

KlimaWeiden

Unser Boden – heimlicher Klimaretter

Einzugsgebiete in Gleichgewicht

Massnahmen in der Landschaft

Droogteportaal.nl
Casüistiek Reusel Bovenstroom
OBN Natuurherstel

NABU



Kleve, 10. November 2025

Gé van den Eertwegh

KnowH2O



Dr.ir. Gé van den Eertwegh



| | |
|-----------|---|
| 1984-1990 | WUR - ir. |
| 1990-1991 | RWS RIZA: Rijn-afvoerspellingen |
| 1992 | AIO: Af- en uitspoeling meststoffen naar open water (WUR en RIVM-LBG) |
| 1997 | Rijnland – projectleider en teamleider Integrale Plannen en Projecten |
| 2002 | WUR – dr. |
| 2005 | Rivierenland – teamleider Wateradvies (monitoring, modellen, beleidsadvies) |
| 2010 | KWR – teamleider Ecologie |
| 2012 | FutureWater – hydroloog |
| 2013 | KnowH2O – hydroloog en eigenaar |



Droogteportaal.nl

Aktuelle Daten aus Feld

Meteorologie

Hydrologie

Trockenes Wetter? Anders wie normal? Dürre??

**Verdroging van de Nederlandse natuur:
bijna een halve eeuw goed onderzoek en
falende politiek**

J.P.M. WITTE, R. VAN EK, J. RUNHAAR EN G.A.P.H. VAN DEN EERTWEGH

Stromingen 2020 (26), nr 2

nhv Nederlandse
Hydrologische
Vereniging



KnowH₂O
Advies, Innovatie en Verbinding in Water

Wasserhaushalt – Verdunstung

ET ref – Makkink... (NL)

ET pot (cropfactor Kc)

ET

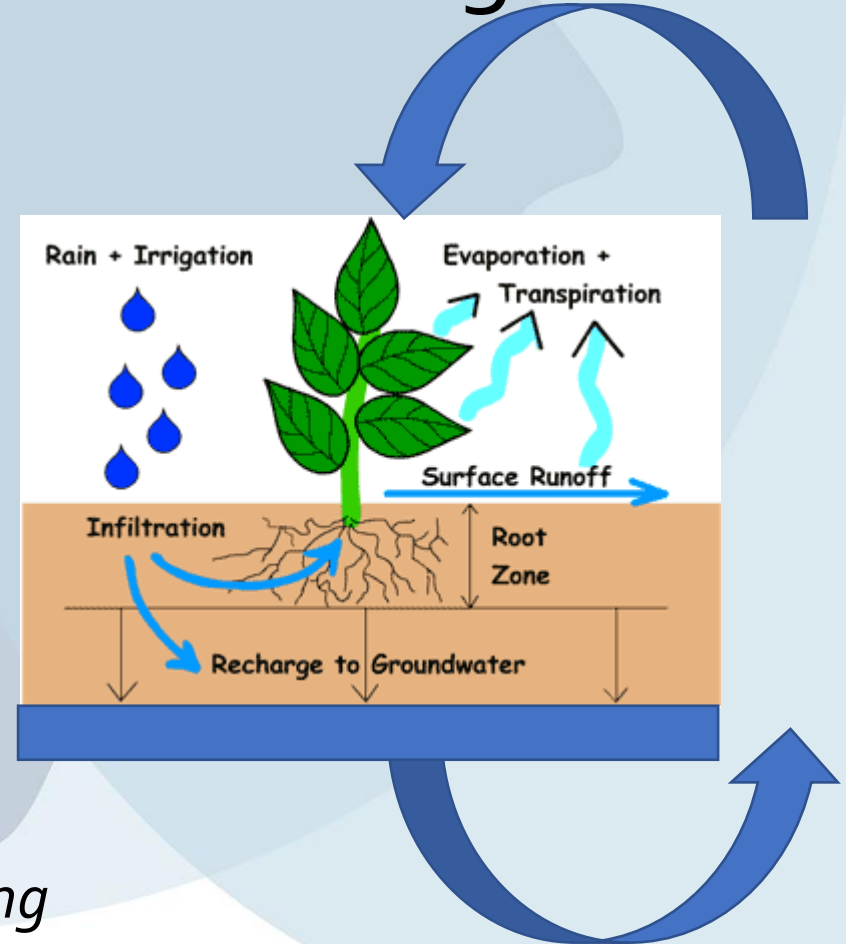
Von Blatt – Interception

Aus Boden – Evaporation

Von Pflanzen – Transpiration

Berechnung unterstützt Verdunstung

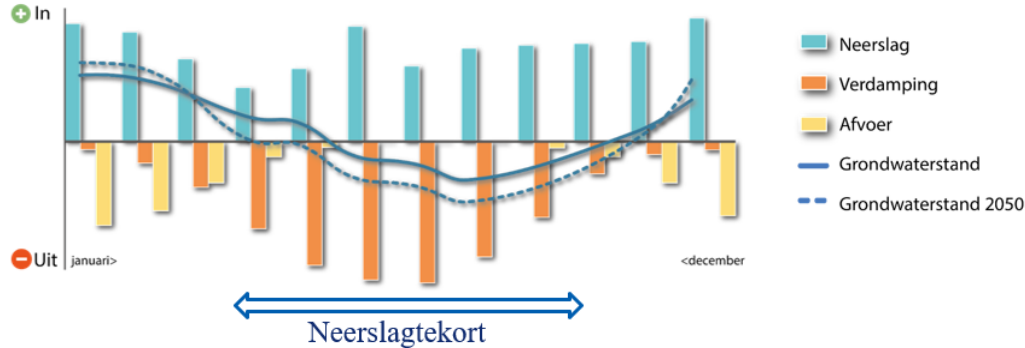
Transpiration macht Production ('dry matter')



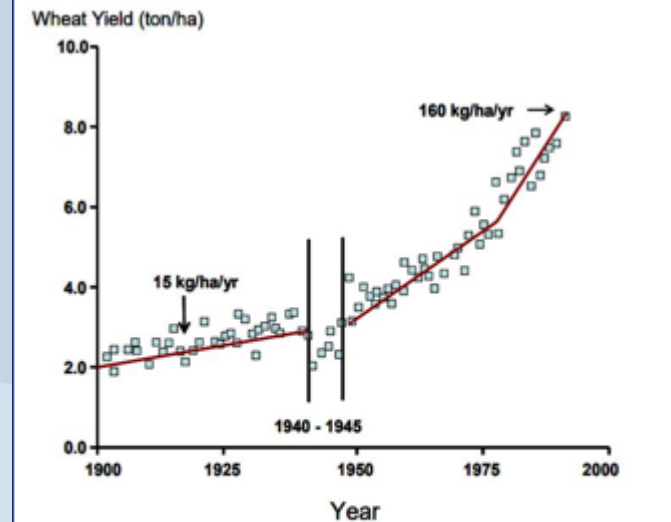
Wasserhaushalt – ET pot

Jetzt und in 2050

Klimaatverandering | Waterbalans 2050 (KNMI 2023, Hd)



| | T=1 | T=10 |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Referentie (1991-2020) | 160 mm | 265 mm |
| 2050 (KNMI 2023, Hd) | 216 mm (+35%) | 345 mm (+30%) |



Landbouw, 2050 +100 mm
(van Bakel, 2012, Klimap 2023)

WVS (2024) KRV rapport

Reusel: Fragen...

Grundwasserstände Sommer erhöhen (GLG): wie?

Grondwaterconvenant

WaBoS

Zonder Water geen Later

Wasser speichern: wie? Effekt Massnahmen?

Reichen Massnahmen für System Herstellung..?

Wassersystem in Ordnung? Nein...

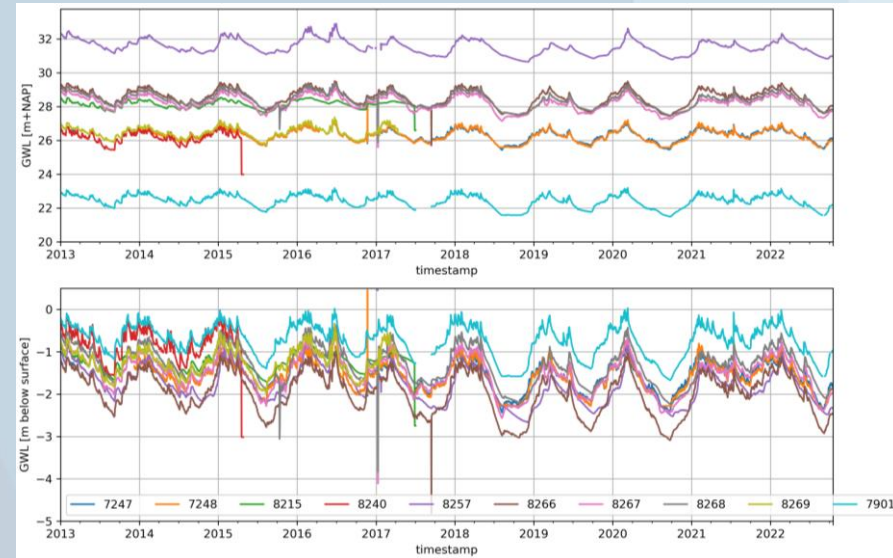
Grundwasserstände sinken leicht

GLG niedrig: Bach fließt oft nicht...

Kein

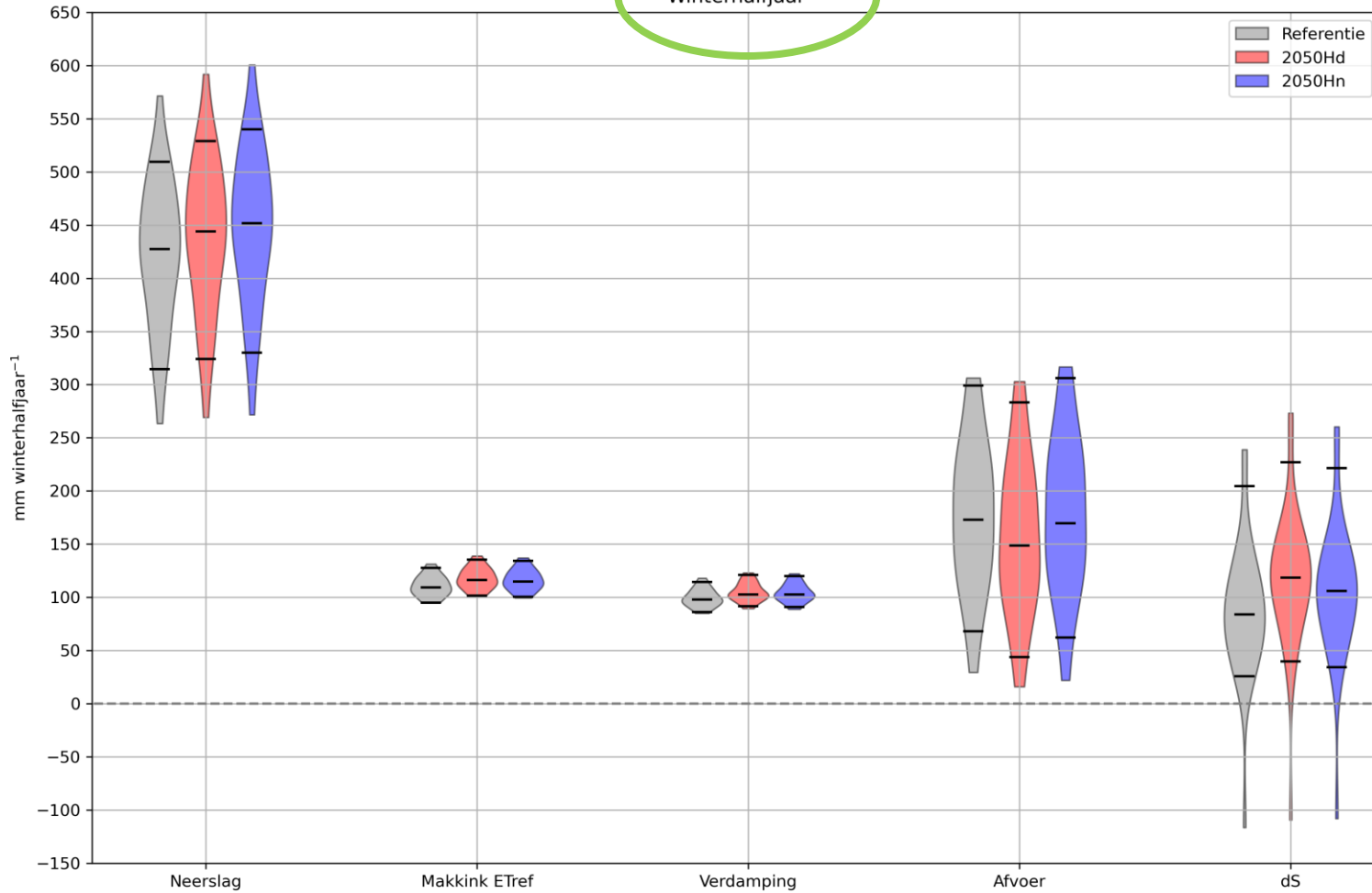
Ablfluss:

| Jaar | Gemeten | Gesimuleerd |
|------|---------|-------------|
| 2013 | 3 | 0 |
| 2014 | 0 | 0 |
| 2015 | 16 | 10 |
| 2016 | 0 | 0 |
| 2017 | 59 | 0 |
| 2018 | 78 | 133 |
| 2019 | 44 | 52 |
| 2020 | 126 | 104 |



Wassersysteem - Klimawandel 2050

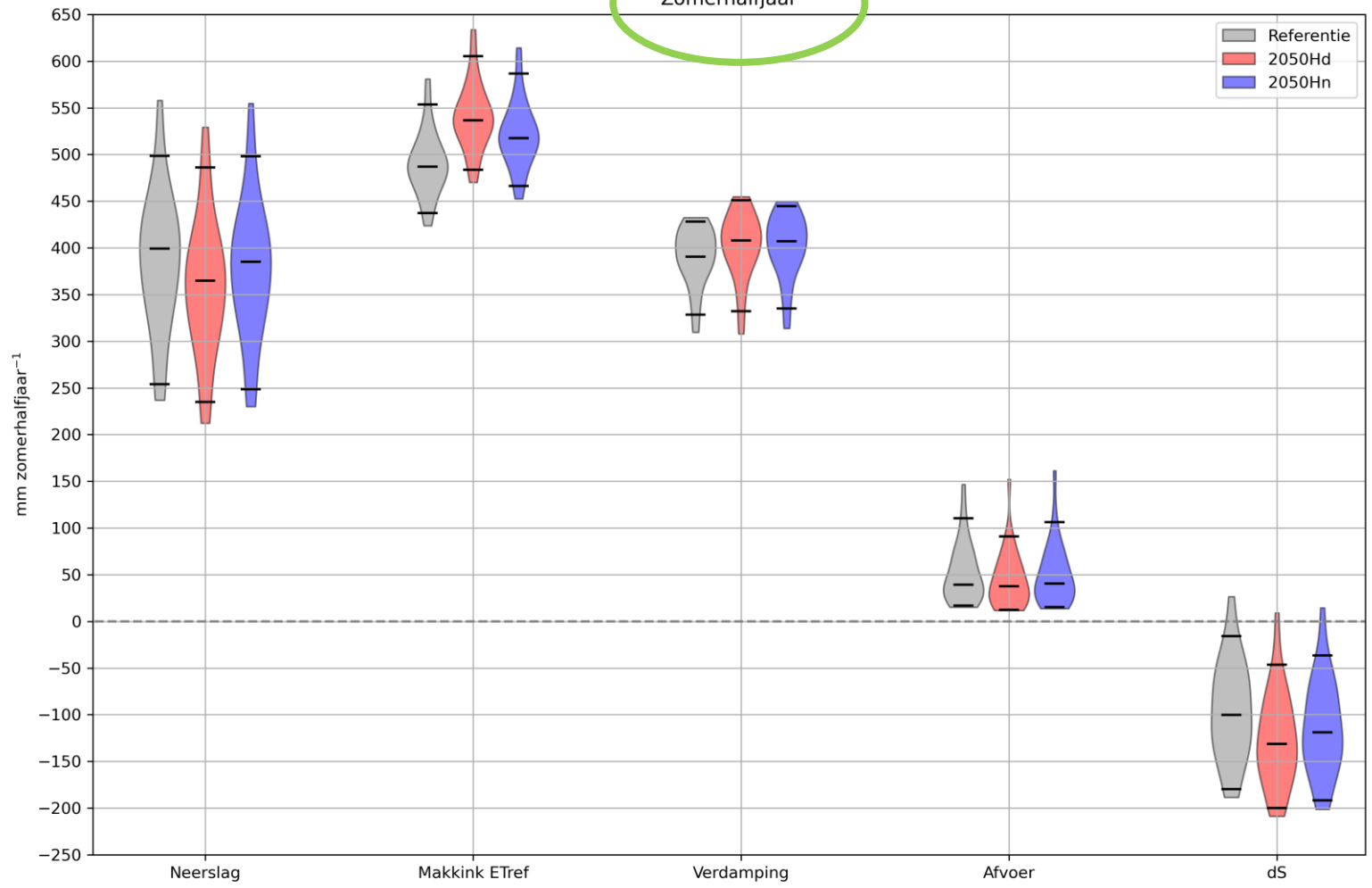
Winterhalfjaar



Wassersysteem – Klimawandel 2050



Zomerhalfjaar



Wasser System Analyse



Modellierung

Dürre, Wassermangel, Beregnung, Abfluss Regime

Integrale Analyse Einzugsgebiet Reusel Bovenstroom

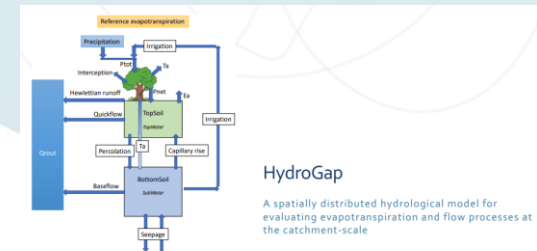
Wasser: Nachfrage und Darbietung (Bilanz!)

Verdunstung und Abfluss

Winter und Sommer, täglich rechnen

HydroGap (Terink et al., 2024) in PCRaster

(auch: SIMGRO - van der Bolt et al., 1996)

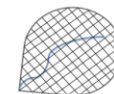


HydroGap

A spatially distributed hydrological model for evaluating evapotranspiration and flow processes at the catchment-scale

Wilco Terink, Dion van Deijl en G  van den Eertwegh

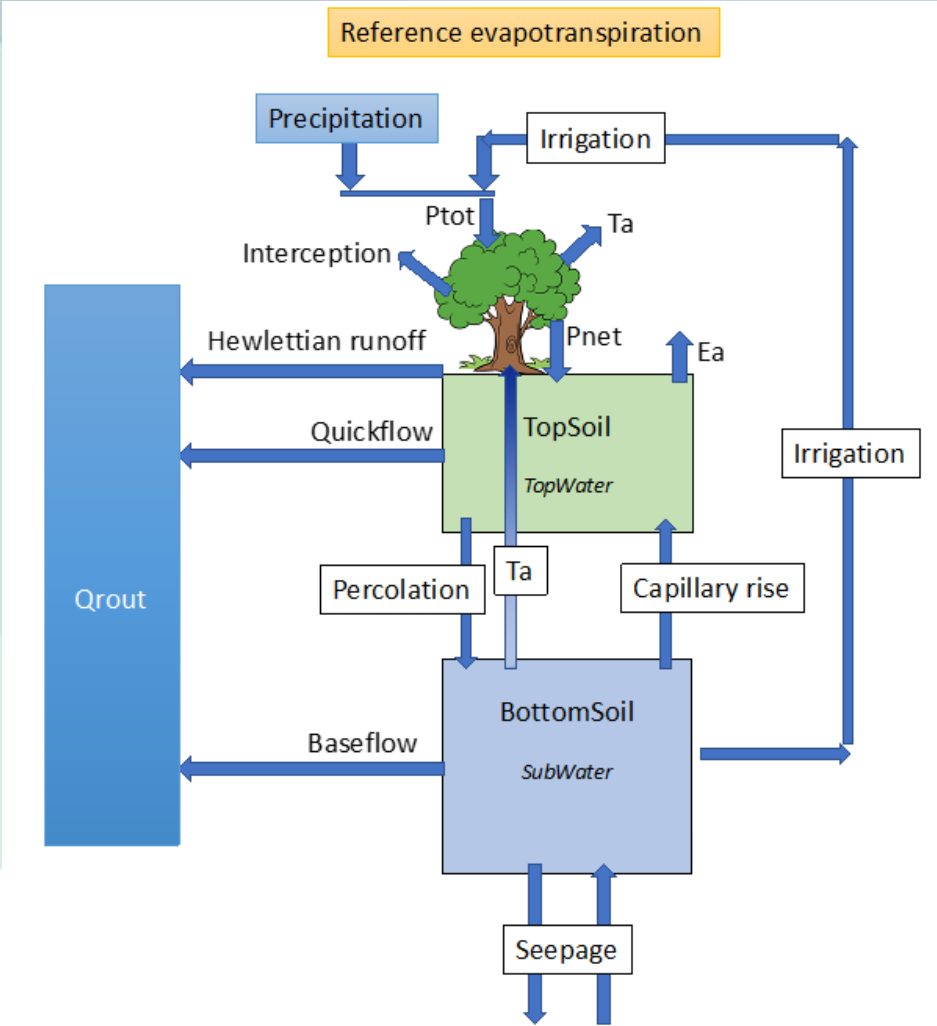
Date: 7-2-2024



Wasser System Analyse



HydroGap



Wasserhaushalt – Einzugsgebiet

Gebiet ist 3D ...

Oberkante

Niederschlag und Verdunstung

Seiten

Strömung Grundwasser?

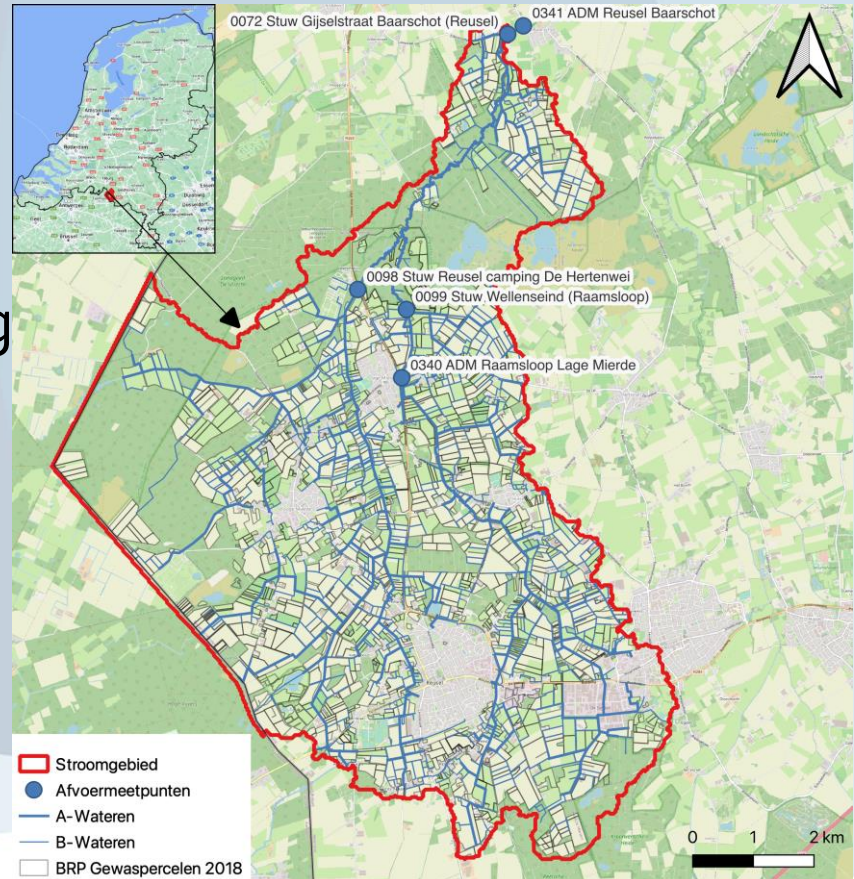
Ablfluss Bach

Unterkante

Kommt Wasser hinein?

Wasser im Gebiet - Speicher

Bodenfeuchte und Grundwasser



Wasserhaushalt – rechnen

Einzugsgebiet: 2013 - 2020 (Jahr und Halbjahr)

| waterbalans-termen | [mm] | jaar | winter | zomer |
|---|------|-----------------|-----------|-----------|
| | | 2013-2020 | 2013-2020 | 2013-2020 |
| neerslag | | 740 | 397 | 343 |
| verdamping vanaf blad | | -101 | -45 | -56 |
| bodemverdamping | | -10 | -2 | -8 |
| plantverdamping | | -383 | -56 | -327 |
| afvoer via grondwaterstroming - niet via beek | | -99 | -60 | -40 |
| afvoer naar beek | | -161 | -130 | -31 |
| verandering berging (-- is minder, droger) | | -14 | 70 | -84 |
| | | | | |
| <i>onttrekking voor beregening</i> | | 49 | 0 | 49 |
| <i>neerslag minus verdamping</i> | | 246 | 294 | -48 |



Ablfluss Bach – trocken in 15% der Tagen im Jahr

Wasserhaushalt – Deutung

2013 - 2020

Grundwasserstände zu niedrig (für alle Land-funktionen)

Wasserspeicher Gebiet geht zurück – mehr speichern im Winter

Beregnung Landwirtschaft kompensiert teilweise Niederschlag
Mangel im Sommer: mehr Verdunstung

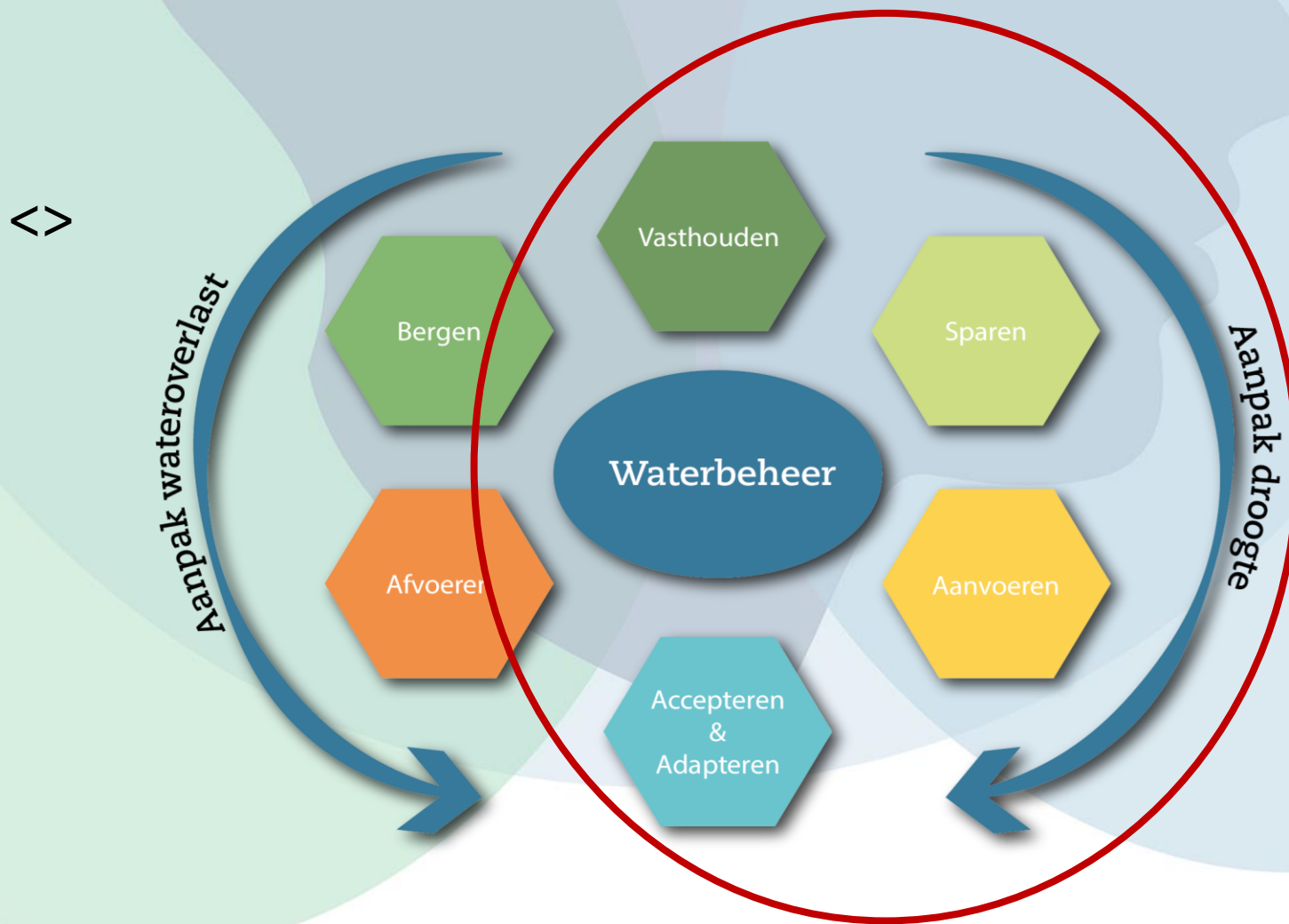
Grundwasser Entnahmen führen zu weniger Wasser im Speicher
und weniger bis kein Abfluss im Sommer

Wasserhaushalt? Jetzt oder in 2050?

KNMI
(2023)
Daten

| REUSEL | Jaar taal | | | Zomerhalfjaar | | | Winterhalfjaar | | |
|-----------------------|----------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | Referentie | Hd2050 | Hn2050 | Referentie | Hd2050 | Hn2050 | Referentie | Hd2050 | Hn2050 |
| Flux | | | | | | | | | |
| Neerslag | 809 | 798 | 824 | 385 | 359 | 376 | 424 | 439 | 447 |
| Verdamping | 490 | 507 | 506 | 391 | 402 | 402 | 99 | 105 | 104 |
| Afvoer | 228 | 201 | 227 | 51 | 45 | 50 | 177 | 157 | 178 |
| Kwel/wegzijing | -99 | -99 | -99 | -39 | -39 | -39 | -60 | -60 | -60 |
| dS | -9 | -9 | -9 | -96 | 126 | 114 | 87 | 117 | 106 |
| Makkink ETref | 601 | 658 | 638 | 490 | 540 | 521 | 111 | 118 | 116 |
| Berekening | 29 | 41 | 35 | 29 | 41 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| KNMI | Eersel | | | | | | | | |
| ET ref min Verdamping | 111 | 151 | 132 | 100 | 139 | 120 | 11 | 13 | 12 |
| Verdamping / ET ref | 0,82 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,74 | 0,77 | 0,90 | 0,89 | 0,90 |

System Wiederherstellung



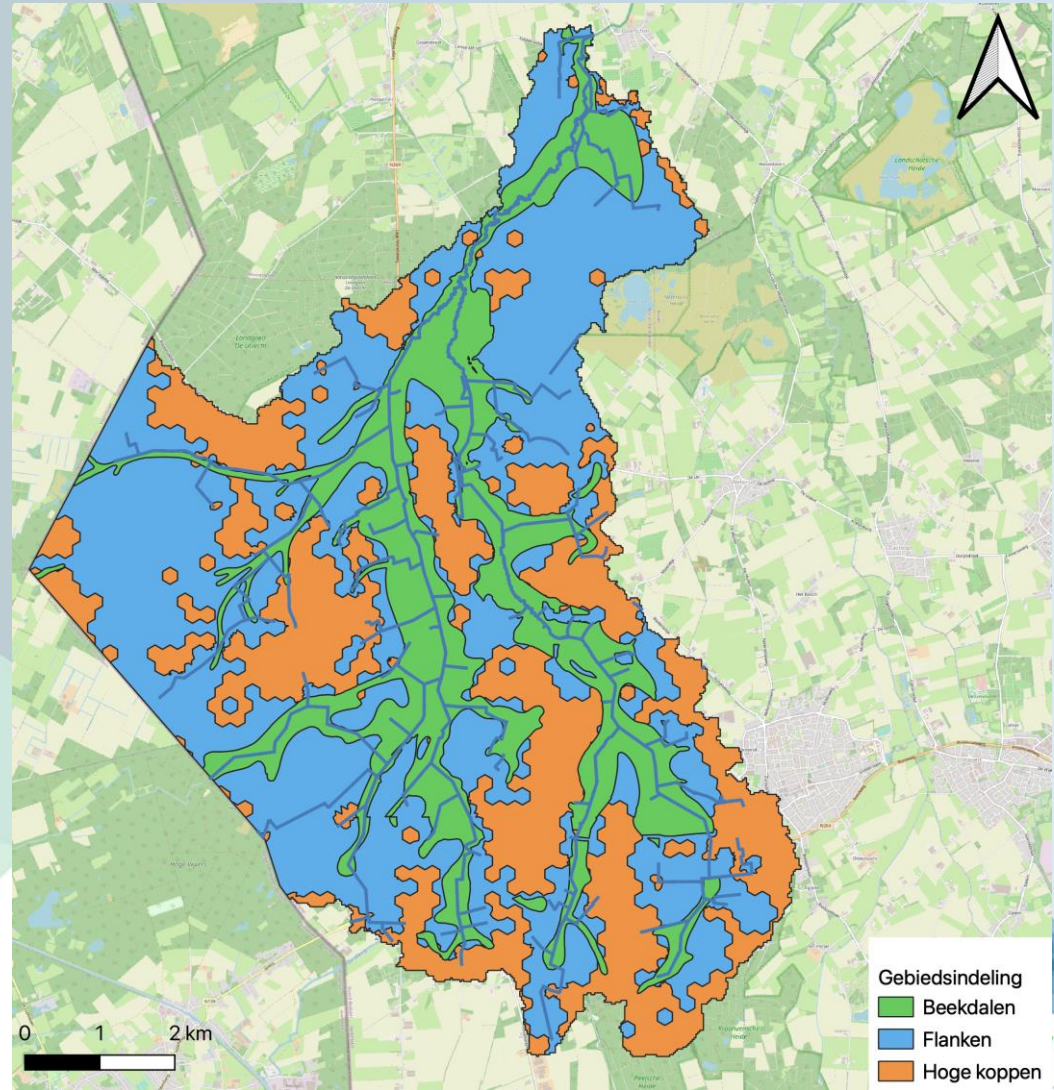
Einzugsgebiet – Gliederung

Bachauen

Flanken

Höhere Gebietsteile

(WDD)



Szenario Bodem en Water Sturend (WDD)

Ergebnis [m]

heutig

geänderd

| Type | GLG | GHG | GVG | dGLG | dGHG | dGVG |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Hoge koppen | 2.79 | 1.93 | 2.10 | 0.29 | 0.36 | 0.35 |
| Flanken | 1.79 | 0.89 | 1.07 | 0.29 | 0.41 | 0.40 |
| Beekdalen | 1.45 | 0.68 | 0.92 | 0.28 | 0.38 | 0.41 |
| Gehele gebied | 2.00 | 1.15 | 1.34 | 0.29 | 0.39 | 0.38 |

SOM WIN FRÜH SOM WIN FRÜH

Effekten auf Landwirtschaft?

Szenario Natur Umwandlung

Wie machen wir das?

Wald - Änderung: weniger Nadel...

Mehr Heide und mehr kahler Boden...

Verdunstung: 50% von 'heutig'

Mehr Grundwasser Neubildung im Winter

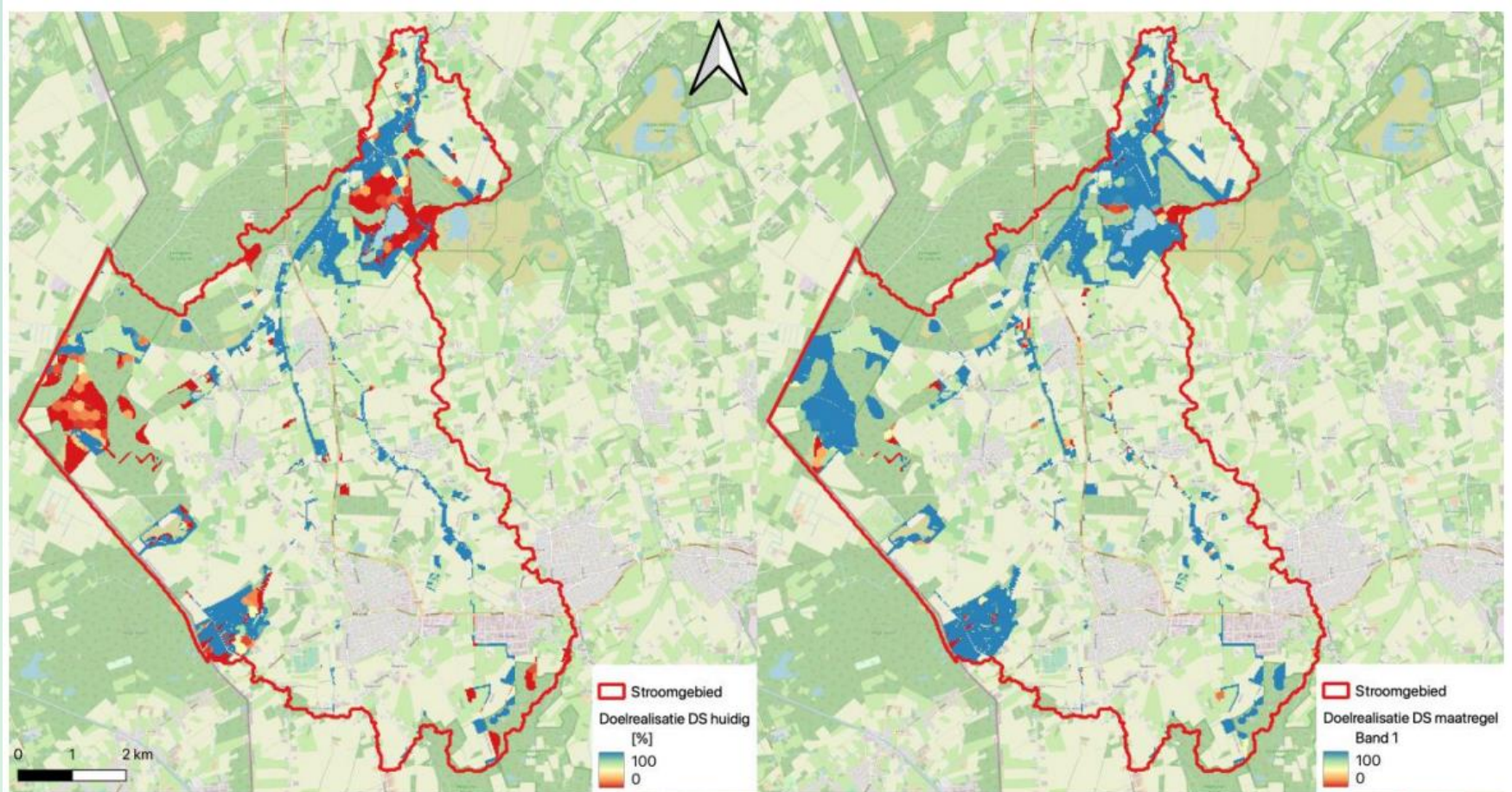
PS: ist grundwasserstand hoch genug für die Natur?

Szenario Natur Umwandlung

Ergebnis im Vergleich zu heutigen Situation:

| scenario | teelt | deelgebied | berekening | | huidig, beregend | |
|-----------------|-----------|------------|------------|----------|------------------|----------|
| | | | [mm] | d.s. [%] | berekening [mm] | d.s. [%] |
| natuur omvormen | aardappel | beekdal | 58 | 85 | 60 | 84 |
| | | flank | 84 | 78 | 85 | 78 |
| | | hoge kop | 78 | 79 | 78 | 79 |
| | gras | beekdal | 69 | 88 | 71 | 88 |
| | | flank | 114 | 81 | 115 | 81 |
| | | hoge kop | 109 | 82 | 111 | 81 |
| | snijmais | beekdal | 60 | 86 | 62 | 85 |
| | | flank | 80 | 81 | 81 | 81 |
| | | hoge kop | 87 | 80 | 88 | 80 |

Szenario Natur Umwandlung



Figuur 40 Doelrealisatie droogtestress (DS) voor de huidige situatie (links) en bij de maatregel natuur omvormen + geen landbouw op de flanken en de hoge koppen (rechts).

Heutige Landnutzung: Anbauplan

Hauptlinie - BRP 2018

14% Kartoffel

< 3% Getreide

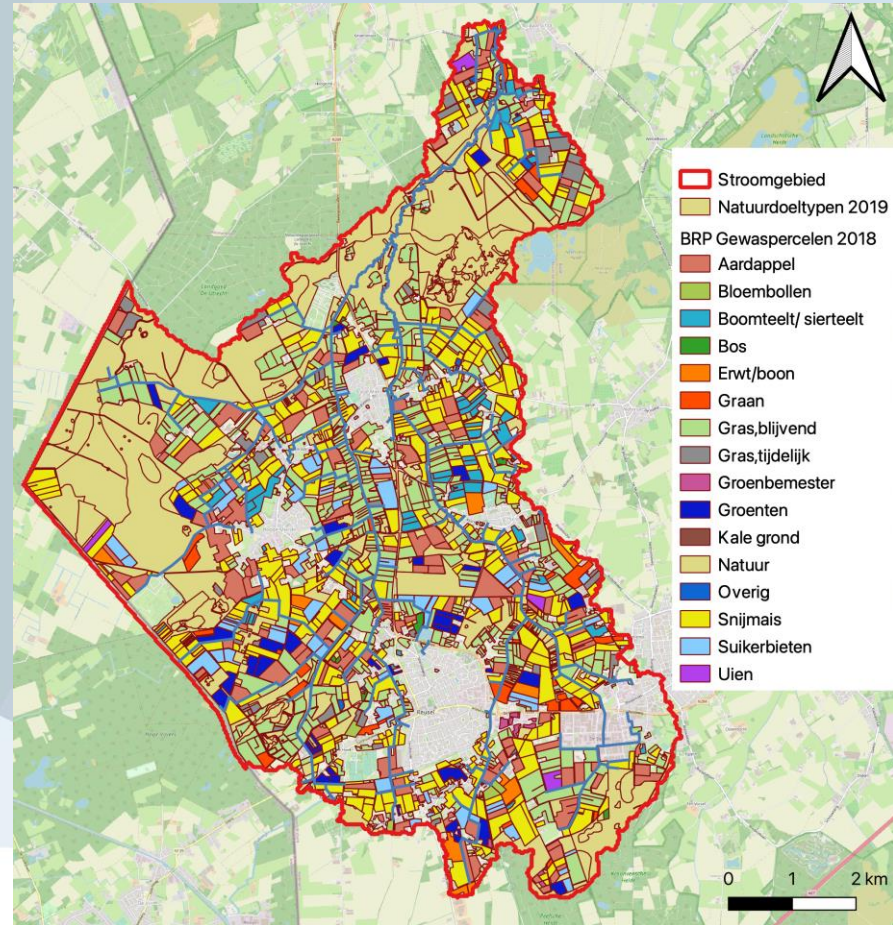
31% Grünland / Weiden

29% Silomais



KlimaWeiden

Unser Boden – heimlicher Klimaretter



Szenario Landnutzung: Beregnung

Wie haben wir dass gemacht:

Heutig:

- Beregnung start: cumulative ET Verlust 20 mm
- Wassermenge 25 mm
- Nächste Beregnung minimal 7 Tagen später (1x/Woche)

Optimal für Kartoffel:

- Beregnung start: cumulatieve ET Verlust 5 mm
- Wassermenge 25 mm
- Nächste Beregnung minimal 3 Tage später

Was sehen wir – Hauptlinien?

Periode 2013 - 2020: Landwirtschaft

GLG +30 cm:

- 3% mehr Produktion mit 5 mm weniger Beregnung

Bodem en Water Sturend (WDD):

- Situation in Bachauen nasser im Frühling; zu nass?

Natur Umwandlung:

- Gleiche Produktion und Beregnung
- Abfluss Bach steigt im Sommer

Was sehen wir - Hauptlinien?

Periode 2013 - 2020: Landwirtschaft

Heutige Anbauplan Kartoffel von Bachauen nach Flanken:

- 10 mm weniger Beregnung bei gleiche Produktion

Heutige Anbauplan Kartoffel von Bachauen nach hohes Gebiet, was restet nach Flanken, optimale Beregnung:

- 6 mm mehr Beregnung bei gleiche Produktion

Anbauplan Kartoffel grösser, 1:4 Rotation Getreide, optimale Beregnung:

- Gleiche Beregnung bei Gleiche Produktion

Ein paar Ergebnissen...

Periode 2013 - 2020

Beregnung: Stopp führt zu 10-15% Reduktion der Transpiration bewässerter Kulturen (weniger Trockensubstanz-Produktion)

Intensive Kartoffelanbau von 10% auf 25% Fläche: basierend auf Auswirkungen auf Wasserhaushalts anno heute kompensieren mit 25% Fläche mit nicht-bewässertem Getreide; Einzugsgebiet bleibt zu trocken...

Feldfrüchte-Wahlmöglichkeiten) und 1:6-Rotation verbessern die Hydrologie nicht

Naturumwandlung hilft die Hydrologie

Erkenntnisse 1 (3)

Periode 2013 - 2020



Langfristige Wasserbilanz abschließen: Speicherveränderung
Null erreichen

Grundwasservorrat erhöhen: Speicherung vergrößern

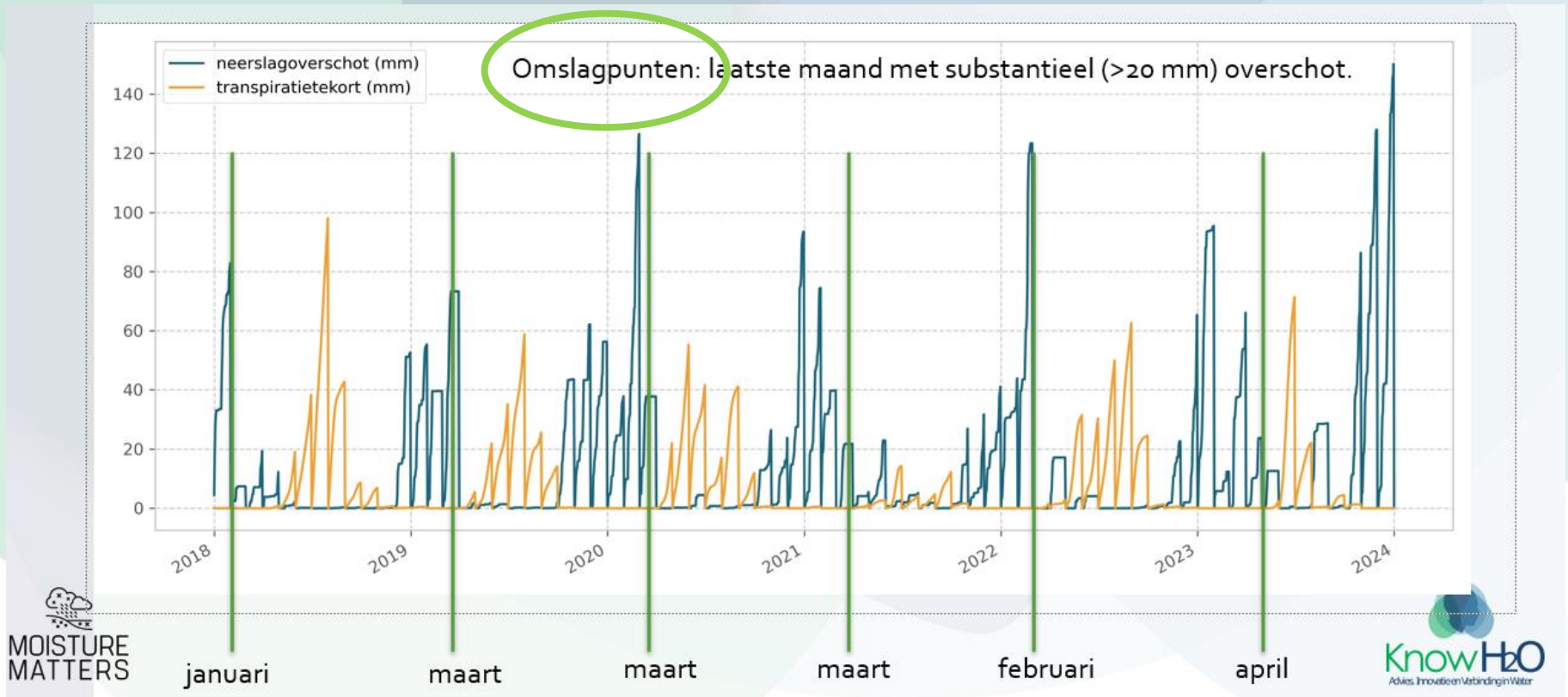
Wasser halten bei Niederschlagsüberschuss

**Wasser sparen / weniger Wasser verwenden bei
Niederschlagsdefizit**

Erkenninisse 2 (3)

Periode 2013 - 2020

Wasser halten bei Niederschlagsüberschuss – früh anfangen!



Erkenntnisse₃ (3)

System Wiederherstellung Einzugsgebiet = Wassersystem UND
Landnutzung anfassen und anpassen

**Klimawandel + 'Business as usual' =
Hydrologie fährt weiter rückwärts**

Integrale Analyse und Anpassung ist nützlich und notwendig:

- 1) Oberflächenwasser und Grundwasser
- 2) Landgebrauch und Feldfrüchte (Fläche und Wassergebrauch/ha)
- 3) Jetzt und später (2050)
- 4) Wassergüte ... (kann noch dazukommen!)

Folgen für Landgebrauch Reusel

Aktuelles Wetter und zukünftiges Klima

- Landwirtschaft: Intensiv / extensiv + Fläche
Mehr Intensiv? Kleinere Fläche
Hohe Gebietsteile nicht mehr intensiv?
- Natur: Umwandlung – weniger Verdunstung
- Bebautes Gebiet: Entkopplung etc. durchführen – Effekt auf Einzugsgebiet und Bach ist begrenzt

OBN – Natuurwiederherstellung

*Projekt
(in prep.)*

Hoe dichten we het doelgat?

Hydrologisch herstel van verdroogde natuurgebieden met externe maatregelen – een methodiek



OBN - Naturwiederherstellung

Methode

Zielgap (Sollzustand) Natur

Aktuelle Situation: Hydrologie (Grundwasser) und Vegetation

Kartierungen, Messungen und Modellberechnungen
(Grundwasser)

Wiederherstellungsmaßnahmen extern (intern)

Modellberechnungen

Aggregation

Synthese

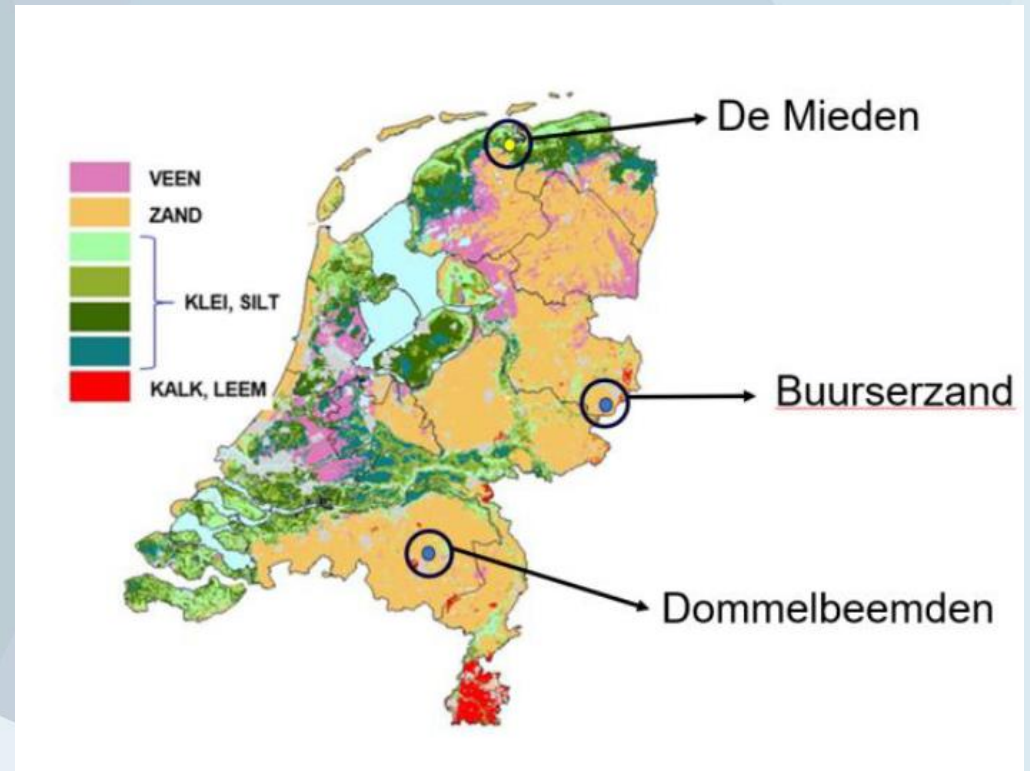
OBN - Naturwiederherstellung

Gebiete

Dommelbeemden (NB)

Buurserzand (OV)

De Mieden (FR)

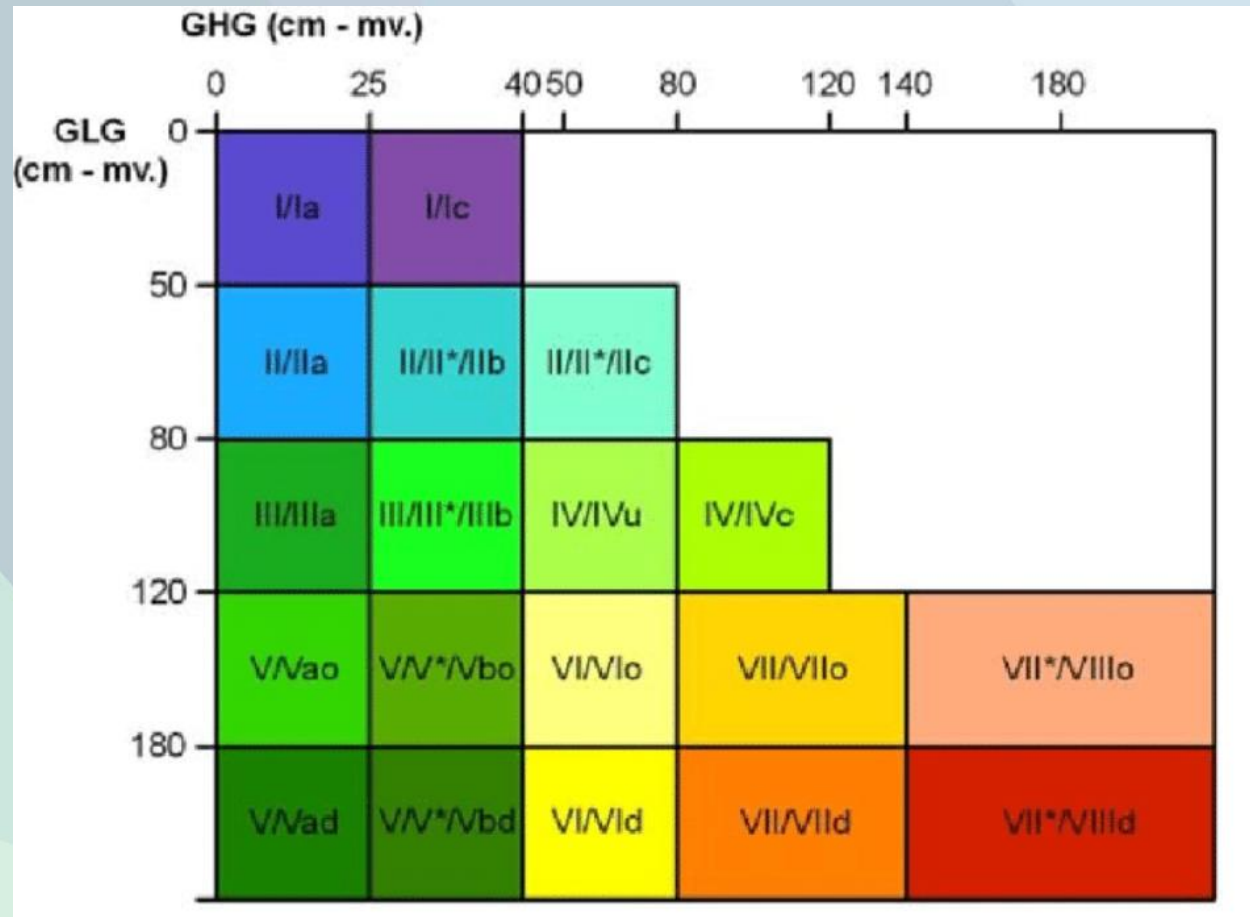
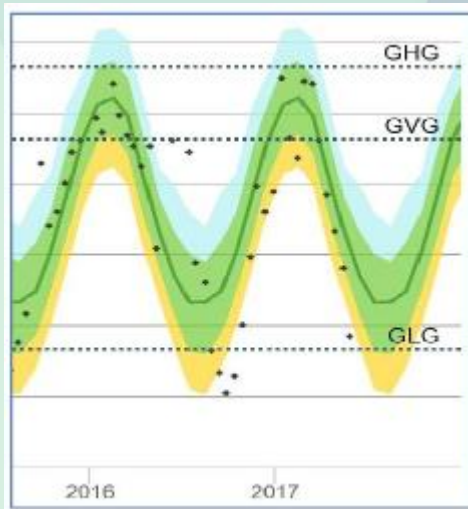


OBN – Grundwasser Regime

GHG

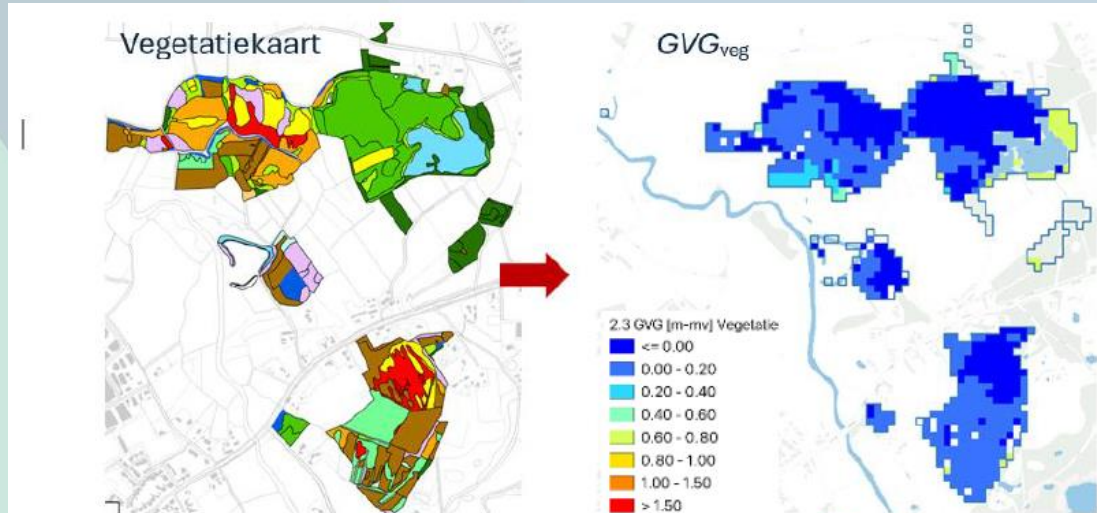
GVG

GLG

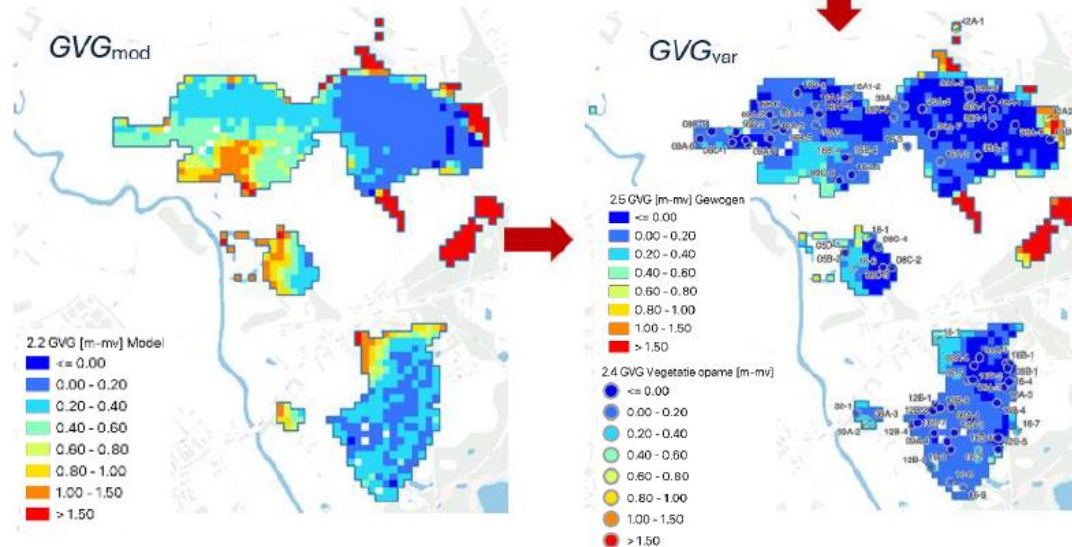


OBN – Aktuelle Situation 1(2)

Vegetation



Modell



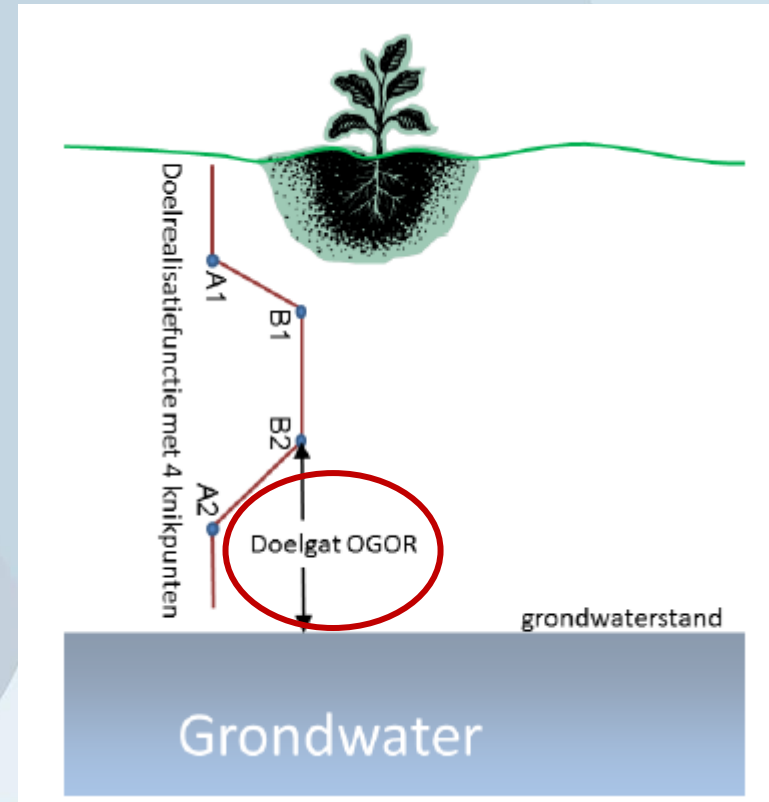
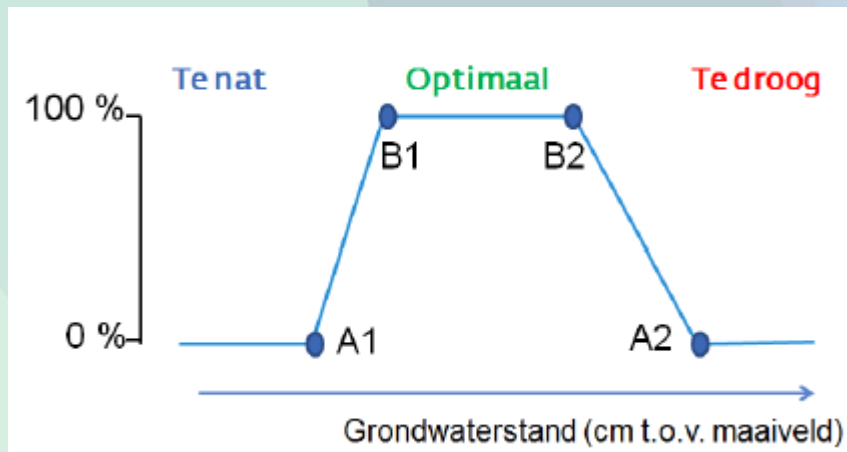
OBN – Aktuelle Situation 2(2)

Messungen
GW

| Peilbuiscode | Gemeten GxG | | Doelgat | |
|--------------|-------------|-------------|----------|----------|
| | GVG (cm-mv) | GLG (cm-mv) | GVG (cm) | GLG (cm) |
| B06G0299 | 19 | 45 | 17 | 30 |
| B06G0315 | 3 | 29 | 3 | 0 |
| B06G0316 | 3 | 24 | 0 | 0 |
| B06G0317 | -27 | -15 | 0 | 0 |
| B06G0319 | 21 | 43 | 21 | 13 |
| B06G0320 | 20 | 37 | 20 | 7 |
| B06G0323 | 3 | 17 | 3 | 0 |
| B06G0325 | 8 | 23 | 0 | 0 |
| B06G0330 | 13 | 37 | 0 | 0 |
| B06G0332 | -15 | 1 | 0 | 0 |

OBN – Optimales GW Regime

WWN-Instrument



Für GVG en GLG

KLIMA-Wandel!!!

OBN – Massnahmen in Umgebung

Grundwasserentnahmen – Reduktion oder Stopp

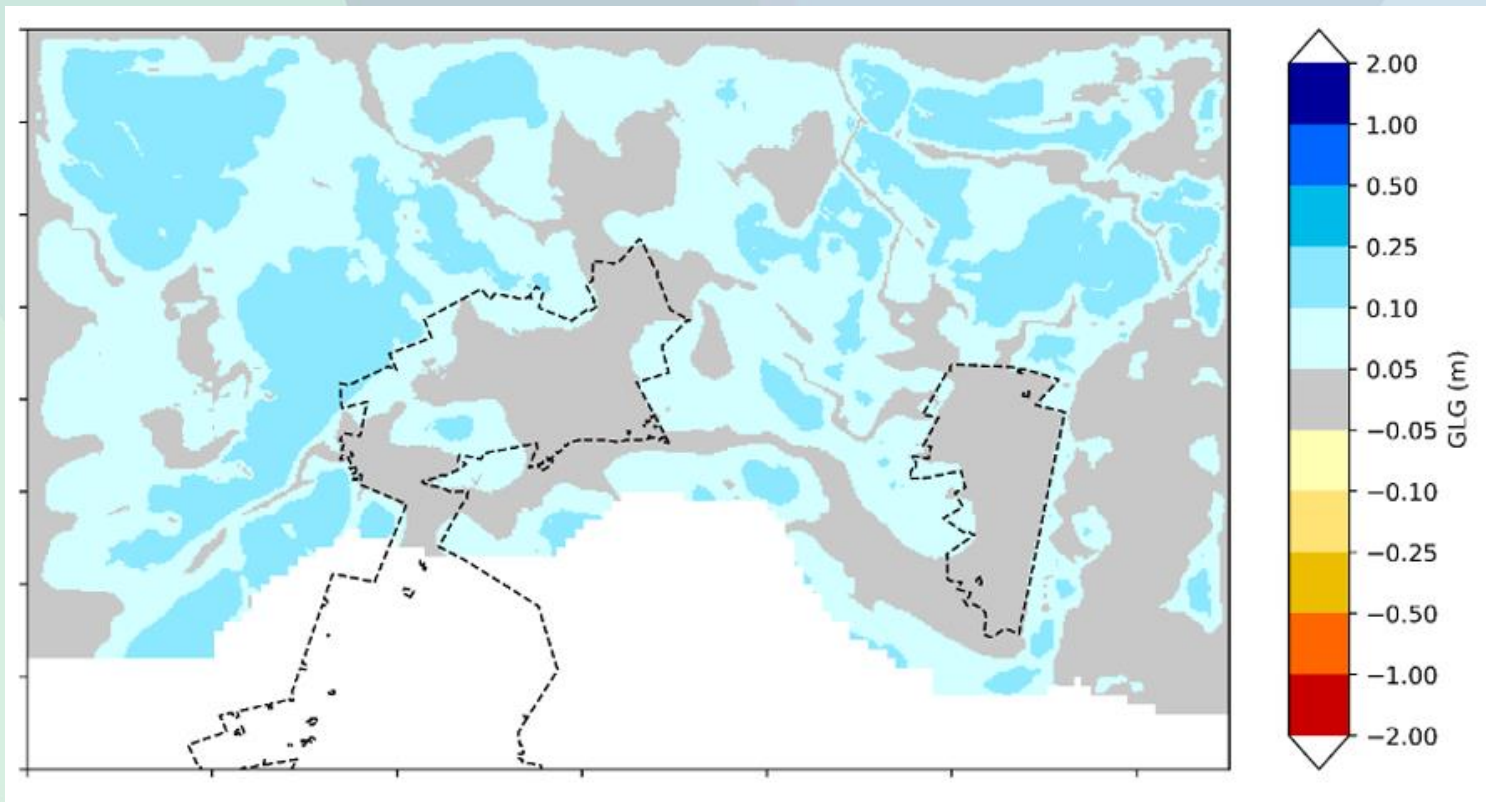
Weniger Wassergebrauch für Verdunstung (einschließlich Bewässerung aus Grundwasser)

Entwässerungstiefe verringern: Wassergräben anpassen

Raumordnung: Pufferzonen um Naturgebiete

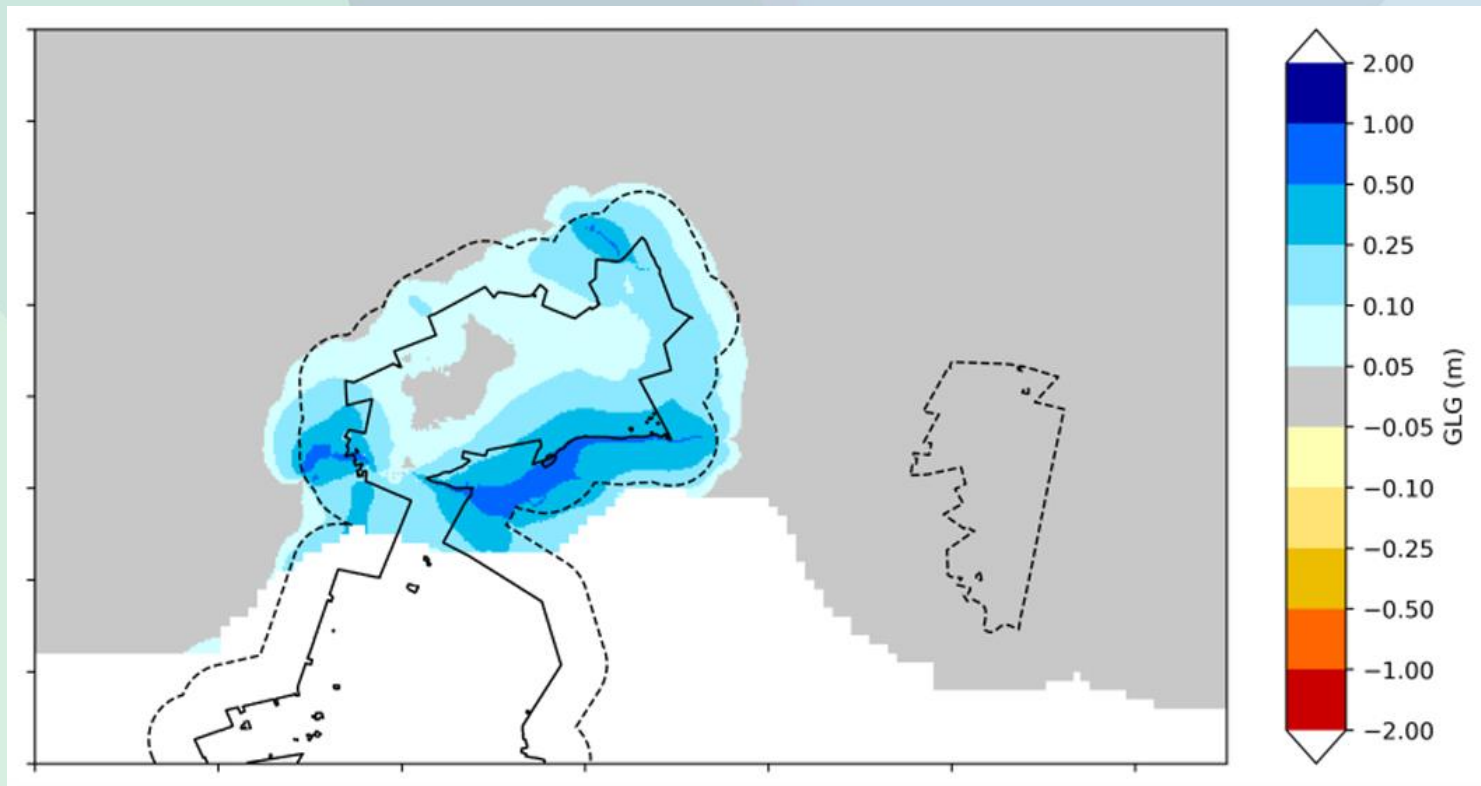
OBN – Massnahmen Umgebung

Weniger Wassergebrauch für Verdunstung - einschließlich
Bewässerung aus Grundwasser (GLG Effekt)



OBN – Massnahmen in Umgebung

Entwässerungstiefe verringern in Pufferzonen
(GLG Effekt)



OBN – Gezielte Effekten Massnahmen

Interne Massnahmen maximalisieren

UMGEBUNG-REGION

Mehr Grundwasser Neubildung

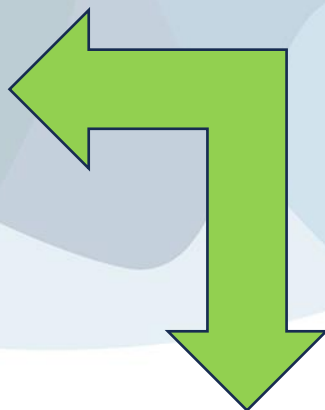
Weniger Drainage

Weniger Verdunstung

Weniger GW Entnahmen

Aanvalsplan Landschap

Factsheet doelbereik
Groenblauwe Dooradering



Ziele der Natur-basierter Lösungen!

Natur – Wetter – Klima

Messungen! Natur + Hydrologie - Modelle

Sommer – Wachstumsperiode: Niederschlagsdefizit wird grösser

Grundwasserstände nach oben – Quellwasser idem
Intern 'alles in Ordnung' einrichten

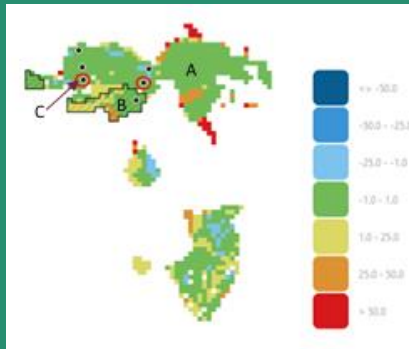
(Geo)Hydrologie und Wassergebrauch – was kann getan werden/wass nicht

Sollzustand erreichbar..?

Natur – Landschaft



Umgebung ist sehr wichtig



KlimaWeiden

Unser Boden – heimlicher Klimaretter

Einzugsgebiete in Gleichgewicht
Massnahmen in der Landschaft

Danke sehr!

eertwegh@knowh2o.nl

NABU

Kleve, 10. November 2025



Gé van den Eertwegh

KnowH2O

