkleind;
- Bodemdaling wordt door de nattere omstandigheden verminderd;
- Tijdens extreme droogte kan de ondergrens van het peilregime worden bereikt. Op dat moment is het hele systeem alsnog afhankelijk van gebiedsvreemd inlaatwater, zij het iets later in het droogteseizoen. Dit heeft dan alsnog zijn impact op o.a. bodemdaling en waterkwaliteit;
- Als ook vanuit het hoofdsysteem onvoldoende water beschikbaar blijkt treden problemen door droogte op, wat schadelijk is voor natuur. Deze situatie doet zich minder vaak voor dan bij technische fijnregulering;
- Het systeem is kwetsbaar voor wateroverlast omdat door de verhoogde peilen de bergingscapaciteit is verminderd. Acceptatie van frequente inundatie van bepaalde percelen is waarschijnlijk noodzakelijk, dat gaat mogelijk samen met het aanpassen van de functie;
- De maatregel om waterwinningen t.b.v. drinkwaterbereiding rond bestaande laaggelegen bebouwing te realiseren om zodoende de grondwaterstanden lokaal te verlagen is niet kansrijk. Binnen dit toekomstbeeld wordt niet voldaan aan het veilig stellen van de toekomstige drinkwatervraag;
- Adaptatie of verplaatsing van delen van de huidige woonvoorraad is noodzakelijk door hogere waterstanden;
- Over de waterkwaliteit in dit toekomstbeeld is nog veel onduidelijk. De kans is groot dat de langere verblijftijd van nutriënten in het systeem (als gevolg van flexibel peil) gaan leiden tot eutrofiëring. Daarbij is veel kwel niet schoon, waarmee een toename van kwel niet automatisch leidt tot verbetering. De brongerichte aanpak van vervuiling is een must. De natuurdoeltypen zoals die door Natura 2000 en KRW worden voorgeschreven kunnen zonder technische maatregelen waarschijnlijk niet worden behaald;
- Het bewaken van de waterkwaliteit bij het vergroten van infiltratie op de rug is een belangrijk aandachtspunt;
- De impact van veranderende grondwaterstromingen op de verplaatsing van historische antropogene vervuilingen is een belangrijk aandachtspunt;
- Samengevat: de haalbaarheid van dit toekomstbeeld, waarbij nieuwe technische maatregelen niet zijn meegenomen is twijfelachtig.

Kritische Systeem Indicatoren: 2 - Natuurlijke Variatie					
<b>Afhankelijkheid en kwetsbaarheid van het hoofdwatersysteem</b>					
Aanvoer					
Afvoer					
<b>Kwetsbaarheid voor droogte</b>					
Natuur					
Landbouw					
<b>Toekomstig beschikbaar volume voor drinkwaterbereiding</b>					
Hoeveelheid / zekerheid					
Impact op omgeving					
<b>Waterkwaliteit i.r.t. natuur</b>					
Terrestrisch		?	?	?	
Aquatisch	?	?	?		
<b>Bodemdaling</b>					
Broeikasgas emissie					
<b>Kwetsbaarheid door wateroverlast</b>					
Landbouw					
Stedelijk gebied (bestaande woningvoorraad)					

Globale waardering aan de hand van Kritische Systeem Indicatoren voor toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.

### 8.3.3 TOELICHTING BEORDELING KSI'S

#### WATERVRAAG, AFVOERBEHOEFTE, BODEM-DALING

Met het doorvoeren van flexibel peilbeheer wordt een reductie van de inlaatbehoefte van gebiedsvreemd water uit het hoofdwatersysteem gerealiseerd. De exacte uitwerking van flexibel peilbeheer in combinatie met peilverhoging zal bepalen in welke mate het plassensysteem afhankelijk blijft van gebiedsvreemd inlaatwater. Tijdens periodes van gematigde droogte is het mogelijk dat een groot deel van de regionale watervraag kan worden opgevangen door het toestaan van peilfluctuaties. Knelpunten kunnen ontstaan als tijdens droogte de ondergrens van het peilregime wordt bereikt en het gehele systeem alsnog volledig afhankelijk is van gebiedsvreemd water. Het zijn juist deze extreme scenario's waarin de druk op het hoofdwatersysteem ook vanuit andere regio's groot is, waardoor wateraanvoer misschien niet/beperkt mogelijk is. De grootte van de toegepaste peilmarge is bepalend voor de effectiviteit van flexibel peilbeheer, maar vanwege huidige functies (o.a. bebouwing, recreatie, landbouw) is deze vaak beperkt. De mogelijkheid van wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem via het boezemsysteem blijft kortom noodzakelijk. Niet in de laatste plaats omdat de waterbuffer die op locatie A wordt gerealiseerd niet zomaar benut kan worden op locatie B.

Wanneer het door de transitie naar een dynamisch watersysteem met hogere peilen lukt om de oppervlaktewaterstanden niet (of slechts sporadisch) tot onder de beheermarge te laten uitzakken dan zullen bodemdalingssnelheden substantieel gereduceerd worden. Maar, onderzoek naar de bepalende factoren van bodemdaling is noodzakelijk: zijn gemiddelde grondwaterstanden of juist de uitschieters bepalend voor de mate van bodemdaling en broeikasgasemissie? In hoeverre worden grondwaterstanden op enige meters uit de oever bepaald door de stand van het oppervlaktewaterpeil? En komen de berekende prognoses voor bodemdaling overeen

met waarnemingen uit het veld? Dit is nog een onderzoeksvraag binnen Bodemdaling Nederland: enkel met peilopzet (zoals in deze variant) krijg je vermoedelijk de zomer grondwaterstanden in het midden van de percelen niet hoger: de impact van de sloten werken niet zo ver door. Kortom: bodemdaling wordt maar in beperkte mate geremd.

#### WATEROVERLAST

Flexibel peilbeheer en peilopzet drukken een grote stempel op het waterafvoersysteem. De bergingscapaciteit in het oppervlaktewatersysteem wordt in dit toekomstperspectief drastisch verkleind, zeker als de oppervlaktewaterstanden aan de bovenkant van de grens van het peilregime staan op het moment dat er een extreme bui valt. Naar alle waarschijnlijkheid zullen de afvoerpieken niet volledig door het boezemsysteem kunnen worden afgevoerd. Het is binnen dit toekomststelsel onvermijdelijk dat bepaalde gebieden met enige regelmaat zullen inunderen, functies zullen worden aangepast / verschoven om de impact te minimaliseren. Er is wellicht een transitie nodig van faciliterend waterbeheer naar een waterbeheer waarbij adaptatie (functies), acceptatie en compensatie een prominentere rol spelen.

Binnen dit toekomstbeeld komt de huidige bebouwing onder druk te staan. Naast het toenemende risico op inundatie van bestaande infrastructuur zal natschade als gevolg van hogere grondwaterstanden in veel van de lagergelegen woningen onontkoombaar zijn.

Adaptatie van een groot deel van de huidige woningvoorraad is onvermijdelijk, op plekken met veel bodemdaling. Om landbouw binnen dit toekomstbeeld te kunnen behouden is voor sommige plekken een transitie naar natte teelten noodzakelijk, hier moet een gedegen *businesscase* voor zijn.

#### GRONDWATER

De inlaatbehoefte wordt verkleind doordat er meer water beschikbaar is vanuit het grondwatersysteem. Door het stopzetten van de water-

winning ten behoeve van drinkwaterbereiding stroomt er meer grondwater af van het Gooi naar de flank. Doordat de peilen in het plassegebied worden verhoogd verschuift de drainagebasis van de Heuvelrug en reiken stroombanen vanuit het Gooi tot verder in het plassegebied. Hogere peilen in de Bethunepolder en Horstermeerpolder verkleinen de kwelflux in die polders, waardoor de wegzijging en dus watervraag in de omgeving afneemt. De exacte watervraagreductie door peilopzet in de diepe droogmakerijen is afhankelijk van de mate van peilopzet, maar door het grote verschil in maaiveldhoogte en bestaande functies is de potentie beperkt.

#### **WATERKWALITEIT**

Door het stoppen van de waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding in het Gooi in combinatie met peilopzet in het plassegebied zal het areaal waar diepe kwel vanuit het Gooi uittreedt iets toenemen. Ook in het plassensysteem zal als gevolg van peilaanpassingen een overgang plaatsvinden van wegzijgingszones naar kwelzones en vice versa. Aan de hand van bestaande informatie is het moeilijk om betrouwbare voorspellingen te doen m.b.t. de impact van een nieuw kwelpatroon op de kwaliteit van die kwel, maar gelet op de slechte grondwaterkwaliteit door decennia van antropogene vervuiling is het niet mogelijk ervan uit te gaan dat kweltoename per definitie goed is voor de waterkwaliteit.

Het oppervlaktewater in het polder- en plassensysteem zal een andere chemische samenstelling krijgen. Door de langere verblijftijden van water in het systeem zal de waterkwaliteit meer door interne bronnen en neerslag gedomineerd zijn. Ook wordt de verblijftijd van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem vergroot. Er is nog veel onduidelijk over de exacte verandering in waterkwaliteit die gepaard gaan met een transitie naar flexibel peilbeheer. Toch is het zeer aannemelijk dat, als gevolg van bovenstaande processen met betrekking tot waterkwaliteit, de condities die noodzakelijk zijn voor N2000 en KRW-doelstellingen op veel van de huidige locaties in het plassegebied niet kunnen wor-

den gehaald. Vervolgonderzoek op dit vlak is noodzakelijk (zie 7.4, Aanbevelingen, paragraaf vervolgonderzoek, p 90).

Omdat huidige functies zoveel mogelijk behouden blijven, en er daardoor een mozaïek natuur landbouw en stedelijk gebied blijft bestaan, is het van belang om vervuiling bij de bron aan te pakken.

#### **DRINKWATER**

Het is binnen dit toekomstbeeld, waarbij technische maatregelen niet zijn meegenomen, zeer lastig om te voldoen aan de ambities zoals die in WAAG staan beschreven om de toekomstige drinkwatervraag voor een grotere regio veilig te stellen. De maatregel om waterwinningen ten behoeve van drinkwaterbereiding en te realiseren rond bestaande laaggelegen bebouwing om zodoende de grondwaterstanden lokaal te verlagen is in deze studie als niet kansrijk bestempeld:

- Voor waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding is schoon water vereist: in stedelijk gebied is dat moeilijk te garanderen;
- Voor waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding is een constant onttrekkingsvolume vereist. Voor optimalisatie van de grondwaterstand voor bestaande bebouwing zou je juist flexibel willen onttrekken (meer in de winter, minder in de zomer);
- Waterwinning t.b.v. drinkwaterbereiding op de flank heeft een groot negatief effect op de omliggende kwelwaterafhankelijke natuur, de impact is groter in vergelijking met winning op de Heuvelrug.

De technische haalbaarheid van waterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding in de Horstermeerpolder moet (ook in combinatie met peilopzet) onderzocht worden.

## 8.4 INTEGRALE HERINRICHTING

Ingrepen in het watersysteem én het landgebruik worden gecombineerd: ofwel de kansen van natuurlijke maatregelen in combinatie met technische maatregelen worden benut. De meest radicale aanpassingen horen thuis in dit toekomstperspectief. Pleisters plakken om de huidige functies overeind te houden is uitgesloten. Grote technische ingrepen (zoals grootschalig water aanvoeren) worden ingezet complementair aan het natuurlijke systeem. De waterinfrastructuur en het waterbeheer worden in aansluiting op de natuurlijke kringlopen geoptimaliseerd. Op de flanken en in de Horstermeerpolder vindt grootschalige verschuiving en aanpassing van functies plaats. Er worden grote aaneengesloten arealen met dezelfde functies gerealiseerd: het aantal 'postzegels' met conflicterende belangen wordt geminimaliseerd. Gebieden met natuurlijke potentie worden benut. Er vindt een verschuiving plaats van biodiversiteit/ natuurbelang en recreatie van de rug naar lagere (grondwaterafhankelijke) delen.

### 8.4.1 BOUWSTENEN PER DEELGEBIED

#### HEUVELRUG

- In stedelijk gebied op de Heuvelrug wordt grootschalig ingezet op afkoppeling en infiltratie van schoon water, waterbesparing en zelfvoorzienendheid door grotere circulariteit. Er worden plekken ingericht om water vóór infiltratie te zuiveren, bijvoorbeeld in bestaande parken en bermen;
- In plaats van te investeren in de transformatie van bos worden nieuwe stuifzanden ontwikkeld om de infiltratie te vergroten;
- De woningbouwopgave wordt waterinclusief ingepast op de rug;
- Vanuit oppervlaktewater wordt water opgepompt, gezuiverd en na bodempassage in het Gooi weer gewonnen voor drinkwater in de huidige winlocaties.

#### OVERGANGSZONE FLANKEN VOET

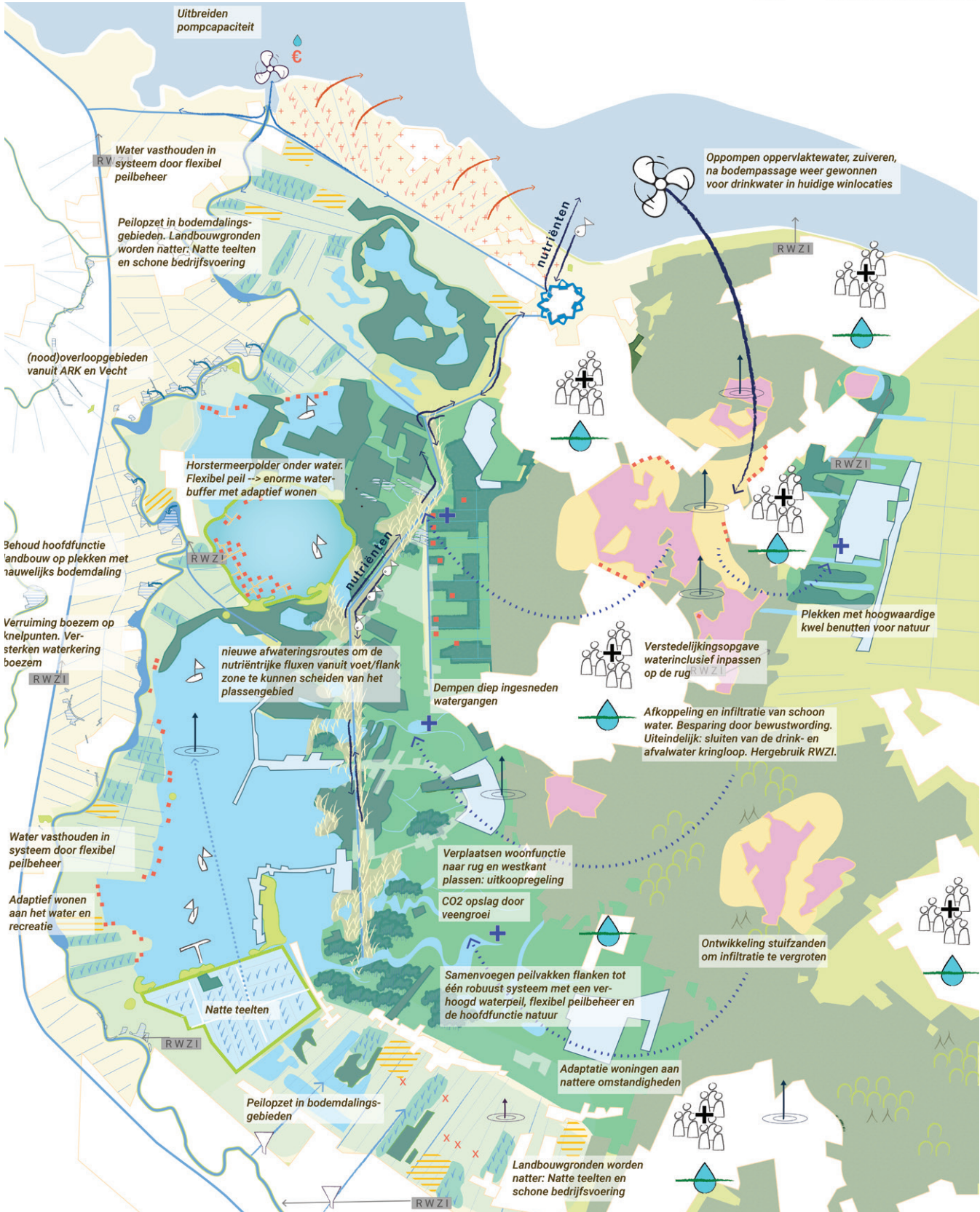
- De peilvakken op de flanken worden samen gevoegd tot één robuust systeem met een verhoogd waterpeil, flexibel peilbeheer en de hoofdfunctie natuur. Door hoogteverschil ontstaat binnen de peilvakken variatie, wat gunstig is voor natuur;
- Op deze plek kan weer veen gaan groeien en zo wordt een grote hoeveelheid CO<sub>2</sub> opgeslagen;
- Het kwelwater dat door dit groeiende veen stroomt wordt in principe voedselarmer en wordt als doorstroomveen benut als voeding voor de plassen;
- Nutriëntrijke afwateringsroutes kunnen hydrologisch gescheiden worden van het plassen gebied: zie 'boezemsysteem';
- Voor woningen wordt een uitkoopregeling in werking gezet. Overgebleven 'landbouwenclaves' tussen natuurgebieden worden getransformeerd naar natuur of circulaire duurzame landbouw.

#### VEENPOLDERS EN VEENPLASSEN

- Doel is een natuurlijk plassensysteem dat (grotendeels) onafhankelijk is van gebiedsvreemd water, door flexibel peilbeheer;
- Landbouwgronden worden natter en goede waterkwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Dat vraagt om nieuwe vormen en extensivering van landbouw: natte teelten;
- De natuurdoeltypen zoals die door Natura 2000 worden voorgeschreven kunnen niet worden behaald. Er vindt 'uitruil' plaats met gebieden op de flanken waar door uittredend kwelwater uitstekende condities ontstaan voor hoogwaardige natuur;
- Aan de westkant van de plassen wordt een nieuw woongebied aangewezen als compensatie voor het wonen op de flanken, met adaptief wonen als uitgangspunt. Hier ligt het zwaartepunt van recreatie.

#### RIVIERPOLDERS

- Toepassen van flexibel peilbeheer en peilopzet. Peilopzet in bodemdalingsgebieden heeft prioriteit;
- Landbouwgronden in bodemdalingsgebieden



Overzichtstekening ter illustratie van het toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'.

worden natter en de waterkwaliteit is een belangrijk aandachtspunt. Dat vraagt om nieuwe vormen (natte teelten) en extensivering van landbouw, evt. gecombineerd met nieuwe energie en recreatie;

- Op plekken zonder sterke bodemdaling blijft reguliere landbouw behouden;
- De zone tussen Vecht en ARK met weinig bodemdaling blijft primair voor landbouw, wel schoon en klimaatadaptief.

### DIEPE DROOGMAKERIJEN

- De Horstermeerpolder wordt onder water gezet op gelijk peil aan de omliggende plassen. Er vindt hierdoor geen wegzijging meer plaats uit omliggende plassen en daarmee verdwijnt de grote watervraag vanuit de omliggende gebieden. Ook komt brak grondwater niet meer naar boven. Er is daardoor geen afvoer van brak kwelwater naar Vecht waardoor minder water ingelaten hoeft te worden bij Muiden om tegendruk te creëren;
- In de gecreëerde plas wordt een flexibel peil gehanteerd. De ondergrens van het flexpeil is gelijk aan de Loosdrechtse plassen. Het bovenpeil ligt veel hoger: de bestaande dijk wordt opgehoogd. Zo ontstaat een enorm grote zoetwaterbuffer bij droogte, wordt bergingsruimte geboden bij wateroverlast en kan water voor drinkwaterbereiding geleverd worden in het geval van een calamiteit aan de reguliere oppervlaktebron die in gebruik is voor drinkwaterbereiding.
- Er wordt ruimte geboden aan alternatieve woonvormen: bv. drijvend en op palen.

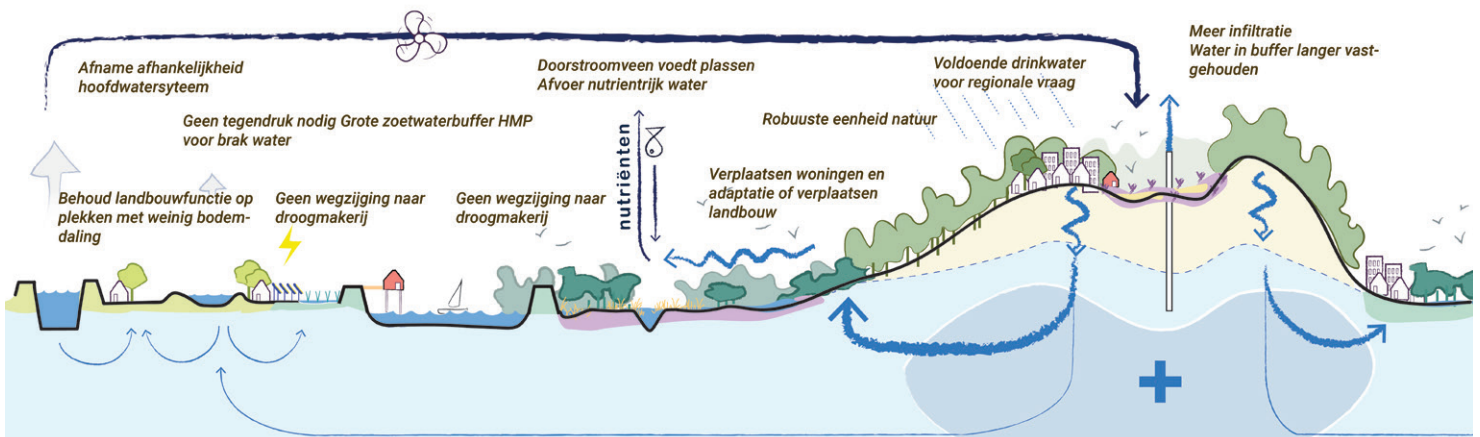
- De waterkwaliteit mag niet negatief beïnvloed worden door de woonfunctie.

### BOEZEMSYSTEEM

- Er komen nieuwe afwateringsroutes om de nutriëntrijke fluxen vanuit voet/flank zone te kunnen scheiden van het plassegebied;
- Ook in dit toekomstperspectief is het noodzakelijk om de pompcapaciteit voor zowel water aan- als afvoer via het Markermeer uit te breiden. De waterkeringen van het boezemsysteem worden versterkt. De bergingscapaciteit van de boezem wordt uitgebreid door realisatie van (nood)overloopgebieden en waterbergingsgebieden (incl. (nood)overloopgebieden) in de aangrenzende rivierpolders. Door vergroting van het oppervlak aan open water tussen ARK en Vecht en deels natuurlijke (nood)overloopgebieden;
- Diep ingesneden watergangen, zoals de Hilversumse haven, een deel van het Hilversums Kanaal en het oostelijk deel van Tienhovens kanaal worden gedempt.

### DRINKWATERSTRATEGIE

- De netto productie op bestaande winlocaties op de Heuvelrug wordt vergroot door aanvoer van gezuiverd oppervlaktewater terwijl de reguliere grondwaterwinning wordt gereduceerd. Hierdoor wordt het effect op de omgeving verkleind.
- Uiteindelijk: volledig gesloten waterkringloop waarbij RWZI-water wordt gezuiverd tot drinkwaterkwaliteit. De waterbehoefte uit oppervlaktewater wordt zo veel kleiner.



Schematische weergave van het water- en bodemsysteem i.r.t. gebruiksfuncties voor het toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'.



### 8.4.2 BELANGRIJKSTE EFFECTEN

- De afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem neemt af, zowel voor aanvoer als voor afvoer;
- Er is veel water beschikbaar binnen het systeem door toegenomen grondwaterfluxen, flexibel peilbeheer en de buffer in de Horstermeerpolder;
- De grondwateraanvulling op de Heuvelrug neemt toe, dit leidt tot extra kwel in de voet/flank zone;
- Wel moet er een constant debiet onttrokken worden voor infiltratie op de Heuvelrug t.b.v. drinkwaterbereiding;
- Adaptatie, verplaatsing en verdwijnen van functies op grote schaal is zeer complex en kostbaar;
- Peilopzet verkleint de bergingscapaciteit in open water, maar door de grootschalige herinrichting (verplaatsen van woningen) worden de gevolgen van afvoerbependingen geminimaliseerd en neemt de kwetsbaarheid voor wateroverlast af;
- Belangrijke vraag is de waterkwaliteit die ontstaat in de verschillende stadia van veenontwikkeling aan de flanken. Over de te verwachten waterkwaliteit, het fundament voor de werkelijke potentie voor natuurontwikkeling, in dit toekomstbeeld is nog veel onzeker. De waterkwaliteit op de flank (kwelzone) is waarschijnlijk zeer geschikt voor natuurontwikkeling en veenvorming. Aandachtspunt is nalevering van nutriënten in lagergelegen gebieden met een holocene deklaag en/of historische maaiveldbelasting. De nutriëntenbalans in het plassensysteem is gevoelig voor eutrofiëring;
- Wanneer de situatie te nutriëntrijk blijkt is afvoer naar het Markermeer of Gooimeer via het boezemsysteem kansrijk (de visstand in de randmeren zou hiervan mogelijk kunnen profiteren, is genoemd tijdens de werksessies);
- Vanwege de grote hoeveelheid beschikbaar water binnen het systeem heeft de inzet van de huidige landbouwgronden in gebieden met nauwelijks bodemdaling minder prioriteit dan bij het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie'.

Kritische Systeem Indicatoren: 3 Integrale Herinrichting					
<b>Afhankelijkheid en kwetsbaarheid van het hoofdwatersysteem</b>					
Aanvoer					
Afvoer					
<b>Kwetsbaarheid voor droogte</b>					
Natuur					
Landbouw					
<b>Toekomstig beschikbaar volume voor drinkwaterbereiding</b>					
Hoeveelheid / zekerheid					
Impact op omgeving					
<b>Waterkwaliteit i.r.t. natuur</b>					
Terrestrisch		?	?	?	
Aquatisch		?	?	?	
<b>Bodemdaling</b>					
Broeikasgas emissie					
<b>Kwetsbaarheid door wateroverlast</b>					
Landbouw					
Stedelijk gebied (bestaande woningvoorraad)					

Globale waardering aan de hand van Kritische Systeem Indicatoren voor toekomstbeeld 'Integrale Herinrichting'.

### 8.4.3 TOELICHTING

#### WATERVRAAG, AFVOERBEHOEFTE, BODEM-DALING

De watervraag vanuit het hoofdwatersysteem neemt in dit toekomstbeeld het meeste af. Belangrijkste bouwstenen die zorgen voor watervraagreductie zijn flexibel peilbeheer, het onder water zetten van de Horstermeerpolder en de grootschalige functieverhuizingen waarvoor grote aaneengesloten arealen met dezelfde functie en een eenduidige beheerstrategie kan ontstaan. De enige toename van de watervraag aan het hoofdwatersysteem ontstaat doordat er een constant debiet onttrokken wordt voor drinkwaterbereiding op de Heuvelrug. Op lange termijn kan mogelijk RWZI-water (of andere gebiedseigen waterbronnen via seizoensberging) na zuivering gebruikt worden.

De watervraag neemt af doordat een groot deel van de afgebakende natuurzone aan de voetflank van het Gooi een veel ruimer peilregime krijgt of omdat op enkele plekken zelfs helemaal geen wateraanvoer zal plaatsvinden. Deze natuurzone wordt voor een groot deel gevoed door grondwater uit het Gooi. Er zal op natuurlijke wijze een ruimtelijke variatie ontstaan tussen nattere en drogere delen als gevolg van maai-veldverschillen, verschillende bodems en het grondwatersysteem. Bestaande onderdelen van de huidige oppervlaktewaterstructuur in de zone zullen verdwijnen. In de natuurzone ontstaan mogelijkheden voor veenvorming, waarbij CO<sub>2</sub> wordt vastgelegd.

Het onderwater zetten van de Horstermeer vermindert de watervraag aan het hoofdwatersysteem op twee manieren. In de eerste plaats stopt de kwelflux vanuit omliggende polders en plassen naar de droogmakerij (een flux van ca. 1 m<sup>3</sup>/s). Daarnaast stopt de afvoer van verzilt kwelwater op de Vecht waardoor er geen extra debiet bij Zeesluis Muiden ingelaten hoeft te worden (inlaatreductie van ongeveer 3,5 m<sup>3</sup>/s).

De bodemdaling zal in dit toekomstperspectief flink beperkt worden door de transitie naar

klimaatadaptieve landbouw met peilopzet en (mits effectief) ook WIS in de landbouwzone rond de Vecht.

Een aandachtspunt in dit toekomstperspectief is de uitstoot van methaan die kan ontstaan door afbraak van organisch materiaal onder water.

#### WATEROVERLAST

Door de vernatting wordt de bergingscapaciteit in open water en de bodem aanzienlijk verkleind. Door de herinrichting van het systeem wordt de afvoerdrempel in een groot deel van de regio echter vergroot: de gevolgen van afvoerbeperkingen naar het hoofdwatersysteem (calamiteit of extreme neerslag) worden geminimaliseerd. Een groot deel van de kwetsbare functies (woningen en infrastructuur) wordt daarom verplaatst naar de Heuvelrug en andere hoger gelegen gronden. Er kunnen regelmatig arealen inunderen in dit systeem, maar door adaptatie aan deze omstandigheden wordt de overlast uiteindelijk beperkt.

#### GRONDWATER

Het grondwatersysteem speelt een cruciale rol in dit toekomstbeeld. De kwelzone aan de flank van de Heuvelrug wordt optimaal benut. Door optimale infiltratie van al het regenwater wat jaar rond op het Gooi valt t.b.v. aanvulling van het grondwater in de Heuvelrug zullen kwelfluxen aan de flank en voet van de Heuvelrug toenemen en zullen nieuwe kwelgebieden ontstaan. Door de verhoging van peilen en het onder water zetten van de Horstermeerpolder zal de kwel niet alleen toenemen in absolute grootte (mm/d), maar zal de kwelzone ook een groter deel van de voet bestrijken dan in de huidige situatie het geval is (m<sup>2</sup>).

#### WATERKWALITEIT

Over de te verwachte waterkwaliteit, het fundament voor de werkelijke potentie voor natuurontwikkeling, in dit toekomstbeeld is nog veel onzeker. Door de transitie van een aanvoer gedomineerd watersysteem naar een regenwater/kwel gedomineerd systeem verandert de chemische samenstelling van het oppervlaktewater.

Net als bij het toekomstbeeld 'Natuurlijke Variatie' is het de vraag hoe de langere verblijftijd van nutriënten en de nagift vanuit oorspronkelijke landbouwgebieden en veenbodems zullen uitwerken. Om te voorkomen dat nutriënten ophopen in de Vechtplassen zal er filtering door een rietkragen als helofytenfilter of via installaties moeten plaatsvinden. De verlegging van de boezem tot aan de benedenstroomse rand van de natuurzone dient als een soort natuurlijke buffer om te voorkomen nutriënten rechtstreeks de plassen instromen. Door de verbinding met het Gooimeer kunnen de nutriënten worden afgevoerd naar de randmeren en kan er een natuurverbinding gerealiseerd worden met de randmeren.

De impact die aanpassingen aan het grondwatersysteem zullen hebben op de waterkwaliteit in nieuwe kwellocaties is onbekend. Het historische landgebruik en watersysteem, maar ook de mogelijke verspreiding van vervuilingsspluimen spelen een belangrijke rol. Door meer water in de Heuvelrug te infiltreren dan vervolgens voor drinkwaterbereiding te onttrekken ontstaat een extra kwelflux die mogelijk ten goede kan komen aan de natuur, maar ook ontstaat er de mogelijkheid dat vervuilingsspluimen zich zullen verplaatsen. Het is van groot belang om te onderzoeken hoe vervuilingsspluimen reageren op de veranderingen van het grondwatersysteem (toegenomen infiltratie en verschuiving van kwelgebieden door de maatregelen).

De klimaatadaptieve landbouw wordt geconcentreerd in de zone rond de Vecht. Door de clustering van landbouw in deze regio is het mogelijk om gebiedsvreemd water aan te voeren naar deze landbouwgebieden zonder dat dit grote impact heeft op grote natuurgebieden in de regio. Ook als het buitenwater licht verzilt is kan er worden ingelaten, met minimale schade aan natuur.

#### **DRINKWATER**

Het drinkwateraanbod in de toekomst voldoet in dit toekomstperspectief aan de toekomstige watervraag binnen Gooi- en Vechtregio. De technische haalbaarheid van een systeem

van: oppervlaktewater inname > zuivering > infiltratie op de Heuvelrug > terugwinning na bodempassage op de Heuvelrug wordt momenteel onderzocht binnen WAAG. Bij dit onderzoek wordt ook de leveringszekerheid beschouwd. De kans op vervuiling van de oppervlaktewaterbron als gevolg van een calamiteit kan de leveringszekerheid beïnvloeden. Het optimaal benutten van de Heuvelrug voor seizoensberging staat voorop in de ambities.



**BIJLAGE 2:**

**ONDERZOEK  
GRONDWATER/  
BOUWSTENEN EN  
EFFECTIVITEIT**

# Bijlage Grondwatersysteem + Bouwstenen en Effectiviteit

Toekomstbestendige Heuvelrug, Gooi  
en Vechtstreek



HydroLogic BV  
Postbus 2177  
3800 CD Amersfoort  
033 4753535  
hydrologic.nl

P1408  
Juni 2023

*Hydro*Logic

# Inhoud

1	Het huidige grondwatersysteem.....	1
1.1	Historie	1
1.2	Huidige grondwatersysteem	3
1.2.1	Grondwaterstanden, isohypsen en stroombanen	3
1.2.2	Kwel en wegzijging	4
1.3	Kwantificatie van huidige grondwatersysteem	2
2	Onderzoek bouwstenen en effectiviteit.....	6
2.1	Analyse grondwatermodel	6
2.1.1	Autonome ontwikkeling	7
2.1.2	Infiltratie Heuvelrug	1
2.1.3	Onttrekken drinkwater	1
2.1.4	Peilaanpassingen	1
2.1.5	Synthese grondwateranalyses	1
2.2	Analyses oppervlaktewater	1
2.2.1	Peilopzet	2
2.2.2	Flexibel peilbeheer	4

# 1 Het huidige grondwatersysteem

## 1.1 Historie

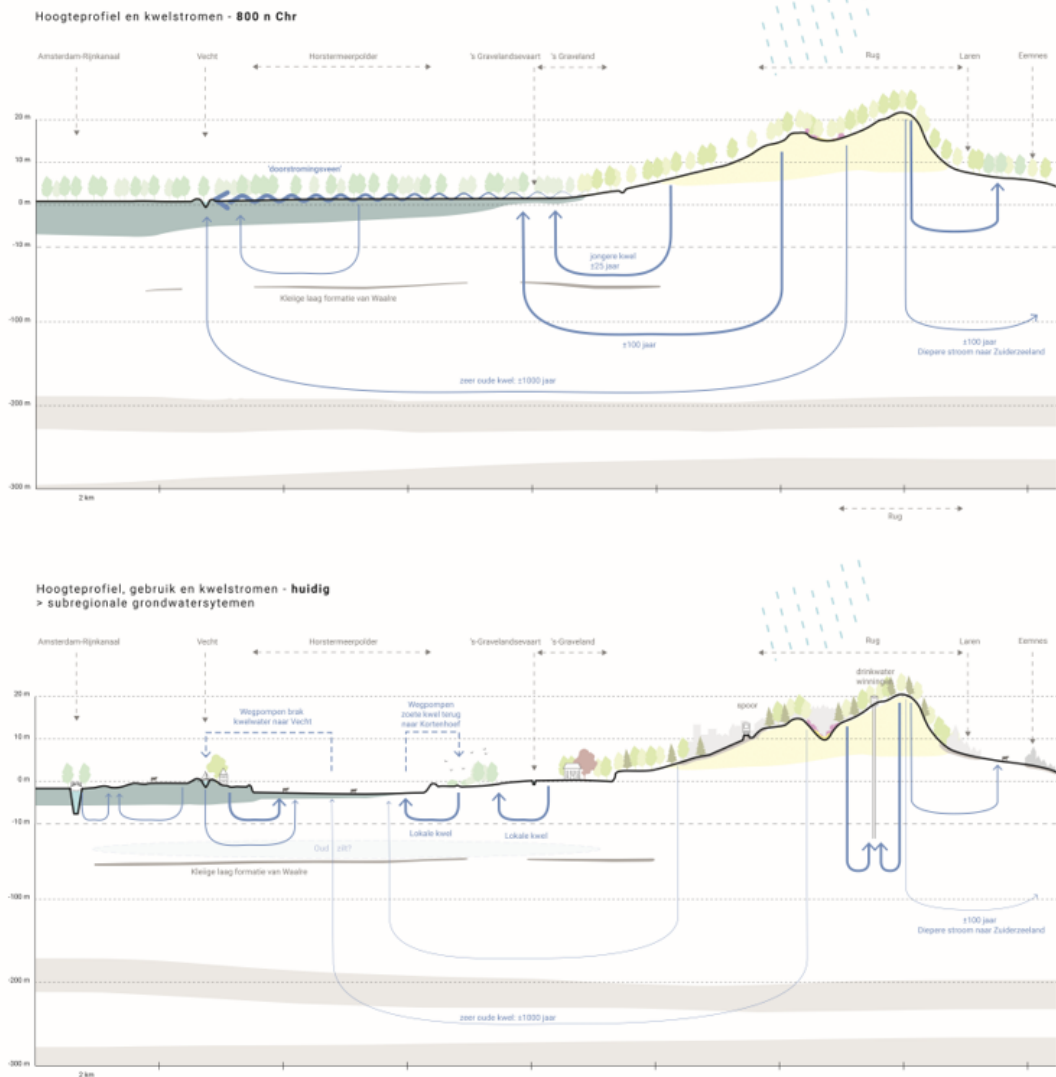
De basis van het grondwatersysteem van de Gooi- en Vechtregio is gelegd tijdens de Pleistocene ijstijden. Het vanuit het noordoosten opdringende landijs vormde de stuwwal van Hilversum en later de stuwwal van Laren-Huizen (*Ruegg, 1975*). De stuwwallen zijn opgebouwd uit grof rivierzand en grindbanken die al voor de ijstijden is afgezet. Dit resulteert in een zeer hoge doorlatendheid: neerslag in het Gooi percoleert gemakkelijk door deze ondergrond heen waarna het tot grondwateraanvulling leidt en zich een groot grondwaterlichaam vormt. De absolute grondwaterstanden in het Gooi (t.o.v. NAP) zijn in vergelijking met de omgeving relatief hoog, terwijl de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld juist diep ligt (op veel plekken zelfs dieper dan 10 meter onder maaiveld). De grondwaterstand loopt af richting de flanken en vormt daarmee als ware het een flauwe afspiegeling van het reliëf.

De afwisseling van grovere en fijnere zanden, grindbanken en de aanwezigheid van enkele slecht doorlatende kleilagen, zoals bijvoorbeeld de Kedichemlaag of Waalreklei 1 'sturen' de stroombanen van het grondwater. Dit beïnvloedt de plaats waar met name het diepere, oudere grondwater aan de oppervlakte komt (*Water: De stromende verbinding tussen Gooi en Vecht, verleden en heden, AGV*). Midden op de Heuvelrug is een waterscheiding aanwezig. In de dwarsdoorsnede van *Figuur 1* is schematisch weergegeven hoe deze waterscheiding ertoe leidt dat het grootste deel van het Gooise grondwater naar het westen afstroomt, waar het in de riviervlakte van de Vecht als kwel aan het oppervlak uittreedt. De kwelstroom richting de riviervlakte vormde vroeger de ideale omstandigheden voor veenontwikkeling, waardoor de vlakte zich opvulde met laagveen. Als gevolg van de groeiende veenlaag (met een relatief slechte doorlatendheid t.o.v. de zandgronden) nam de weerstand voor de kwelstromen toe, steeg de freatische grondwaterstand en concentreerde de 'uittreedzone' van het kwelwater zich steeds verder naar het oosten, richting de flank van het Gooi. Het veenlandschap dat hierdoor ontstaat, waarbij kwelwater aan de voet van het laagveengebied uittreedt en vervolgens langzaam stroomafwaarts richting de Vecht sijpelt, wordt doorstromingsveen genoemd.

Antropogene invloeden hebben het hierboven beschreven grondwatersysteem aanzienlijk veranderd. De meest ingrijpende stap, waarvan de effecten nog tot in de huidige situatie doorwerken, is de ontwatering van het veengebied door aanleg van weteningen en sloten. De fase van de veengroei slaat daarmee om in een fase van veenafbraak en maaiveldddaling (*Water: De stromende verbinding tussen Gooi en Vecht, verleden en heden, AGV*). De weteningen en sloten vormden nieuwe plekken met lage stijghoogten waar het grondwater naartoe wordt getrokken, en vervolgens oppervlakkig en relatief snel wordt afgevoerd (*Figuur 1*).



Door de aanzuigende werking van enkele ontwateringsystemen en de versnelde afvoer neemt de invloed van grondwater op ecosystemontwikkeling af. Er ontstaan steeds meer korte stroombanen met een afwisseling van infiltratie- en kwellocaties. Ook op het hoge Gooi verandert de situatie: zandafgravingen, verharding, riolering en (drinkwater)winning verminderen de netto grondwataanvulling. De verhoogde grondwaterspiegel vltk hierdoor af, met een verminderde kwelflux aan de flanken tot gevolg.



Figuur 1. Schematisch dwarsprofiel met stroombanen vanuit het Gooi naar Vechtplassengebied voor de huidige situatie en de situatie van 800 na christus. Schema is gebaseerd op Van Loon et al., 2009.

## 1.2 Huidige grondwatersysteem

Aan de hand van literatuur en modelberekeningen is de werking van het huidige grondwatersysteem in kaart gebracht. Tekstbox 1 geeft een beknopte toelichting op de werking en toepassing van het grondwatermodel.

### Tekstbox 1 - Toepassing Triwaco grondwatermodel

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het bestaande AGV-grondwatermodel van Waternet. Dit is een regionaal 3D-grondwatermodel van het beheergebied van AGV en omvat het gehele projectgebied inclusief de Gooische Heuvelrug. Het model is opgebouwd in Triwaco en rekt met het eindige elementen programma 'FLAIRS'. De geologische laagopbouw is gebaseerd op REGISII.2 en GeoTOPv1.3. Het oppervlaktewatersysteem is gebaseerd op de actuele peilen van AGV en omliggende waterschappen. De drinkwateronttrekkingen zijn opgenomen op basis van actuele onttrekkingsgegevens van PWN en Vitens. Met het AGV-grondwatermodel zijn stationaire berekeningen gedaan inclusief stroombaanberekeningen. De stationaire grondwateraanvulling is afgeleid van het gemiddelde van de periode 2001-2020.

Het huidige grondwatersysteem beschrijft zich het beste aan de hand van een viertal figuren die zijn verkregen aan de hand van het grondwatermodel waarin de huidige waterhuishoudkundige situatie (polderpeilen, onttrekkingen, landgebruik, klimaat, etc.) zo goed mogelijk is weergegeven. Deze figuren zijn:

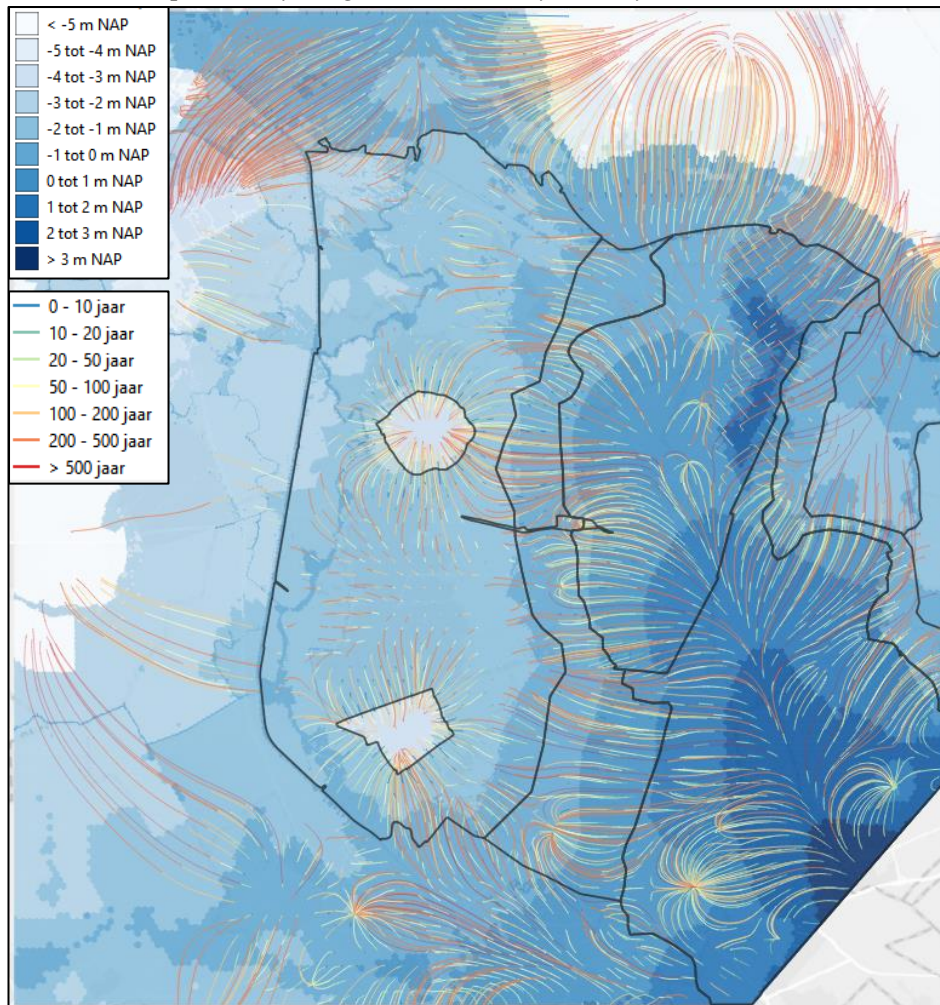
- Stationaire freatische grondwaterstand met stroombanen en isohypsen
- Kwel- en wegzijgingskaart
- Herkomstkaart kwel (aan de hand van stroombaanberekeningen)
- Leeftijdskaart kwel (aan de hand van stroombaanberekeningen)

### 1.2.1 Grondwaterstanden, isohypsen en stroombanen

De isohypsen in [Figuur 2](#) geven een vlakdekkend beeld van locaties waar de stijghoogten in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket gelijk zijn. Grondwater stroomt van plekken met hoge stijghoogte naar plekken met lage stijghoogte, dus haaks op de getoonde isohypsen. Binnen het onderzoeksgebied zijn de grondwaterstanden het hoogst op de Heuvelrug/Gooi en nemen af richting het Vechtplassengebied en de Eemvallei. De grondwaterstanden zijn het laagst in de diepgelegen Horstermeer- en Bethunepolder. Het peil van de Vechtplassen, de Vechtboezem en het Amsterdam-Rijnkanaal zijn hoger dan de grondwaterstanden in omliggende polders, wat zorgt voor infiltratie vanuit die oppervlakte wateren.

De stroombanen in [Figuur 2](#) beschrijven de weg die een waterdruppel op basis van de isohypsen zou afleggen vanaf het moment dat deze op een bepaalde plek de bodem inzakt tot het punt waar hij als kwel weer aan het oppervlak komt. Deze stroombanen hebben soms een leeftijd van honderden tot duizenden jaren. De stroombaanberekeningen gaan ervan uit dat de hydrologische situatie gedurende die reistijd altijd is geweest zoals hij nu is. In werkelijkheid zijn er gedurende de afgelopen eeuwen voortdurend veranderingen in bijvoorbeeld polderpeilen en onttrekkingen geweest waardoor de stroming van het grondwater voortdurend is veranderd. In het stroombanenpatroon is het oorspronkelijke, natuurlijke systeem echter nog duidelijk zichtbaar: er is een overheersende afstroming van

Gooi naar Vechtdal, Eemvallei en andere lage delen zichtbaar, met kwelgebieden op de overgang van hogere zandgronden naar de veengebieden. Tegelijkertijd zijn er vele zeer korte stroombanen en afgebogen stroombanen zichtbaar die het directe gevolg zijn van de diepe droogmakerijen (Bethune- en Horstermeerpolder), Flevoland, de verschillende versnipperde peilgebieden en de aantrekkende werking van drinkwateronttrekkingen; duidelijke voorbeelden van antropogene invloeden op het grondwatersysteem. De huidige grondwateronttrekking op het Gooi betreft ongeveer 7 miljoen m<sup>3</sup>/jaar verdeeld over onttrekkingslocaties Huizen (~3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar), Laarderhoogt (~2.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) en Laren (~2.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Daarnaast wordt op de lageregelegen locaties van Loosdrecht en Groenekan respectievelijk ongeveer 2 en 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar onttrokken.



Figuur 2. Stationaire freatische grondwaterstanden met isohypsen en stroombanen.

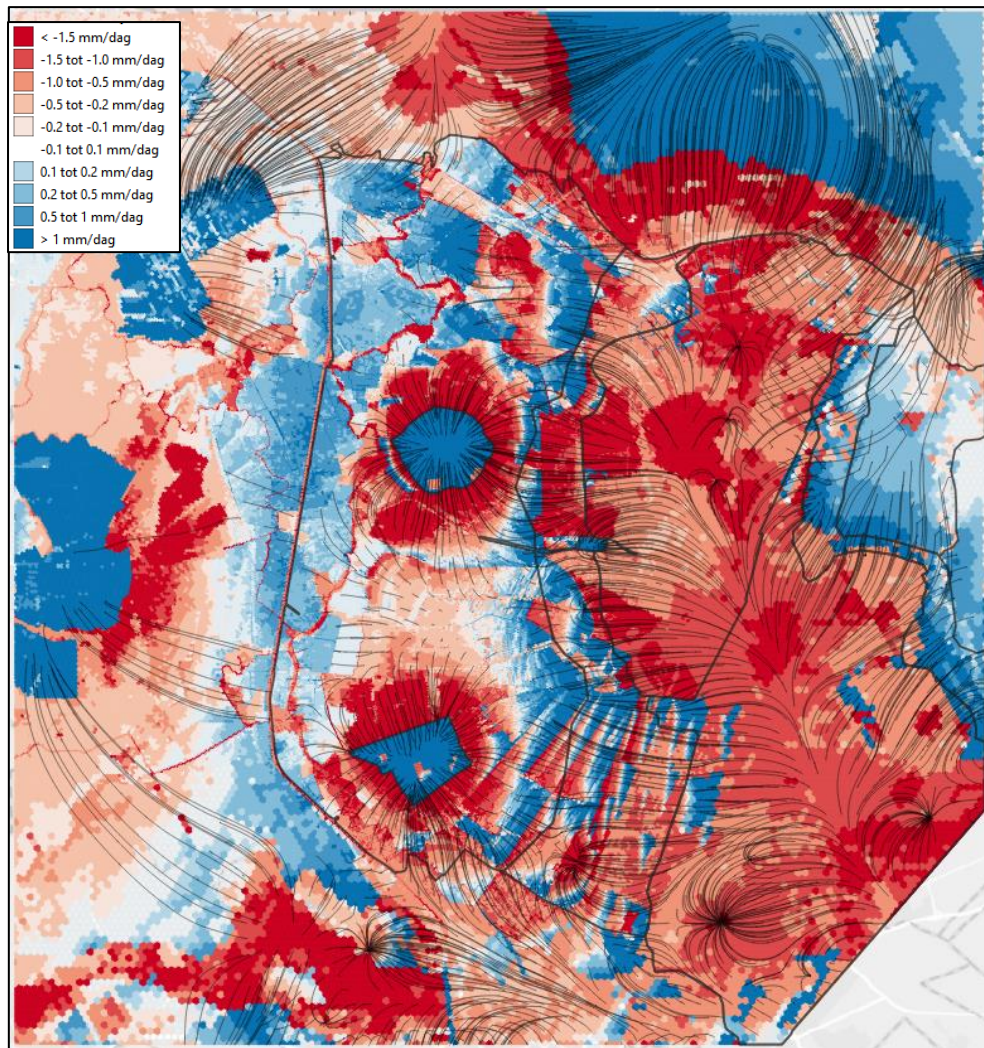
### 1.2.2 Kwel en wegzijging

Uit de historie van het Gooi- en Vechtplateaugebied blijkt de belangrijke rol van het kwelpatroon in de regio. Door de unieke chemische samenstelling van het kwelwater is het veengebied zeer rijk aan bijzondere planten en dieren. Niet alle kwel heeft echter dezelfde kwaliteit: kwelwater ontleedt zijn chemische samenstelling grotendeels aan het medium waar het doorheen stroomt, waarbij de leeftijd en herkomst van de kwel zeer bepalend

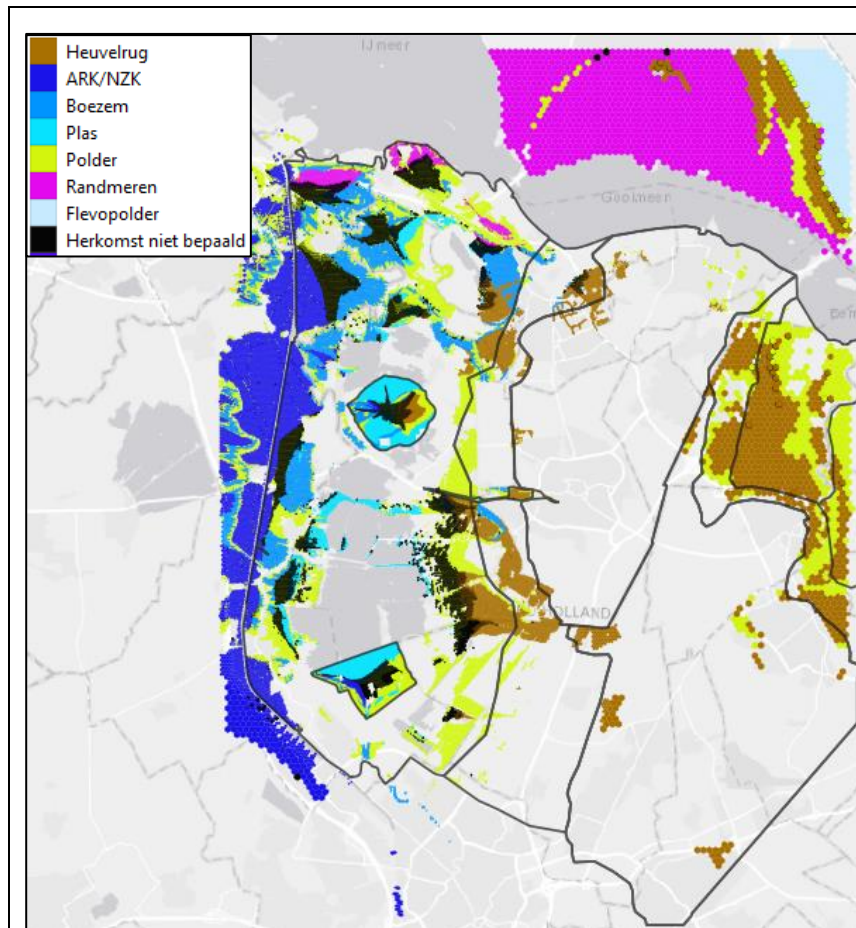
zijn. Ook is de chemische samenstelling op het moment van infiltratie (en eventuele vervuiling voor infiltratie) bepalend. Het diepe kwelwater wordt over het algemeen gekarakteriseerd door een overwegend zuurstof en nutriëntarme samenstelling en de verrijking van mineralen als ijzer, kalk en magnesium afkomstig uit de doorstroming van de diepe watervoerende pakketten onder het Gooi.

Aan de hand van figuren Figuur 3 t/m Figuur 5 wordt de huidige kwelsituatie in de regio toegelicht.

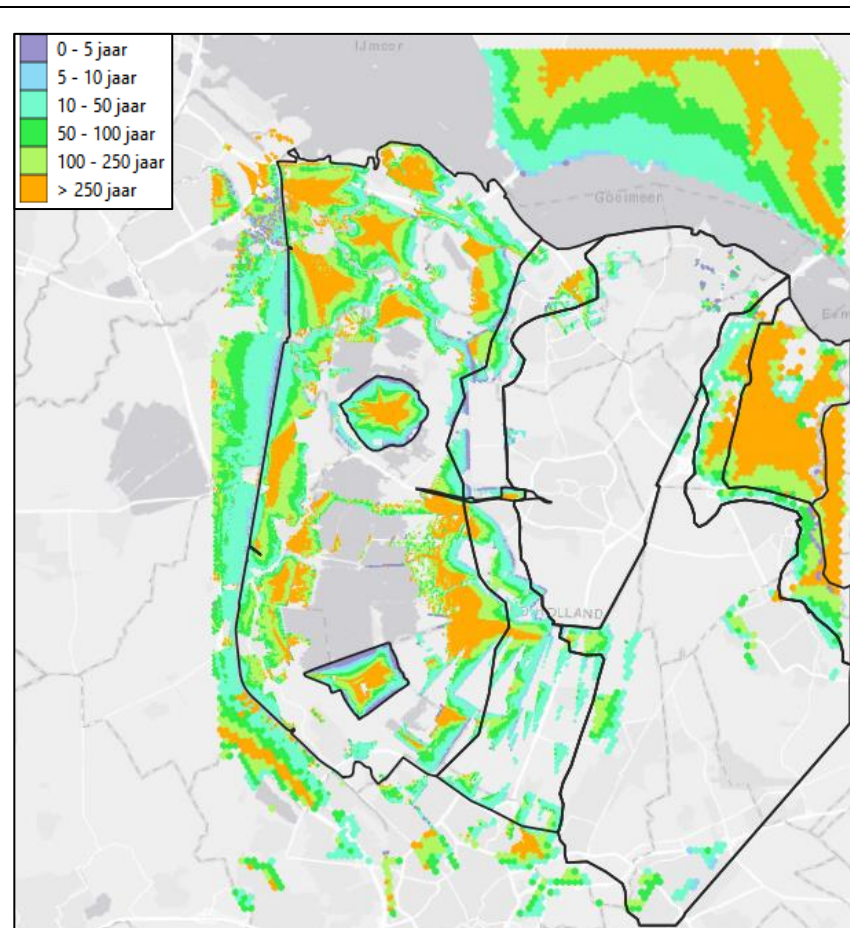
In Figuur 3 is duidelijk zichtbaar hoe het landgebruik op het Gooi invloed heeft op de infiltratie van regenwater. De bebouwing vermindert de grondwateraanvulling doordat een deel van de neerslag via riolering of afvoerkanalen wordt afgevoerd: hierdoor is er bij stedelijk gebied de laagste infiltratieintensiteit. De meeste infiltratie is zichtbaar in de heidegebieden en open vlaktes: hier is de verdamping het kleinst, waardoor er meer netto neerslag overblijft voor percolatie naar het grondwater. De infiltratie onder naaldbos is kleiner omdat enerzijds naaldbomen geen bladverliezen, en er dus jaarrond verdamping mogelijk is, en anderzijds het bladoppervlak groter is, waardoor er meer interceptieverliezen zijn.



Figuur 3. Stationaire fluxen van kwel (blauw) en wegzijging (rood) inclusief stroombanen.



Figuur 4. Herkomst van kwelwater volgens huidige stroombanen.



Figuur 5. Leeftijd van stroombanen op huidige kwellocaties.

Figuur 4 en Figuur 5 laten zien dat neerslag, na infiltratie op de Heuvelrug, in een smalle strook op de flank weer uittreedt als kwelwater. Dit is over het algemeen 'oud' kwelwater, met een typische nutriëntarme en basenrijke (kalk) samenstelling (Figuur 5). In de Eemvallei treedt dit kwelwater over een groter oppervlak uit in de watergangen van het sterk gedraineerde landbouwgebied. Ook hoger op de flank zijn er als gevolg van vergravingen locaties ontstaan waar het grondwaterlichaam wordt aangesneden en gedraineerd. Voorbeelden van dergelijke locaties zijn de (Nieuwe) Hilversumse haven, het Hilversums- en Tienhovenskanaal aan de westflank en de Gooiergracht aan de oostflank. Ook zanderijen als Groeve Cruysbergen, het stedelijke gebied van de Hilversumse Meent en het boezemsysteem van Naarden/Bussum zijn duidelijk 'drains' van het grondwaterlichaam van het Gooi.

Grenzend aan de dunne strook waar grondwater uit het Gooi uittreedt, is de invloed van het ontwateringssysteem, met artificieel gefixeerde peilen, duidelijk zichtbaar in het kwelpatroon. Daar waar het oppervlaktewaterpeil lager is dan de grondwaterstand vindt kwel plaats en daar waar het peil hoger is wegzijging. Deze gebieden wisselen elkaar af, hetgeen zichtbaar wordt in de versnippering van kwel/infiltratie. Er zijn hier korte stroombanen waar het infiltrerende water in het ene peilvak weer als kwel uittreedt in het naastgelegen peilvak. Soms vindt deze overgang van kwel naar infiltratie zelfs binnen peilvakken plaats zoals het geval is binnen de opeenvolging van zuidwest-noordoost strekkende peilvakken in het Noorderpark. In Figuur 4 is te zien dat het overgrote deel van de kwel in het vechtplassengebied en poldersysteem volgens huidige stroombanen afkomstig is uit de plassen en de omliggende polders zelf. In het centrum van de droogmakerijen staan er stroombanen in verbinding met het water dat in het Gooi infiltreert. Ook in enkele polders nabij de flank staan de polders in verbinding met het Gooi, zoals in de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven en de oostelijke punt van Naardermeer.

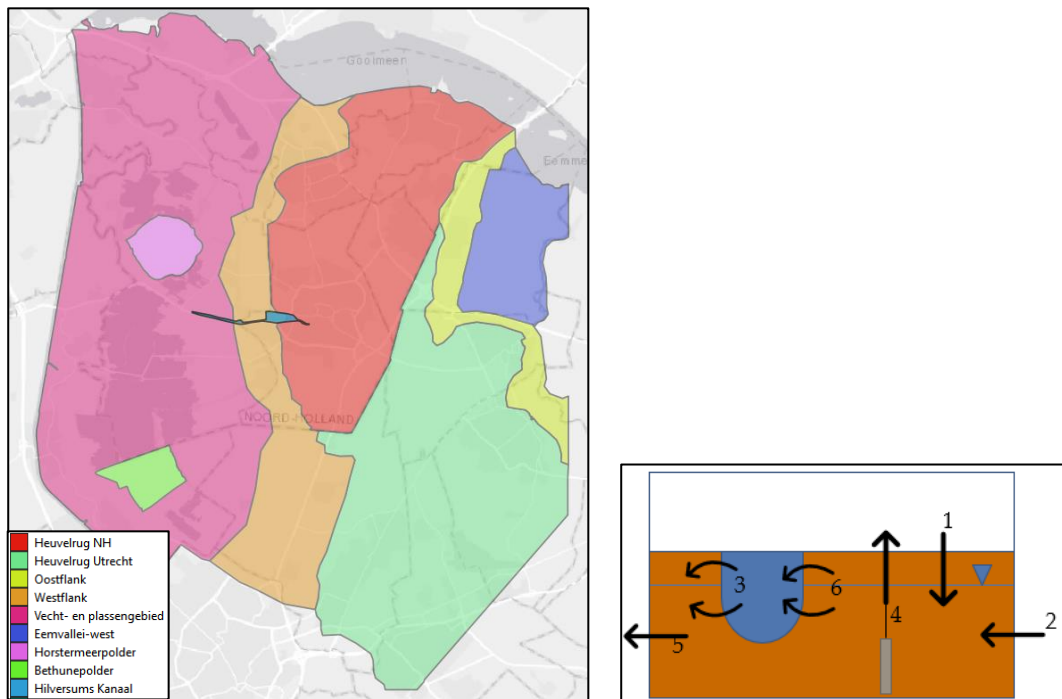
De twee droogmakerijen binnen het vechtplassengebied (Bethunepolder en Horstermeerpolder) hebben door de relatief lage polderpeilen een enorme aantrekkingskracht op water uit de hogergelegen omringende gebieden. Het resultaat is een grote kwelflux in de polders en veel wegzijging in het omringend gebied. Dit water wordt de droogmakerijen uitgepompt. Het water uit de Bethunepolder is van goede kwaliteit en wordt na coagulatie grotendeels via de Waterleidingsplas gebruikt voor drinkwater. Waar het jongste kwelwater aan de randen van de horstermeerpolder relatief zoet is (maar na het doorstromen van de Holocene deklaag wel veel nutriënten als fosfaat bevat) en kan worden gebruikt voor suppletie van de Kortehoefse Plassen, wordt in het centrum van de Horstermeerpolder fossiel brak grondwater aangetrokken. Wanneer dit brakke grondwater in het oppervlaktewater komt, wordt dit brakke polderwater via de Vecht afgevoerd naar het ARK. Deze afvoer is noodzakelijk om te voorkomen dat de omliggende gebieden verzilten door het brakke Horstermeerwater. Het zoete kwelwater langs de randen van de Horstermeerpolder is hydraulisch geïsoleerd van de brakkere kwelzones in het centrale deel van de polder. Het water uit deze peilvakken wordt in het zomerhalfjaar via het ANKO-gemaal in de omliggende plassen gepompt voor suppletie. Een geplande KRW-maatregel is de aanleg van een defosfateringsinstallatie om de

waterkwaliteit te verbeteren. Door de constante bemalingvereiste zorgen de droogmakerijen en andere diepe polders voor een constante watervraag in de omliggende gebieden waaruit het kwelwater wegzijgt. Dit water moet in droge periodes vanuit het hoofdwatersysteem (ARK/IJmeer) worden aangevoerd.

### 1.3 Kwantificatie van huidige grondwatersysteem

Aan de hand van de modelberekeningen zijn de grondwaterstromingen in het onderzoeksgebied gekwantificeerd. Deze kwantificatie helpt om de rol van het grondwatersysteem als het gaat om waterkwantiteit en de ruimtelijke verdeling daarvan af te kunnen zetten tegen de andere bronnen van water als regenwater, inlaatwater, en de bestaande buffer in het oppervlaktewater.

Om de ruimtelijke verschillen in grondwaterregime aan te tonen is het onderzoeksgebied verdeeld in verschillende zones, zie Figuur 6. De flankzones zijn gedefinieerd aan de hand van maaiveldhoogte tussen de NAP +0.00 m en NAP +2.00 m. Voor elk van de hoofdzones is een waterbalans opgesteld (zie Tabel 1-1) waarin zes fluxen vallen te onderscheiden zoals aangegeven in de schematische weergave van Figuur 6: (1) grondwateraanvulling; (2) toestroming (de zone in); (3) infiltratie vanuit oppervlaktewater; (4) winningen; (5) afstroming (de zone uit); (6) drainage (water dat vanuit grondwater naar het oppervlaktewater draineert). Daarnaast is voor drie sterk kwellende sub-zones (Horstermeerpolder, Bethunepolder en het Hilversums kanaal plus Nieuwe Hilversumse haven) bepaald hoeveel kwel er uittreedt naar oppervlaktewater.



Figuur 6. Hoofdzones en sub-zones voor grondwaterbalans, inclusief een schematische weergave waarop de verschillende waterbalansfluxen worden geïllustreerd: (1) Grondwateraanvulling; (2) Toestroming; (3) Infiltratie; (4) Winningen; (5) Afstroming; (6) Drainage.



De grootte van de grondwatervoorraad van het deel van de Heuvelrug dat in het grondwatermodel is opgenomen (Utrechtse en Noord-Hollandse gecombineerd) is 114 miljoen m<sup>3</sup>. Hiervan is ca. 70% afkomstig uit lokale grondwateraanvulling: de resultante van de geïnfiltreerde netto neerslag op de Heuvelrug zelf. De overige 30% van het grondwater komt onderstrooms toestromen, vanuit de Heuvelrug buiten de modelgrenzen (zuid-oosten).

Uit de grondwatervoorraad wordt ca. 25 % onttrokken voor de bereiding van drinkwater (25% daarvan in het Noord-Hollandse deel en 75% in het Utrechtse deel). Van het overgebleven grondwater uit de Heuvelrug stroomt 60% af (waarvan het grootste deel afstroomt naar de oostflank) of wordt gedraineerd naar het oppervlaktewater (ca. 15%).

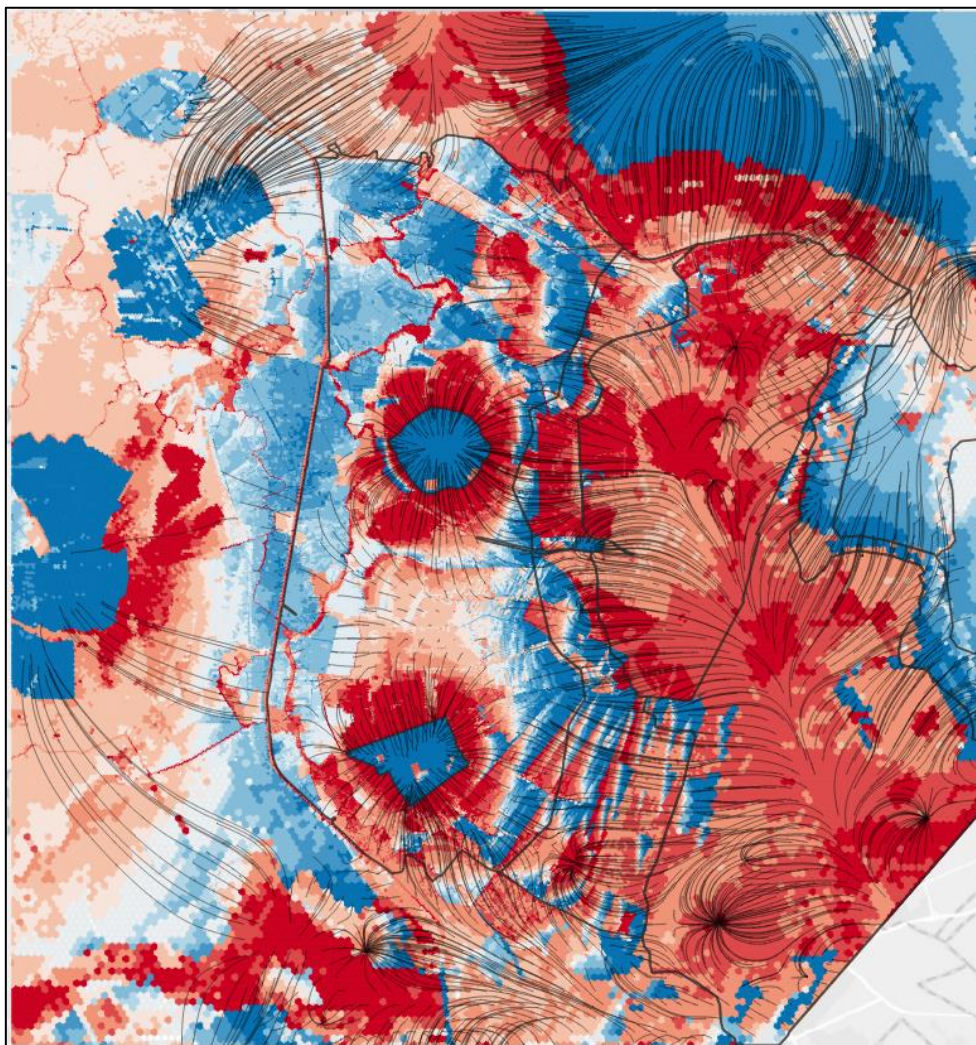
De grondwatervoorraad van de Noord-Hollandse Heuvelrug heeft een grootte van ca. 37 miljoen m<sup>3</sup>. Wanneer deze voorraad afzonderlijk wordt beschouwd dan blijkt dat bijna al het grondwater (meer dan 90%) afkomstig is uit de grondwateraanvulling (neerslag – werkelijke verdamping) die valt op het Gooi zelf: ca. 34 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. In tegenstelling tot het Utrechtse deel van de Heuvelrug is er hier nauwelijks ondergrondse toestroming (minder dan 10%). De grondwateraanvulling op de Heuvelrug is (gewogen naar oppervlak, in mm/d) het grootste vergeleken met de grondwateraanvulling in overige gebieden. Dit komt door de aanwezigheid van grote heidevelden met weinig verdamping. Een groot deel van het grondwater van de Noord-Hollandse Heuvelrug stroomt ondergronds af richting de flanken en de Flevopolder (in totaal ruim 72%, 27 miljoen m<sup>3</sup>/jaar), terwijl een kleiner deel (20%, 7.2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) wordt onttrokken voor waterwinning t.b.v. de drinkwaterbereiding. De rest (8%) wordt afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem in gebieden op de Heuvelrug waar de grondwaterstand snijdt met de ontwateringsbasis (bijv. Haven van Hilversum).

Op de flanken is veel toestroming vanuit de Heuvelrug. Op de relatief flauwe en brede westflank is bijna 50% van de in-post op de grondwaterbalans toestroming vanuit hoger gelegen Heuvelrug. De rest is lokale grondwateraanvulling (ca. 40%) en infiltratie uit oppervlaktewater (ca. 10%). Op de stijlere oostflank is ook veel aanvoer vanuit de Heuvelrug (zie Figuur 2) waardoor de totale grondwateraanvoer hier met bijna 43 miljoen m<sup>3</sup>/jaar ongeveer 90% van de totale in-post betreft. De overige 10% is lokale grondwateraanvulling. Een derde van deze ondergrondse aanvoer op de oostflank treedt op de flanken weer naar het oppervlaktewater uit. Het grootste deel (2/3) stroomt echter ondergronds verder af naar de lagere Eemvallei. Op de westflank vindt relatief veel infiltratie plaats (in relatie tot de oostflank): water dat vanuit het oppervlaktewater infiltreert naar het grondwater. Een groot deel van dit water infiltreert in de 's Gravelandsepolder waar gebiedsvreemd water wordt aangevoerd (~5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in een droge zomer) om de peilen te handhaven. Ook in het Noorderpark vindt veel infiltratie plaats. Op de westflank draineert een groot deel van het geïnfiltreerde of van hoger aangevoerde grondwater weer: op de overgang van de flankzone naar het Vecht- en plasseengebied ligt de 'drainagebasis van de Heuvelrug' in een dunne strook. De kwel die hier als drainage aan het oppervlak komt, is dus niet overal afkomstig uit het Gooi/Heuvelrug, maar is voor een deel ook al water dat op de flank is geïnfiltreerd vanuit het oppervlaktewatersysteem (zie Figuur 4). Een opvallende conclusie is dat de drainerende

werking van de Nieuwe Hilversumse haven en het Hilversums kanaal qua orde-grootte vergelijkbaar is met de drinkwaterwinning van Huizen of Laarderhoogt (ca. 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar).

In het Vecht- en plassen-gebied wordt het grondwatersysteem gedomineerd door de twee droogmakerijen en de versnippering van peilgebieden. Aangezien deze zone de laagste waterpeilen heeft van de omringende gebieden bestaat de uit-post van grondwater in deze zone bijna volledig uit drainage (95% van totaal, 131 Miljoen m<sup>3</sup>/jaar). De overige 5% stroomt op grote diepe af richting Groot Mijdrecht en Flevoland. De in-post van grondwater in deze regio is verdeeld over grondwateraanvulling (46%), toestroming vanaf de alle gebieden buiten de regio (in totaal 22%, deels vanuit de flankzone van de Heuvelrug, deels uit de Randmeren, deels uit het ARK, deels uit het gebied van HDSR) en infiltratie van water vanuit het oppervlaktewatersysteem (32%). Een groot deel van de 44 miljoen m<sup>3</sup> die jaargemiddeld naar het grondwater infiltreert moet als gebiedsvreemd water worden aangevoerd. Hier spelen de droogmakerijen een grote rol. Het model berekent dat de kwelafvoer in de Horstermeer en Bethunepolder (inclusief suppletie van de plassen) jaarlijks respectievelijk ca. 32.5 en 30 miljoen m<sup>3</sup>/jaar is. Gezamenlijk is dit ongeveer de helft van al het grondwater dat wordt afgevoerd in het gehele plassen-gebied. Dit water is voor het overgrote deel afkomstig uit de omliggende polders en plassen waar

het water infiltreert (zie ook Figuur 2 en Figuur 3



Figuur 3. Stationaire fluxen van kwel (blauw) en wegzijing (rood) inclusief stroombanen.

), en daar dus een substantiële watervraag vormt.

Tabel 1-1. Grondwaterbalans per hoofdregio in miljoen m<sup>3</sup>/jaar en in mm/d.

Zone	IN (Mm3/jaar)			UIT (Mm3/jaar)		
	Grondwateraanvulling (1)	Toestroming (2)	Infiltratie (3)	Winnings (4)	Afstroming (5)	Drainage (6)
<b>Plassengebied</b>	62.2	30.1	43.7	0.1	6.7	130.7
<b>Westflank</b>	17.6	22.6	5.8	6.8	18.6	20.6
<b>Oostflank</b>	6.2	42.7	0.1	0.0	33.8	15.5
<b>Eemvallei-west</b>	7.8	9.8	0.1	0.0	7.2	10.9
<b>Heuvelrug totaal</b>	77.2	36.1	0.5	29.0	65.7	19.1
<b>Heuvelrug NH</b>	33.8	3.0	0.1	7.2	26.6	3.0
<b>Heuvelrug Utrecht</b>	43.4	37.9	0.4	21.9	43.9	16.1
Zone	IN (mm/d)			UIT (mm/d)		
	Grondwateraanvulling (1)	Toestroming (2)	Infiltratie (3)	Winnings (4)	Afstroming (5)	Drainage (6)
<b>Plassengebied</b>	0.93	0.45	0.65	0.00	0.10	1.96
<b>Westflank</b>	0.90	1.16	0.30	0.35	0.95	1.06
<b>Oostflank</b>	0.86	5.98	0.02	0.00	4.74	2.17
<b>Eemvallei-west</b>	0.94	1.19	0.01	0.00	0.88	1.31
<b>Heuvelrug totaal</b>	1.07	0.50	0.01	0.40	0.91	0.27
<b>Heuvelrug NH</b>	1.12	0.10	0.00	0.24	0.88	0.10
<b>Heuvelrug Utrecht</b>	1.04	0.91	0.01	0.52	1.05	0.39

Tabel 1-2. Kwel afvoer vanuit drie sub-zones

Sub-zone	Kwel afvoer (Mm3/jaar)
Horstermeer	32.6
Bethune	30
Hilversums Kanaal	2.8

## 2 Onderzoek bouwstenen en effectiviteit

In dit hoofdstuk worden verschillende potentiële bouwstenen voor een schoon, robuust, veerkrachtig bodem- en watersysteem onderzocht. De focus ligt hierbij op de uitgevoerde modelanalyses waarin de stuurbaarheid van het grondwatersysteem is onderzocht (paragraaf 2.1). Vergeleken met de impact op het grondwatersysteem is het ingewikkelder om de impact van deze bouwstenen binnen een dynamisch ontwikkelend oppervlaktesysteem te kwantificeren. De geologische setting die grondwaterstroming bepaald is (relatief) constant, bouwstenen beïnvloeden alleen de randen van het systeem. Het oppervlaktesysteem is voortdurend in ontwikkeling, en daarmee ook de impact van bouwstenen. De effectiviteit van bouwstenen die inwerken op het oppervlaktewater (denk hierbij aan effecten op waterkwantiteit, waterkwaliteit en bodem) zijn in deze studie ingeschat op basis van literatuur, opgehaalde kennis tijdens de verschillende werksessies en eenvoudige analyses (paragraaf 2.2).

### 2.1 Analyse grondwatermodel

In paragraaf 1.2 is de werking van het huidige grondwatersysteem beschreven aan de hand van literatuur en het Triwaco grondwatermodel. In deze paragraaf wordt de impact van maatregelen op het huidige grondwatersysteem geanalyseerd. De 17 modelberekeningen die hiervoor zijn uitgevoerd zijn onder te verdelen in vier categorieën:

1. Autonome ontwikkelingen
2. Verhogen infiltratie Heuvelrug
3. Grondwaterwinningen
4. Peil aanpassingen

De categorie 'autonome ontwikkeling' is feitelijk geen bouwsteen, hier hebben we immers geen (directe) invloed op. De modelberekeningen laten wel zien hoe de impact van de autonome ontwikkelingen zich verhoudt tot bouwstenen waar we wel invloed op hebben.

Het is nadrukkelijk niet de bedoeling geweest om realistische toekomstbeelden door te rekenen. Alle modelberekeningen zijn uitgevoerd met als doel om inzicht te verschaffen in de relatieve impact van maatregelen. Vaak zijn hiervoor extreme maatregelen doorgerekend om de hoekstenen het invloedsveld te beschouwen. In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van alle modelberekeningen. Resultaten van de modelberekeningen zijn opgenomen in de paragrafen 2.1.1 t/m 2.1.4.

Tabel 2-1. Overzicht modelberekeningen

Modelberekening	Beschrijving
<b>Autonome ontwikkeling</b>	
1	Klimaatverandering 2100 o.b.v. GL (KNMI '14)
2	Maximale bodemdaling 2100 (WH2100 en peilindexatie)
3	Minimale bodemdaling 2100 (GL2100 en peilfixatie)
<b>Verhogen infiltratie Heuvelrug</b>	
4	Afkoppelen: Alle bestaande verharding op de Heuvelrug wordt 100% waterdoorlatend (geen afvoer van neerslag meer).
5	Verloofing: Alle naaldbossen en gemengde bossen vervangen in 100% loofbossen (vermindering verdamping (interceptie en transpiratie)).
6	Boskap: Alle bossen vervangen door 50% zandverstuiving en 50% gras.
<b>Grondwaterwinningen</b>	
7	Alle winningen op 't Gooi uit (Huizen, Laren en Laarderhoogt).
8	Alle winningen in het plasseengebied uit (Groenekan en Nieuw Loosdrecht).
9	Combinatie van 7 en 8
10	Als 9, aangevuld met stoppen van Beerschoten, Soestduinen en Bilthoven.
11	5 Mm <sup>3</sup> /jaar kunstmatige infiltratie op de winningen op 't Gooi (Huizen, Laren, Laarderhoogt).
12	Alle winningen in het gebied: +50% extra onttrekking.
<b>Peilaanpassingen</b>	
13	Bethunepolder onderwater.
14	Horstermeerpolder onderwater.
15	Bethunepolder en Horstermeerpolder onderwater.
16	Alle peilen in alle polders naar plasdras: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediane maaiveld bepaald per kadastraal perceel.</li> <li>- In elk perceel: peil = mediaan maaiveld - 0.10 m.</li> <li>- Peil nooit hoger dan Vechtpeil (NAP -0.40 m).</li> </ul>
17	Opheffen drainerende werking Hilversums Kanaal.

### 2.1.1 Autonome ontwikkeling

#### Opzet

Er zijn drie modelberekeningen uitgevoerd om het effect van de autonome ontwikkelingen op het grondwatersysteem in kaart te brengen. Hierbij is uitgegaan van één klimaatscenario en twee bodemdalingsscenario's (minimaal en maximaal).

#### *Klimaatscenario*

Aangezien er enkel stationaire grondwaterberekeningen worden uitgevoerd, is het van belang te weten hoe klimaatverandering de gemiddelde grondwateraanvulling beïnvloed. Hiervoor is het noodzakelijk om weten hoe het neerslagoverschot verandert door klimaatverandering. De verandering van het neerslagoverschot in 2100 is in deze studie afgeleid op basis van de volgende aannames:

In de rapportage van de KNMI '14 klimaatscenario's zijn de gemiddelde jaarlijkse neerslag- en verdampingsommen per klimaatscenario voor 2050 en 2085 opgenomen. De toename tussen 2050 en 2085 is lineair geëxtrapoleerd tot 2100. Tabel 2-2 geeft de resulterende toename in het gemiddelde jaarlijks neerslagoverschot per klimaatscenario in 2100 weer. De effecten van klimaatverandering op de toename van het jaargemiddelde

neerslagoverschot variëren van slechts 1.3% (scenario WH, waar de grote toename van neerslag grotendeels wordt gecompenseerd door de verdampingstoename) tot 11.4% (scenario GL, waar de neerslag significant meer toeneemt als de verdamping). In de modelberekening klimaatverandering is de meest extreme variant doorgerkend (GL-2100), waarbij de huidige grondwateraanvulling op pixelniveau is vermeerderd met 11.4%. Het scenario dat het effect van klimaatverandering op de gemiddelde grondwaterstanden en kwel vertegenwoordigt is daarmee niet automatisch ook scenario GL: alle KNMI'14 scenario's hebben gelijke kans om werkelijkheid te worden. Scenario GL geeft enkel het maximale effect van klimaatverandering op de grondwateraanvulling weer.

Bij deze aanpak moeten een tweetal kanttekeningen worden geplaatst:

- In werkelijkheid is er sprake van ruimtelijke verschillen: in gebieden waar in de huidige situatie al verdampingsreductie optreedt (diepe grondwaterstand op de Heuvelrug) zal de verdampingstoename minder groot zijn en het neerslagoverschot daarmee dus groter.
- Er wordt nu geen rekening gehouden met de tijdsafhankelijke aspecten van klimaatverandering: wat doet klimaatverandering op de toename van de GHG (nattere winters) of de verlaging van de GLG (drogere zomers).

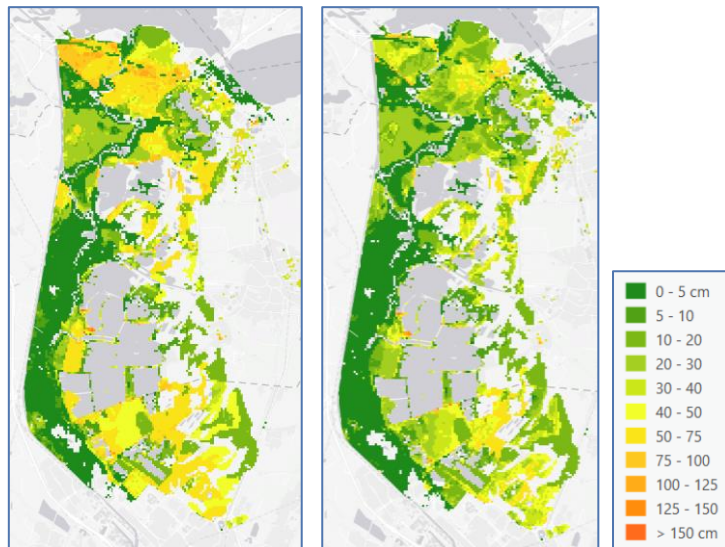
Tabel 2-2: Neerslag, verdamping en neerslagoverschot voor verschillende KNMI-scenario's in 2100. De percentages geven de verandering ten opzichte van het referentieklimaat weer (1980-2010).

Scenario	Huidig (1980-2010)	GL-2100	GH-2100	WL-2100	WH-2100
Neerslag (mm/jaar)	851	897 (+5.4%)	903 (+6.1%)	916 (+7.6%)	918 (+7.9%)
Verdamping (mm/jaar)	559	572 (+2.3%)	591 (+5.7%)	597 (+6.9%)	622 (+11.3%)
Neerslagoverschot (mm/jaar)	292	325 (+11.4%)	312 (+6.8%)	319 (9.1%)	296 (+1.3%)

### ***Bodemdaling***

De impact van bodemdaling is onderzocht aan de hand van twee bodemdalingsscenario's voor het jaar 2100 uit Figuur 7 (*Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten, Deltares 2021*):

- Bodemdaling 2020-2100, scenario sterke bodemdaling: sterke klimaatopwarming (WH KNMI'14) in combinatie met continuering van het huidig peilbeleid, waarbij oppervlaktewaterpeilen regelmatig worden verlaagd om opgetreden bodemdaling te compenseren (indexatie) om daarmee de huidige drooglegging (het verschil tussen maaiveldhoogte en slootwaterpeil) naar de toekomst te blijven handhaven. In het grondwatermodel is dit opgenomen door zowel het maaiveld als de polderpeilen te verlagen.
- Bodemdaling 2020-2100, scenario milde bodemdaling: beperkte klimaatverandering (GL KNMI'14) in combinatie met oppervlaktewaterpeilfixatie om bodemdaling te mitigeren; het oppervlaktewaterpeil wordt hierin gehandhaafd op het startpeil van 2020. In het grondwatermodel is dit opgenomen door enkel het maaiveld te verlagen.



Figuur 7. Bodemdalingskaart 2020-2100 Hoog (links) en Bodemdalingskaart 2020-2100 Laag (rechts), op basis van Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten, Deltares 2021.

## Resultaat

### Klimaatverandering

Het KNMI'14 GL klimaatscenario voor 2100 zorgt voor een toename van het jaargemiddelde neerslagoverschot. De berekende grondwaterstanden op de Heuvelrug nemen hierdoor toe met enkele centimeters op de hogere delen van de flank tot maximaal 40 cm boven op de Heuvelrug. Op de lagere flank en in het Vecht- en plassengebied heeft het klimaatscenario geen significante impact op de stationaire grondwaterstanden doordat hier actief peilbeheer plaatsvindt: het extra neerslagoverschot leidt niet tot structurele opslag als grondwater maar leidt tot meer drainage naar het oppervlaktewater om vervolgens afgevoerd te worden. Het water dat extra infiltreert op de Heuvelrug treedt als kwel uit op de flank. De kwelflux neemt toe in een dunne strook op de flank die de drainagebasis van de Heuvelrug vormt, daar waar de drainagebasis van de eerste watergangen snijdt met de grondwaterstand (bijvoorbeeld het Hilversums kanaal en de noordoostelijke peilvakken in Muyevelde). De ondergrondse afstroming van grondwater naar de flank van het Vechtplassengebied neemt jaargemiddeld toe met ongeveer 1.2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

In werkelijkheid spelen tijdsafhankelijke effecten een grote rol, aangezien de extremen (hoge en lage grondwaterstanden) bepalend zijn voor de effecten op bijvoorbeeld natuur en stedelijke bebouwing. Als gevolg van klimaatverandering lijken de extremen toe te nemen (zomers droger, winters natter) waardoor de effecten op GHG en GLG significant groter kunnen zijn dan de effecten op de GG<sup>1</sup>.

### Bodemdaling

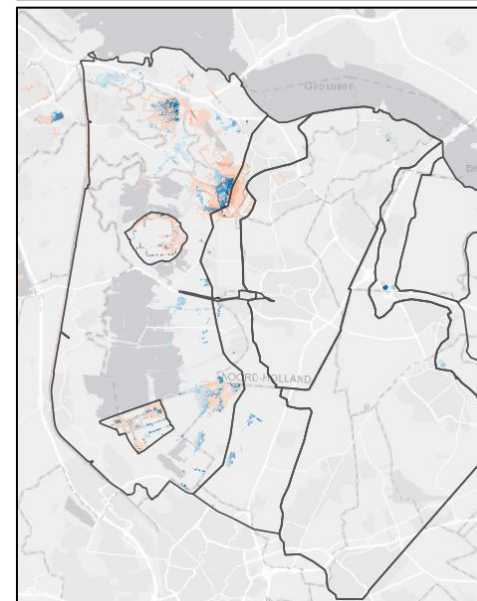
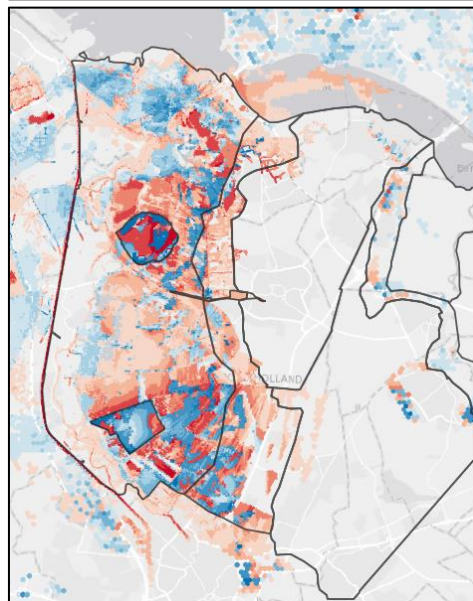
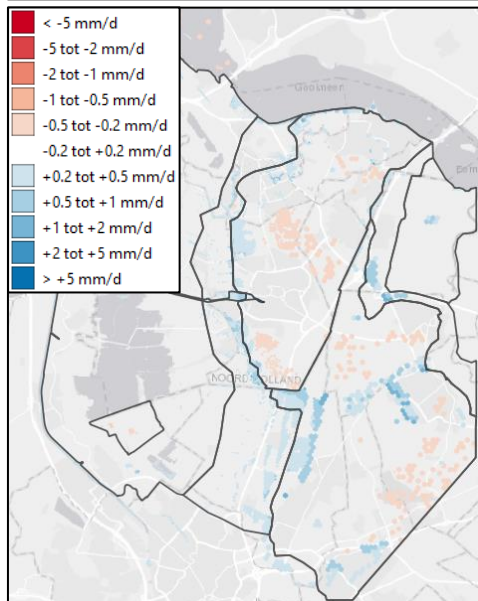
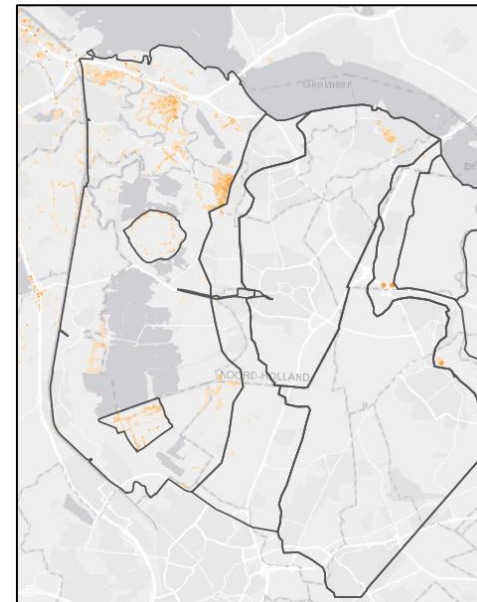
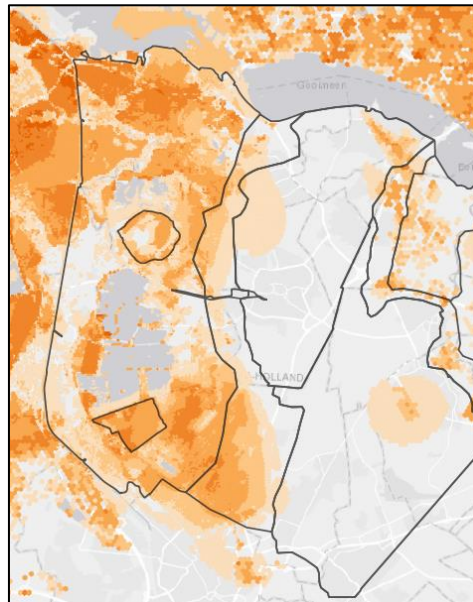
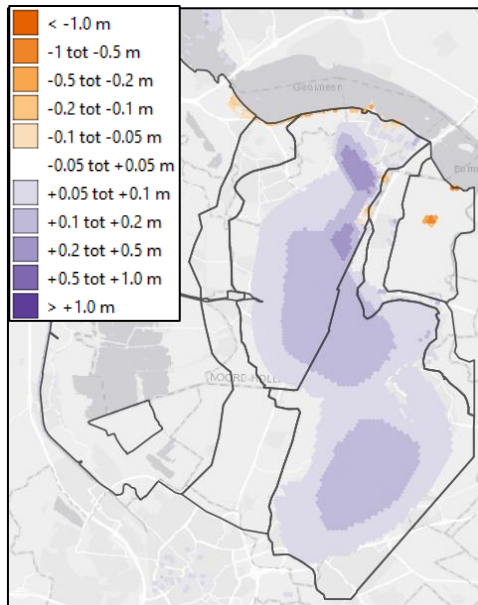
De impact van bodemdaling wordt in grote mate bepaald door de manier waarop het peilbeheer reageert op deze bodemdaling. Als het peil gelijk blijft, zoals het geval in modelberekening 3 bij minimale bodemdaling, dan blijven de drainage- de infiltratiebasis in de lagere gelegen veengebieden met een intensief ontwateringsstelsel hetzelfde. De

<sup>1</sup> Vervolgonderzoek: Momenteel is Waternet bezig met modeluitbreiding naar tijdsafhankelijke berekeningen. Deze resultaten zijn nog niet beschikbaar voor dit onderzoek.

grondwaterstroming verandert hierdoor nauwelijks. Echter, de ontwateringsdiepte en drooglegging neemt drastisch af, met grote gevolgen voor huidige functies en de buffercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem tijdens extreme neerslag (geen output van deze grondwaterberekeningen).

Wanneer de oppervlaktewaterpeilen met de bodemdaling mee zakken, zoals in de maximale bodemdaling modelberekening, dan verlaagt de drainagebasis op de snel dalende locaties. Dit leidt tot lagere grondwaterstanden en tot meer drainage en kwel, terwijl op langzaam/niet dalende locaties juist de infiltratie en wegzijging naar de gebieden met verlaagde grondwaterstand zal toenemen. In de waterbalans is te zien dat zowel infiltratie als drainage toenemen: er komt nog meer versnippering in het grondwatersysteem.





Modelberekening 1

Modelberekening 2

Modelberekening 3

## 2.1.2 Infiltratie Heuvelrug

### Opzet

Het uitgangspunt van deze bouwstenen is het vergroten van de grondwateraanvulling op de Heuvelrug. Dit kan op twee manieren: door vermindering van de (oppervlakkige) afvoer van neerslag of door vermindering van evapotranspiratie.

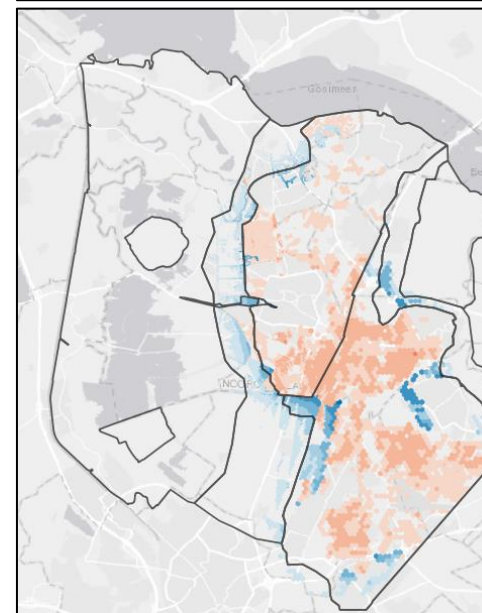
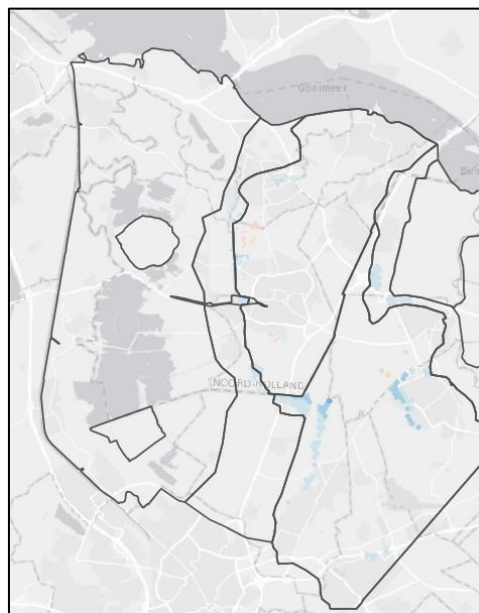
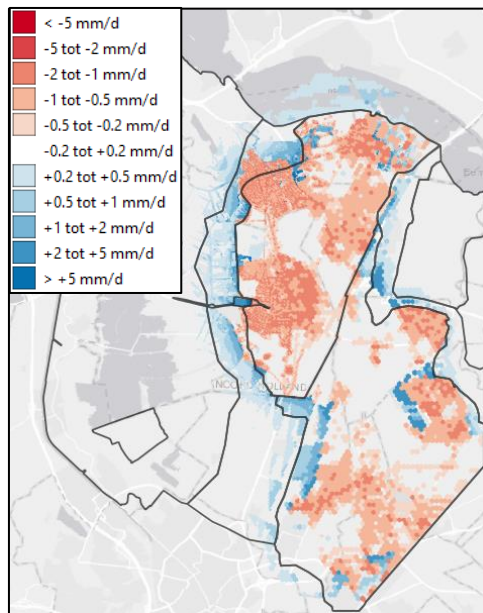
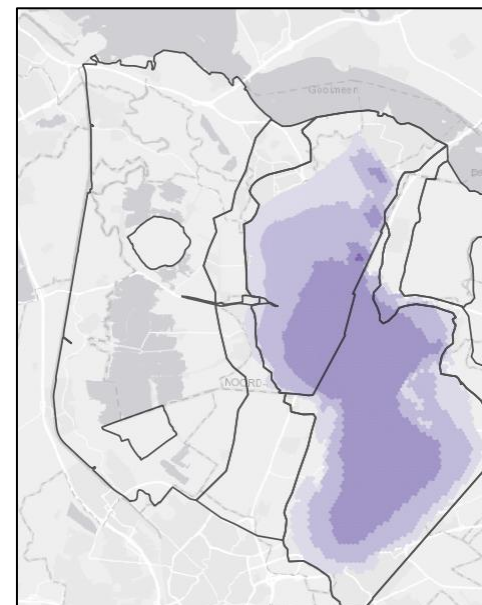
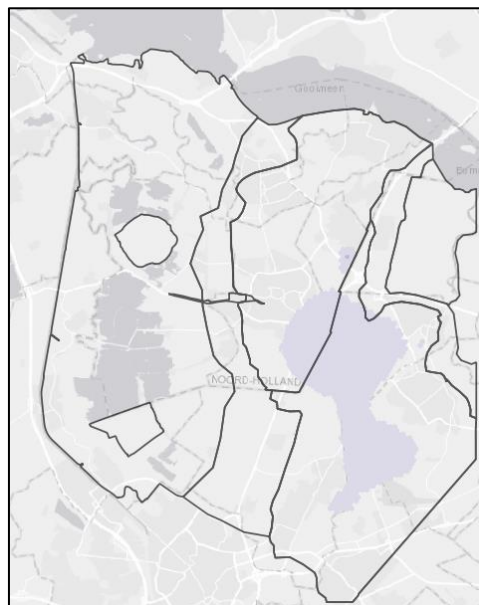
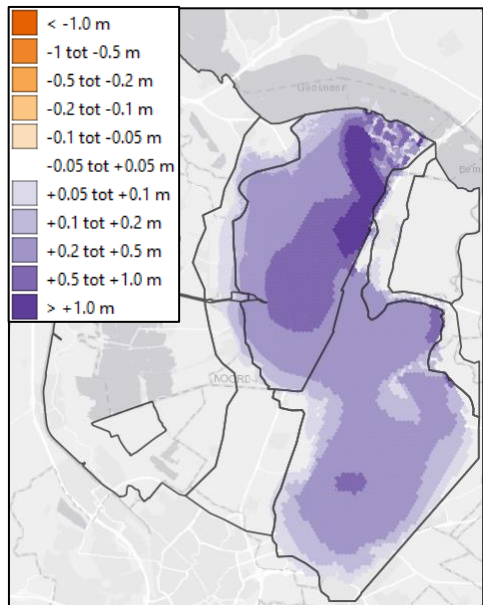
Bij het afkoppelen (scenario 4) van stedelijk gebied is ervanuit gegaan dat elke druppel die valt op verharding op de Heuvelrug ter plaatse infiltreert. Het is belangrijk om op te merken dat de berekende effecten van deze modelberekening in grote mate afhankelijk zijn mate van verharding die in het referentiemodel is opgenomen (zie Figuur 3). Wordt er in de referentiesituatie bijvoorbeeld in bepaalde rekenpunten 100% afgevoerd, dan is het effect van afkoppelen ook 100%. Het is werkelijke effect is daarmee dus afhankelijk van de huidige afwatering.

Door aanpassingen door te voeren aan de vegetatie op de Heuvelrug kan de actuele verdamping verlaagd worden. Bij verloofing is 100% van het naaldbos vervangen door loofbos. Bij boskap zijn alle bossen (naald/loof/gemengd) vervangen door 50% grasland en 50% zandverstuivingsgebied.

### Resultaat

Vanwege het grote areaal stedelijk gebied op de Heuvelrug is de potentiële impact van de bouwsteen afkoppelen groot: de gemiddelde grondwateraanvulling in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug neemt toe met ruim 15 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (of ~0.51 mm/d). Dit is een toename van bijna 50%. Het extra grondwaterwater stroomt af naar de flank waar het over de gehele breedte van de flank zorgt voor een toenemende kwelflux, of afnemende infiltratieflux (bijvoorbeeld in de 's Gravelandse Polder). Een belangrijke conclusie is dat de impact op kwelfluxen beperkt blijft tot de flank (niet verder westwaarts dan Kortenhoef in polder Kortenhoef, en de Ster (noord en zuid) in Muyevelde). De kwelfluxen in het Vechtplassengebied veranderen hierdoor niet significant.

De effecten van verloofing en boskap op de Heuvelrug zijn qua trend gelijk aan de impact van afkoppelen: De grondwaterstanden op de Heuvelrug nemen toe en het water dat extra infiltreert op de rug treedt uit op de flank. In magnitude en ruimte verschillen de maatregelen onderling. Verloofing heeft relatief weinig impact: de gemiddelde grondwateraanvulling in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug neemt toe met ongeveer 0.6 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.02 mm/d). Boskap resulteert in een extra grondwateraanvulling van 3.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.02 mm/d) in het Noord-Hollandse deel van de Heuvelrug. De impact van boskap op het Utrechtse deel van de Heuvelrug dat binnen het onderzoeksgebied valt is groter (8.9 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) doordat in dit deel van het onderzoeksgebied meer bos en minder stedelijk gebied voorkomt.



Modelberekening 4

Modelberekening 5

Modelberekening 6

### 2.1.3 Onttrekken drinkwater

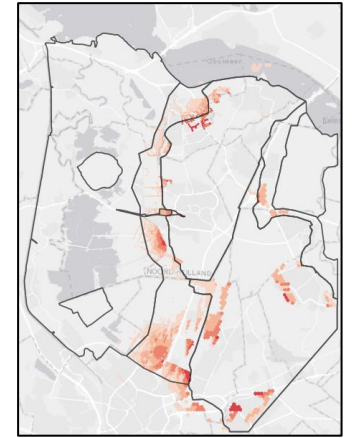
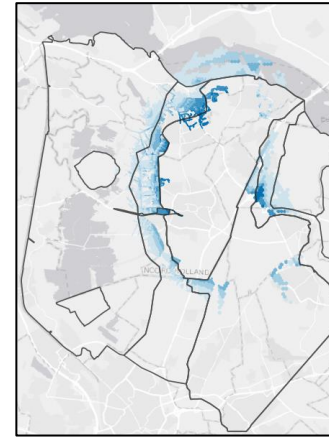
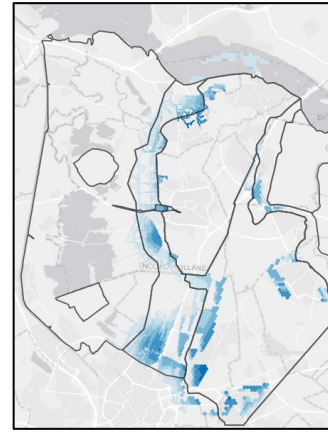
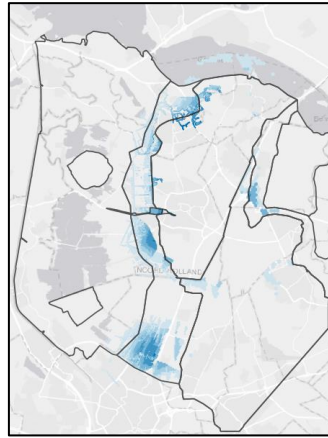
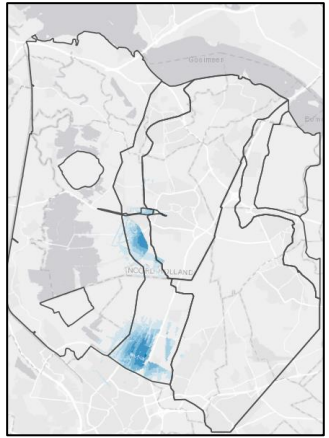
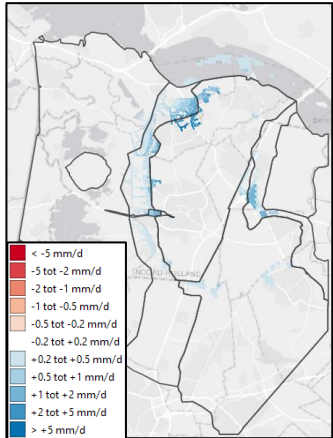
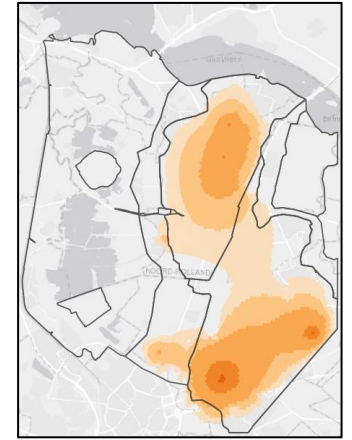
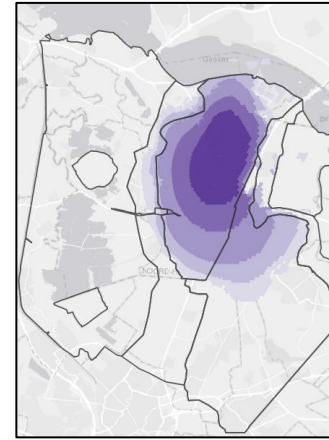
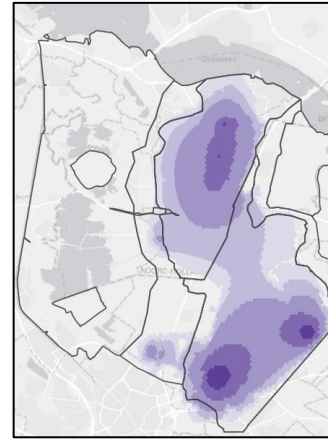
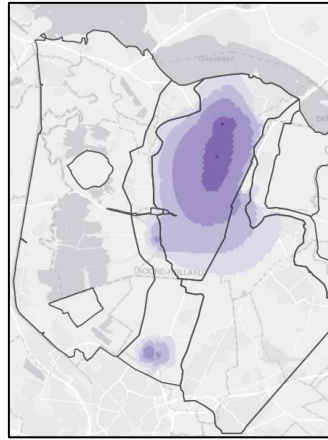
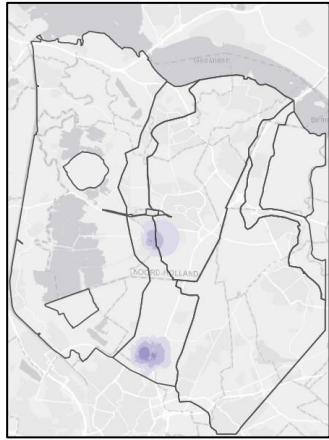
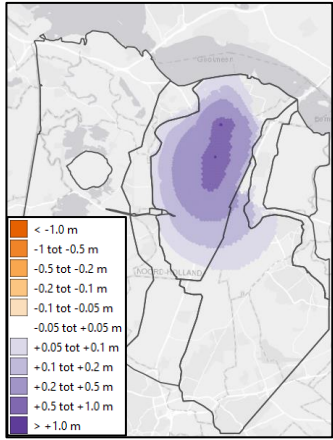
#### Opzet

Deze bouwstenen hebben allemaal betrekking op de hoeveelheid grondwaterwater die via putten wordt onttrokken of geïnfiltreerd. In modelsommen 7 t/m 10 zijn verschillende (combinaties van) winvelden volledig uitgezet. De interceptiewinning Laren wordt niet meegenomen in deze bouwsteen aangezien deze noodzakelijk is om de verontreinigingspluim te beheren. Modelsom 11 gaat verder dan een onttrekkingstop, en onderzoekt de impact van kunstmatige infiltratie in het Gooi door op 3 winvelden 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar te infiltreren. Tot slot wordt er in modelsom 12 onderzocht wat de impact is wanneer de huidige onttrekkingsdebieten met 50% worden vergroot.

#### Resultaat

De afname van grondwateronttrekking (modelsommen 7 t/m 10) resulteert in stijgende grondwaterstanden. Daar waar de grondwaterstanden diep liggen ten opzichte van maai-veld en de afstand tot drainerende watergangen groot is (bijvoorbeeld winningen Huizen, Laren en Laarderhoogt uit modelsom 7) stijgt de grondwaterstand aanzienlijk alvorens een nieuwe jaargemiddelde evenwichtssituatie wordt bereikt. Daar waar de onttrekking dicht-ter bij drainerende watergangen zijn gepositioneerd (bijvoorbeeld winningen Groenekan en Nieuw Loosdrecht) is de grondwaterstandstijging beperkter. De afname van grondwa-teronttrekking leidt tot een toename van de kwelflux op de flanken van de Heuvelrug. De locatie van de winning is bepalend voor de locatie op de flank waar het water vervolgens uittreedt: de noordelijke winningen beïnvloeden dus ook alleen de noordelijke flanken. De bouwsteen actieve infiltratie heeft dezelfde impact als onttrekkingsafname: de verandering in kwelflux is evenredig aan de netto-onttrekkingsafname. Dit geldt ook voor de bouw-steen extra onttrekken, waar de impact op de afname van de jaargemiddelde kwelfluxen evenredig is aan het volume extra onttrokken grondwater.

Bovenstaande resultaten met betrekking tot stuurknop drinkwateronttrekkingen komen in grote lijnen overeen met die van infiltratiemaatregelen uit paragraaf 2.1.2. Er kan geconclu-deerd worden dat de toename in jaargemiddelde netto grondwateraanvulling of afname van grondwateronttrekking op de Heuvelrug beide leidt tot een verhoging van de grond-waterstanden op de Heuvelrug. Deze verhoogde grondwaterstanden leiden vervolgens tot een toename van de kwelflux op de flank, waar het water in watergangen draineert naar het oppervlaktewater. In beide gevallen zijn er geen noemenswaardige effecten in het Plas-sengebied.



Modelberekening 7

Modelberekening 8

Modelberekening 9

Modelberekening 10

Modelberekening 11

Modelberekening 12

## 2.1.4 Peilaanpassingen

### Opzet

Het grondwaterregime wordt aan de voet van de Heuvelrug, in het plassen- en poldersysteem, in grote mate beïnvloed door de oppervlaktewaterstructuren. De waterpeilen zijn daarmee een belangrijke stuurknop voor het functioneren van het grondwatersysteem in het onderzoeksgebied. Deze modelanalyse beschouwt enkel de impact van (vaste) peilaanpassingen op het grondwaterregime, de implicaties van deze aanpassingen op bijvoorbeeld buffercapaciteit en wateroverlast, waterkwaliteit, en waterbeschikbaarheid worden in paragraaf 2.2 behandeld.

In totaal zijn vijf bouwstenen doorgerekend welke kunnen worden onderverdeeld in drie subcategorieën:

1. Peilverhoging in diepe droogmakerijen (berekening 13-15).
2. Peilopzet in gehele plassen- en poldersysteem (berekening 16).
3. Stoppen drainerende werking van watergangen op de flank (berekening 17).

Ook deze maatregelen zijn in extreme mate doorgevoerd in het model om zo de hoekpunten het invloedsveld te verkennen.

In modelsommen 13 t/m 15 zijn de peilen in de Bethunepolder en/of de Horstermeerpolder verhoogd tot het omliggende plaspeil. Hiermee zijn ze feitelijk onderwater gezet, ofwel volledig opgehoogd.

Binnen modelsom 16 zijn alle peilen opgezet tot 10 cm onder maaiveld, met een maximum peil van NAP -0.40 m (aangezien dit het boezempeil is). Hierdoor ontstaat in het gehele poldersysteem een plasdras situatie.

Met modelsom 18 wordt onderzocht wat de impact is van het verhogen/verwijderen van de drainagebasis aan de flank, in de zone waar veel van het grondwater vanuit de Heuvelrug uittreedt. Hiervoor zijn de Nieuwe Hilversumse haven en het Hilversums kanaal als indicatief voorbeeld genomen door deze drainerende oppervlaktewaterstructuren volledig te dempen. In de praktijk is het ook mogelijk om deze niet te dempen maar de bodemweerstand te verhogen d.m.v. een klei/bentoniet afdichting

### Resultaat

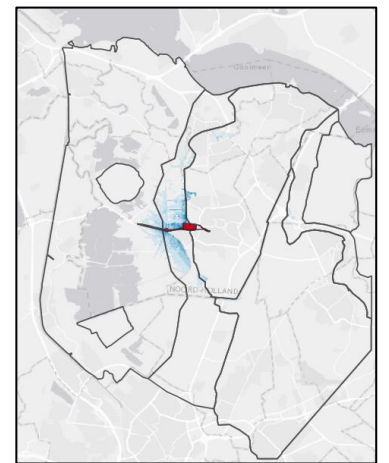
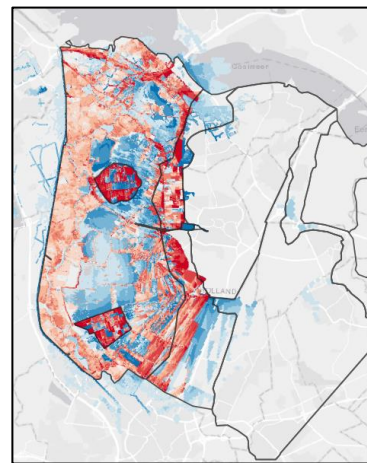
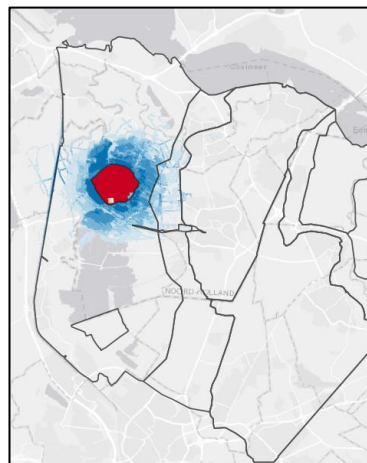
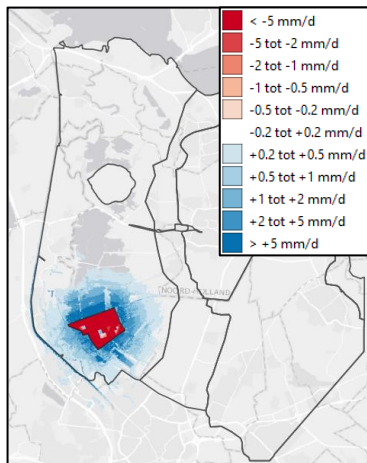
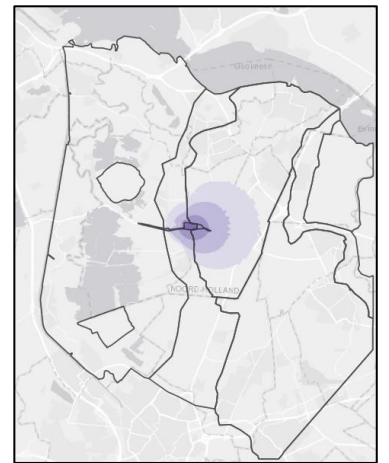
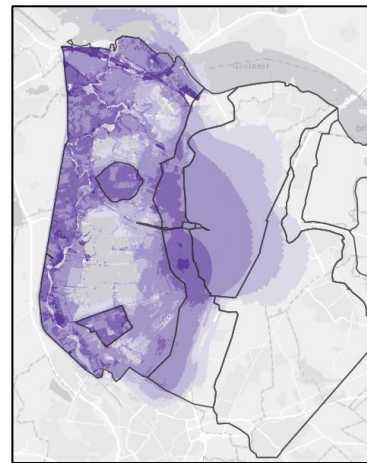
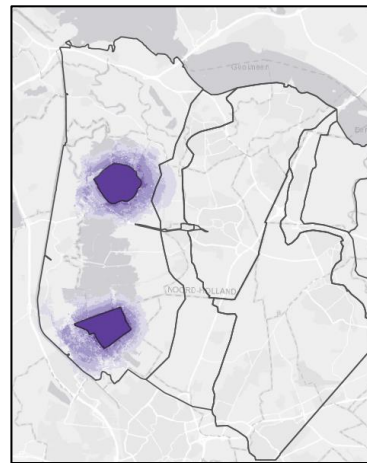
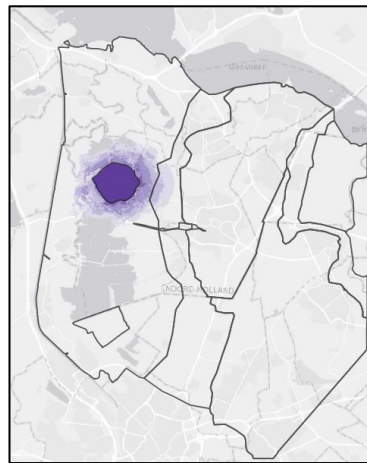
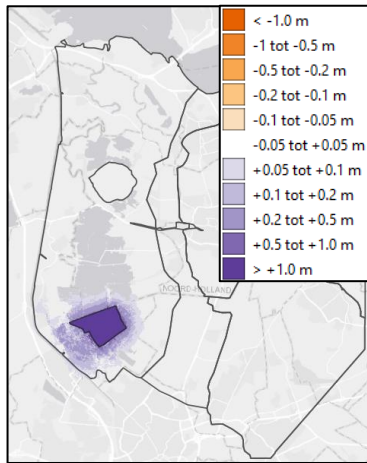
Het resultaat van het onderwater zetten van de droogmakerijen is, naast de realisatie van grote nieuwe openwaterplassen (hoge freatische stijghoogte in de plas zelf), ook een verhoging van de grondwaterstand in de omliggende omgeving. De grondwaterstand stijgt met ruim een halve meter direct naast de plassen tot 5 cm in een radius van 1.5 à 2.5 km rondom de plassen. De impact op de kwelkaart in het Vechtplassengebied is groot: de kwelflux in de Horstermeerpolder neemt af van ongeveer 33 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar -4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, bij het gesimuleerde peil vindt dus een transitie plaats van kwelgebied naar netto infiltratiegebied: de naastgelegen polders (met name de Meeruiterdijksche Polder) krijgen nu meer kwel. De wegzijging en dus watervraag voor peilhandhaving in het omliggende gebied nemen af met ongeveer eenzelfde factor, waardoor er jaargemiddeld in de omgeving van de Horstermeer een watervraagreductie van ongeveer 33 miljoen m<sup>3</sup>/jaar

gerealiseerd wordt. Eenzelfde effect geldt voor de Bethunepolder waar een kwelreductie van ongeveer 30 miljoen m<sup>3</sup>/jaar wordt berekend.

Opvallend is dat de het onderwater zetten van de droogmakerijen geen significante impact heeft op de hoeveelheid toestromend grondwater vanaf de Heuvelrug. Op basis van eerder uitgevoerd onderzoek kan wel worden aangenomen dat de stroombanen vanuit de Heuvelrug verder tot in het plassengebied zullen rijken (*Horstermeer onder water? - Natuurontwikkeling en bestrijding van verdroging in Noord-Hollandse Vechtplassengebied, van Brussel et al., 1997*).

Het stoppen of verminderen van de drainerende werking van watergangen op de flank heeft als effect dat grondwater vanuit de Heuvelrug verder in het gebied reikt en verder richting de voet uittreedt. Het dempen van de Nieuwe Hilversumse haven laat dit effect duidelijk zien: de 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (~0.1 m<sup>3</sup>/s) die in de huidige situatie in deze watergang draineert, treedt nu uit (of vermindert de wegzijging) in de benedenstrooms gelegen polders (met name in de gebieden 's Gravelandse polder, Kortenhoef, Het Hol/Suikerpot en De Ster noord).

Door peilopzet in het gehele plassengebied verhoog je de drainagebasis van de Heuvelrug. De jaargemiddelde grondwaterstanden stijgen hierdoor in het gehele gebied, ook op de Heuvelrug. Er ontstaat een verschuiving van huidige kwelzone in de richting van het plassengebied. Door de stijgende grondwaterstanden verschuift ook de locatie waar water als eerste uittreedt hoger op de flank. In de huidige uittreedzone neemt de kwelflux af. Op veel plekken waar de huidige ontwateringsdiepte groot is, is de peilopzet ook groot. Hierdoor neemt daar de huidige kwelflux significant af of de infiltratie toe. Door peilopzet in de reeds infiltrerende peilvakken kan de kwel in andere peilvakken toenemen. Als zo'n hoger peil in de praktijk wordt gerealiseerd door meer water vast te houden in periodes van overschotten (flexibelpeil beheer) hoeft een hoger peil niet gepaard te gaan met een grotere watervraag. Daartegenover zal als gevolg van grootschalige peilopzet in andere peilvakken, op de plekken waar de huidige ontwateringsdiepte reeds klein is (veelal natuurgebieden in het vechtplassengebied) de kwelflux toenemen (of infiltratie afnemen). Echter, hier is het ook mogelijk dat de kwelflux afneemt als gevolg van peilopzet.



Modelberekening 13

Modelberekening 14

Modelberekening 15

Modelberekening 16

Modelberekening 17



### 2.1.5 Synthese grondwateranalyses

De bouwstenen die voor deze studie stationair zijn doorgerekend kunnen in enkele conclusies worden samengevat:

- Alle maatregelen waarbij de netto grondwateraanvulling op de Heuvelrug verandert hebben eenzelfde type uitwerking:
  - De grondwaterstand op de Heuvelrug neemt toe.
  - De kweleffecten beperken zicht tot de flankzone, rond de huidige drainagebasis van de Heuvelrug.
- Verminderen van de drainerende werking van watergangen op de flank-voet overgang (bijv. Hilversums Kanaal/Tienhovens Kanaal) kan ervoor zorgen dat grondwater vanuit de Heuvelrug verder in het gebied uittreedt.
- Peilopzet in drainerende peilvakken in het vechtplassengebied zorgt voor een afname van wegzijging in omliggende peilvakken en daarmee dus een afname van de watervraag voor peilhandhaving. Keerzijde is dat de (mogelijk voor dat peilvak waardevolle) kwelflux in dat peilvak dus afneemt. In lager gelegen peilvakken zal de kwel vervolgens wel weer toenemen. Regionaal beschouwd neemt de totale kwelflux echter af, omdat de gemiddelde drainagebasis stijgt.
- Maatregelen in de diepere droogmakerijen hebben vooral impact op de omliggende gebieden, de grootte van de grondwaterflux vanaf de Heuvelrug wordt hierdoor niet beïnvloed. Waar deze diepe kwel echter uittreedt wel: deze wordt hierdoor verspreid over een groter gebied.
- Vanuit een waterbalansperspectief hebben de maatregelen aan droogmakerijen een grotere impact op de waterbalans in het vechtplassengebied dan de som van alle maatregelen die je op het Gooi kan nemen (drinkwateronttrekkingen en infiltratiemaatregelen).
- Pas als je het gehele peil in het polder- en plassensysteem integraal omhoog zet hef je de huidige drainagebasis van de Heuvelrug op en verschuift de kwelzone in de richting van het plassengebied. Hierdoor ontstaan echter ook compleet nieuwe kwel en infiltratiegebieden waardoor dit niet automatisch ook gunstig uitwerkt voor de huidige natuurposities.

## 2.2 Analyses oppervlaktewater

De effectiviteit van bouwstenen die inwerken op het oppervlaktewater (denk hierbij aan effecten op de waterkwantiteit, de waterbeschikbaarheid voor peilhandhaving, de capaciteit van het afvoersysteem of de ontwikkeling van de bodem) zijn moeilijk te kwantificeren, zeker op een termijn van tientallen tot honderd jaar. Er is een groot aantal processen dat invloed heeft op één enkele systeemindicator van het oppervlaktewater, waarbij deze processen vaak niet onafhankelijk zijn. Neem als voorbeeld de systeemindicator waterkwaliteit: defosfateringsinstallaties kunnen de waterkwaliteit in specifieke gebieden sterk ten goede komen, maar de effectiviteit van deze installaties reduceert tot nul als er helemaal geen of enkel verzilt water aangevoerd kan worden. Daarom is de effectiviteit van bouwstenen die inwerken op het oppervlaktewater in deze studie op een integrale wijze (dat wil zeggen alle afhankelijkheden meewegend) ingeschat op basis van literatuur, opgehaalde kennis tijdens de verschillende werksessies en eenvoudige analyses. In deze

paragraaf volgen enkele van deze simpele analyses om de effectiviteit van belangrijke bouwstenen te kunnen waarderen.

### 2.2.1 Peilopzet

Om bodemdaling en broeikasgasemissie te reduceren is het noodzakelijk om grondwaterstanden in veenbodems te verhogen. In de kamerbrief Bodem en Water Sturend wordt gestreefd naar een 'zo hoog mogelijke grondwaterstand tussen de 20 tot 40 cm onder maaiveld'<sup>2</sup>. Deze marge komt voort uit de volgende redentatie: 'de huidige landbouwpraktijk is goed mogelijk is bij een grondwaterstand van 40 cm'<sup>3</sup> terwijl 'een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld als optimum wordt verondersteld voor reductie van uitstoot van de broeikasgassen CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas'<sup>4</sup>. Om deze verhoogde grondwaterstanden te realiseren is peilopzet (al dan niet in combinatie met infiltratiemaatregelen) noodzakelijk. Peilopzet heeft echter ook (soms negatieve) impact op andere systeemindicatoren zoals de bergingscapaciteit, zowel in open water als in de bodem, en waterkwaliteit.

Het exact becijferen van de impact van peilopzet binnen het projectgebied op de systeemindicatoren bodemdaling en broeikasgasemissie is complex en valt buiten de scope van dit onderzoek<sup>5</sup>.

Gebruik makend van de NBW-analyse kan er via een simpele analyse een indicatie gegeven worden van de impact van peilopzet op het huidige watersysteem. Bij deze analyse is ervan uitgegaan dat peilopzet van 10 cm de bergingscapaciteit in open water met 10 cm verminderd. De impact van talud op het oppervlak open water is dus niet meegenomen. Verder is ervan uitgegaan dat de berging in de bodem en de afstroming van van land naar open water (via runoff of drainage) precies hetzelfde is. Tot slot is er geen rekening gehouden met de huidige ontwateringsdiepte.

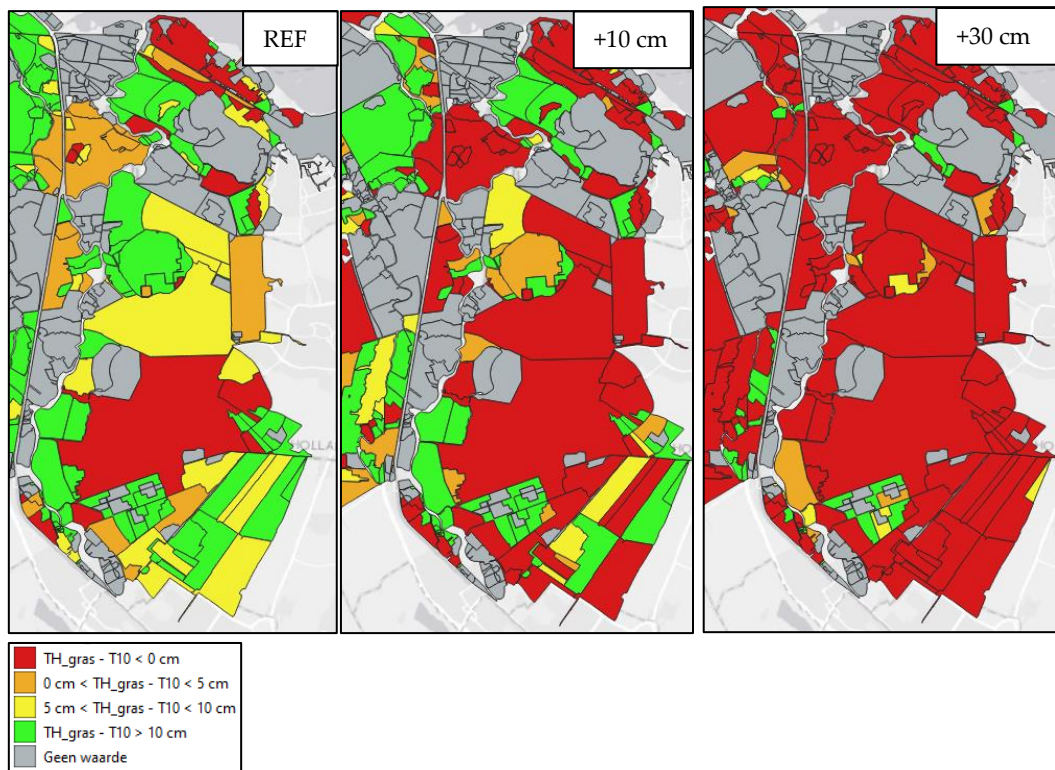
De kwetsbaarheid van grasland en stedelijk gebied voor wateroverlast bij een peilopzet van 10 en 30 cm is gegeven in Figuur 8. De gevolgen van peilopzet op de wateroverlast zijn voor zowel grasland als stedelijk gebied substantieel. Aanvullende maatregelen zijn noodzakelijk om de wateroverlast te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan de realisatie van nieuwe buffercapaciteit in retentiebekkens of aan de adaptatie van de huidige functies waardoor de impact van wateroverlast afneemt.

---

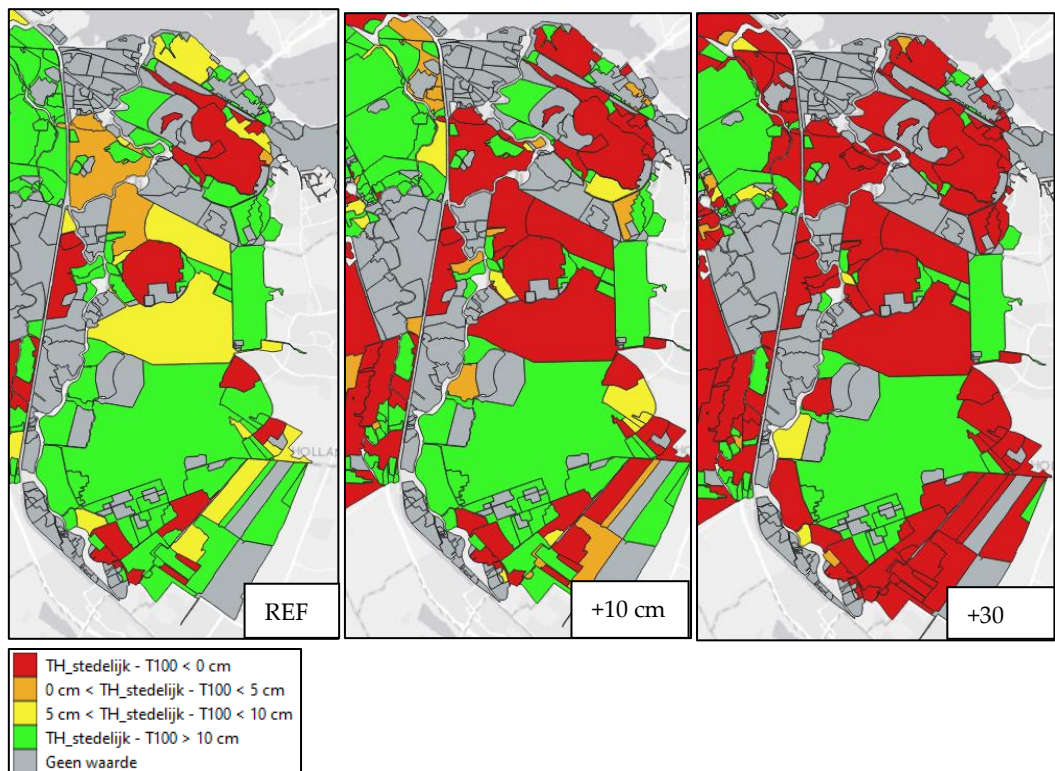
<sup>2</sup> <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-c35e65eba0903d738ae26dab222462337b0d8de7/pdf>

<sup>3</sup> [https://www.hdsr.nl/publish/pages/117157/eindrapportage\\_sturen\\_met\\_grondwater\\_bedrijvenproef\\_spengen\\_2017\\_2022\\_lage\\_resolutie.pdf](https://www.hdsr.nl/publish/pages/117157/eindrapportage_sturen_met_grondwater_bedrijvenproef_spengen_2017_2022_lage_resolutie.pdf)

<sup>4</sup> [https://www.rli.nl/sites/default/files/advies\\_stop\\_bodemdaling\\_in\\_veenweidegebieden\\_-\\_def.pdf](https://www.rli.nl/sites/default/files/advies_stop_bodemdaling_in_veenweidegebieden_-_def.pdf)



Figuur 8. Analyse wateroverlast voor grasland als gevolg van peilopzet met 10 en 30 cm, vergeleken met de resultaten van de NBW toetsing (REF)



Figuur 9. Analyse wateroverlast voor stedelijk gebied als gevolg van peilopzet met 10 en 30 cm, vergeleken met de resultaten van de NBW toetsing (REF)

### 2.2.2 Flexibel peilbeheer

De kans op droge periodes waarin onvoldoende gebiedsvreemd water (van voldoende kwaliteit) kan worden aangevoerd neemt toe in de toekomst, met vergaande gevolgen voor vrijwel alle functies in het projectgebied. Eén van de grootste uitdagingen is daarom de transitie naar een systeem dat in toenemende mate zelfvoorzienend is in haar zoetwaterbehoefte tijdens de zomer. In paragraaf 2.1 is beschreven welke bijdrage de verschillende struurknoppen aan het grondwatersysteem kunnen leveren voor het verhogen van de zoetwaterbeschikbaarheid. Omdat deze bijdrage niet voldoende is zal het oppervlaktewatersysteem moeten bijdragen aan bij de zelfvoorzienendheid. Door fluctuaties in het peilbeheer toe te staan kunnen periodes van aanvoertekorten (deels) worden opgevangen. In deze paragraaf wordt aan de hand van een simpele analyse een inschatting gegeven van de impact die flexibel peilbeheer op de watervraag zou kunnen hebben.

Wanneer je enkel de buffercapaciteit in open water beschouwt en daarbij de impact van het talud op het oppervlak open water negeert kun je voor al het open water in het projectgebied of enkel voor de plassen in het projectgebied benaderen hoeveel water kan worden opgeslagen door een peilfluctuatie toe te staan gedurende droge periodes. De resultaten hiervan zijn gegeven in Tabel 2-3. Het buffervolume dat bij verschillende peilmarges wordt gerealiseerd is ook omgezet naar het aantal dagen dat je met dit volume het gemiddelde inlaatdebiet in de zomer van 2018 (van de boezem naar polder- en plessensysteem:  $\sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kan voorzien.

Als je de debieten afzet tegen de gemiddelde inlaat vanuit de boezem in de zomer van 2018 ( $\sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dan blijkt al snel dat flexibel peilbeheer een grote rol kan spelen bij de opgave om een meer zelfvoorzienend watersysteem te realiseren. Een belangrijke kanttekening is dat het moeilijk is om ruimtelijk te sturen met de opgebouwde buffer, waar dat met inlaatwater wel kan.

Het is ook interessant om deze debieten te kunnen afzetten tegen de winst die met bouwstenen aan het grondwatersysteem te behalen valt (zie paragraaf 2.1). Bij deze vergelijking moet wel de opmerking geplaatst worden dat deze debieten (omgerekend van  $\text{m}^3/\text{jaar}$  naar  $\text{m}^3/\text{s}$ ) gebaseerd zijn op een stationair grondwatermodel. In een droge zomerperiode wijken de werkelijke grondwaterfluxen hiervan af, maar het geeft wel een indicatie van de orde van grootte. De stationair berekende winst op de waterbalans die door extra infiltratie op de Heuvelrug te behalen valt is orde grootte van  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Met het onderwater zetten van de Horstermeerpolder en Bethunepolder kan orde grootte  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  winst behaald worden.

Een groot aandachtspunt bij het toepassen van flexibel peilbeheer is de impact die het kan hebben op de nutriëntenbalans in het watersysteem, en daarmee de impact die het heeft op de waterkwaliteit.

Tabel 2-3. Indicatie van de impact van flexibel peilbeheer op de waterbalans van het Vechtplassengebied.

Peilmarge	Volume (M m <sup>3</sup> )	Aantal dagen dat je met dit watervolume het inlaatdebiet van 2018 kan voorzien (d)
Al het huidige open water (opp. ~ 5150 ha)		
10 cm	5.2	15
20 cm	10.3	30
30 cm	15.5	45
Vechtplassen (opp. ~ 2480 ha)		
10 cm	2.5	7
20 cm	5.0	14
30 cm	7.4	22



**BIJLAGE 3:**

**SCHEMA HANDELINGS-  
PERSPECTIEF**

# Handelingsperspectief Toekomstbestendige Heuvelrug, Gooi en Vechtstreek

met een duurzame wisselwerking tussen het bodem- en watersysteem, inrichting en functies



Onderzoeken: is de boezem nog overal nodig? Keuze: afvoercapaciteit niet verder uitbreiden

Grote rol boezem in nutriëntenuitwisseling. Evt. verleggen om nutriënten af te voeren: 's Gravelandsevaart, Tienhovens Kanaal

**Maximale peilopzet en flexibel peilbeheer in bodemdalingengebieden. Adaptatie en verplaatsing van functies/ nieuw verdienmodel boeren/ acceptatie overstroming bij pieksituaties**

Gematigde peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie deel woningen, mogelijk ruimte opgeven voor meer retentie

**Transitie diepe droogmakerijen. Stop aanzuigende werking, realisatie waterbuffer. Moerasvorming in aangrenzende gebieden, vervangende adaptieve woningen, uitbreiden recreatiemogelijkheden**

Gedeeltelijk vernatten Horstermeerpolder. Verminderen aanzuigende werking. Omdijken woningen, natte teelten, moerasvorming rondom

**Maximale peilopzet in bodemdalingengebieden en flexibel peilbeheer. Adaptatie en verplaatsing van functies/ nieuw verdienmodel boeren/ acceptatie overstroming bij pieksituaties**

Gematigde peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie van alle functies, ook natuur, mogelijk ruimte opgeven voor meer retentie

**Maximale peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie en verplaatsing woningen. Natuur als hoofdfunctie: veengroei**

Gematigde peilopzet en flexibel peilbeheer. Adaptatie (deel) woningen. Natte teelten

Dempen Haven Hilversum i.c.m. vernatten omgeving

Dempen of bodemverhoging van alle drainerende watergangen op de flanken (Tienhovenskanaal, Goyergracht etc.)

**Circulair watergebruik: minder onttrekking voor drinkwater**

**Grootschalig afkoppelen hemelwater, evt. filteren, infiltreren**

**Wel/ niet infiltreren schoon water via bodempassage voor drinkwaterbereiding**

**Een natuurlijke balans tussen de afvoercapaciteit van het boezemsysteem en de buffercapaciteit van het polder- en plassensysteem, in de pas met klimaatverandering. De functie van waterkwaliteitsbewaker groeit.**

**Circulair landbouwgebied, met een watersysteem dat in grote mate zelfvoorzienend is en alleen tijdens droogte wordt voorzien van inlaatwater.**

**Halt aan grootschalige waterafvoer en inmenging van brak grondwater. Geleidelijk toewerken naar vernatting.**

**Natuurlijk plassensysteem dat minder afhankelijk is van gebiedsvreemd inlaatwater, met de best mogelijke, toekomstbestendige oplossingen voor waterkwaliteitsvraagstukken. Extensieve landbouw in harmonie met de natuur.**

**Afwisselend en tegelijkertijd robuust landschap met een grote rol voor het vasthouden van water en het benutten van kwelwater voor natuur.**

**Maximaal infiltratielandschap waarbij elke bron van vervuiling is uitgesloten.**