

Rapportage

'TOPSOIL – Dwarsdiep'



Datum: 25 november 2019
Project: TOPSOIL – Dwarsdiep
Aanbestedingsdossier 2016/03161

Uitgevoerd door: combinatie Projectburo B.V. – Ingenieursbureau Land B.V.

Status: Definitief

Auteurs: Bram te Brake
Sjors Busink
Ronald Eibrink
Joost van der Meer

Kwaliteitscontrole: Ad van der Horst

Paraaf: 

Paraaf: 





Samenvatting

Waterschap Noorderzijvest wil in het stroomgebied van het Dwarsdiep maatregelen nemen ten behoeve van de beleidskaders Deltaplan Zoetwater (DPZ) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Doelen hierbij zijn het effect van verdroging minimaliseren, meer zelfvoorzienendheid realiseren binnen het stroomgebied en het verbeteren van de waterkwaliteit en natuurlijke habitat. Tevens zijn doelen met betrekking tot inrichting van het Nationaal Natuur Netwerk (NNN) en maatregelen in het kader van de studie Droge Voeten 2050 (DV2050) van belang. Om uit te vinden welke maatregelen hiervoor in aanmerking komen, is door de combinatie Projectburo BV en Ingenieursbureau Land een onderzoek uitgevoerd.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Europese INTERREG project 'Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface' (kortweg 'TOPSOIL'). Samen met het Waterschap Hunze & Aa's en de Provincie Drenthe levert Waterschap Noorderzijvest de Nederlandse bijdrage aan het 'TOPSOIL' project, met elk eigen individuele projecten. Het TOPSOIL onderzoek van Waterschap Noorderzijvest richt zich op het Dwarsdiep gebied: 'TOPSOIL-Dwarsdiep'.

TOPSOIL-Dwarsdiep richt zich zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal en daarmee worden zowel de belangen van perceel eigenaren (met name agrariërs) als het waterschap afgewogen. Het gehele project bestaat uit modelstudies, literatuuronderzoek en een gebiedsproces. De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal).

Potentiële maatregelen zijn geselecteerd op basis van opgedane gebiedskennis, de resultaten van bodeminventarisaties en gesprekken met agrariërs. Maatregelen met betrekking tot waterkwaliteit zijn gesimuleerd op perceelschaal en op stroomgebiedsschaal en maatregelen met betrekking tot waterkwaliteit in het kader van de KRW zijn beoordeeld op basis van literatuuronderzoek. Voor de perceelsschaal zijn ook simulaties uitgevoerd met aangepaste weersgegevens op basis van het klimaatscenario W^H 2050 (zomers met minder neerslag en een hogere temperatuur).

De maatregel die het meeste effect sorteert op perceelsschaal, in zowel een toename van de actuele transpiratie als de actuele gewasopbrengst is het combinatiescenario van een diepere beworteling, minder vaak maaien en minder kort maaien. De individuele maatregel die het meest effect sorteert in drogere perioden is het toepassen van een dieper wortelend gewas. De resulterende toename in transpiratie is niet zo zeer gunstig op stroomgebiedsschaal, omdat het een verminderde beekafvoer in droge periodes tot gevolg heeft. Echter levert het ook licht lagere afvoerpieken op, en levert een betere opname van water inclusief meststoffen en eventuele gewasbeschermingsmiddelen wel winst op waterkwaliteitsgebied door het verminderen van af- en uitspoeling.

Het verhogen van het organisch stofgehalte geeft wisselende resultaten. Bij een lichte verhoging zijn er toenames in transpiratie en gewasopbrengsten op perceelschaal, maar bij een flinke verhoging van het organisch stofgehalte worden er dalingen in transpiratie en gewasopbrengsten waargenomen. Het effect van het verhogen van het organisch stofgehalte zijn op basis van de uitgevoerde modellering moeilijk te beoordelen, doordat de implementatie van deze maatregel een niet te voorkomen onzekerheid veroorzaakt.



Aan het verhogen van het organisch stofgehalte en een verbetering van beworteling worden veel waterkwaliteitsbaten toegedicht, doordat deze maatregelen een effect hebben op de bodemstructuur. Een goede bodemstructuur vermindert afspoeling, zorgt voor betere beworteling en een efficiëntere opname of binding van stoffen. Er bestaat een duidelijke wisselwerking tussen bodemstructuur en beworteling: een intensievere en diepere beworteling is niet alleen belangrijk voor de opname van water, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen door het gewas, maar het maakt de bodem ook lossere, bevordert de opbouw van organische stof en daarmee bevordert het ook de bodemstructuur. Een betere bodemstructuur levert op haar beurt weer een makkelijker bewortelbare bodem en een grotere waterbeschikbaarheid.

Ook op stroomgebiedsschaal sorteert een verbeterde bodemstructuur (geïmplementeerd als het verhogen van de waterberging in de bodem) effect, zowel in een verlaging van afvoerpieken als verhogen van de basisafvoer van het Dwarsdiep. Bij deze maatregel, en ook enkele andere maatregelen, is de verschuiving naar afvoer via langzame stroomroutes waargenomen waardoor er minder afvoer via oppervlakkige afstroming plaatsvindt. Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit, door minder directe afstroming van meststoffen en/of gewasbeschermingsmiddelen en mogelijkheden tot opname, afbraak en binding in de bodem.

Een efficiëntere wateropname (door bijvoorbeeld diepere beworteling) resulteert in het verhogen van de actuele verdamping en dit sorteert in een afname van de afvoer van het Dwarsdiep. De verminderde hoeveelheid beschikbaar water in het gebied is terug te zien in lagere afvoerpieken en een lagere basisafvoer in de zomerperiode.

Bij het toepassen van het klimaatscenario is een flinke toename te zien in transpiratie indien voldoende vocht beschikbaar is en een lichte afname als er minder vocht beschikbaar is. In beide gevallen gaat de gewasopbrengst echter omhoog, doordat het klimaat warmer is en er meer straling is. De stijging is aanzienlijk indien voldoende vocht aanwezig is, omdat door dit vocht de geschiktere klimaatcondities ook optimaal benut kunnen worden door het gewas. Diepere beworteling zorgt bij een vochttekort voor een licht positief effect bij toepassen van het klimaatscenario: er is een lichte verbetering in waterbeschikbaarheid, waardoor droogtestress licht afneemt. Dit is overeenkomstig met de resultaten van modelsimulaties zonder klimaatscenario. Het effect is groter in de zeer droge zomer van 2018, waardoor deze maatregel ook gezien kan worden als een goede klimaatadaptatie.

Het gebiedsproces heeft de bewustwording bij stakeholders vergroot. Dit blijkt uit de gebiedsbijeenkomsten en gesprekken met de agrariërs in de klankbordgroep. De zeer warme en droge zomers van 2018 en 2019 hebben hier sterk aan bijgedragen. De rol van de bodem is in deze studie nadrukkelijk beschouwd voor de landbouwfunctie en het watersysteem. Met drie gebiedsbijeenkomsten is de rol van de bodem in de schijnwerpers gezet. Tevens is het draagvlak voor maatregelen van gebiedsbewoners geïnventariseerd tijdens het gebiedsproces en is de kostenefficiëntie van maatregelen beschouwd.

Deze studie toont aan dat door de temperatuurstijging en langere duur van het groeiseizoen, theoretisch meer opbrengst van een agrarisch perceel mogelijk is als gevolg van meer verdamping door gewas. Het veranderende klimaat zorgt voor uitdagingen, maar biedt gelijk ook kansen. Om de beschikbaarheid van water minder of niet beperkend te laten zijn, heeft het gewas het meeste baat bij een optimaal wortelstelsel. Dit draagt bij aan de zelfvoorzienendheid van het watersysteem.

Op basis van dit onderzoek adviseren wij in te zetten op de maatregelen van de thema's Bodemstructuur, Gewas en Watersysteem. Deze hebben allen een groot draagvlak onder de



agrariërs en worden door het waterschap aanbevolen. Met name aandacht voor graslandbeheer (toepassen van diepwortelende gewassen, minder frequent en minder kort maaien) is van belang om het gewas droogtebestendig te houden, de opbrengst te optimaliseren en biedt indirect voordelen voor de bodemstructuur en de opname-efficiëntie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

Een afname van de basisafvoer van het Dwarsdiep door toenemende verdamping als gevolg van maatregelen, kan mogelijk worden gecompenseerd door extra berging in het beekdal, zoals waterberging in de Marumerlage, en extra ruimte of vertraagde afvoer die wordt gecreëerd bij de geplande herinrichting van het Dwarsdiep (in het kader van de KRW), voor natuurontwikkeling (NNN) en voor waterbergingsgebieden (DV2050) ter plaatse van de Marumerlage en het gebied ten oosten van de Balktilsterstuw.

Het wordt aangeraden om na te gaan of de positieve effecten van maatregelen met betrekking tot bodemstructuur en gewas(wortel)ontwikkeling op de droogtebestendigheid, opbrengst en waterkwaliteit opwegen tegen neveneffecten op stroomgebiedsschaal en of deze neveneffecten daadwerkelijk kunnen worden gecompenseerd binnen of nabij de waterloop.





Summary

Waterboard Noorderzijlvest wants to take measures in the catchment area of the Dwarsdiep to meet the goals of the policy frameworks of Delta Programme on Freshwater supply (DPF) and the Water Framework Directive (WFD). The objective of these measures is to minimize the effect of drought, to achieve more self-sufficiency within the catchment area and to improve the water quality and natural habitat. Additional objectives relate to the National Nature Network (NNN) and the project 'Droge Voeten 2050' (DV2050). To find out which measures are suitable to achieve these goals, a comprehensive study was carried out by the combination Projectburo BV and Ingenieursbureau Land.

The research was carried out within the European INTERREG project "Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface" (in short "TOPSOIL"). Waterboard Noorderzijlvest together with waterboard Hunze & Aa's and the province of Drenthe provides the Dutch contribution of the TOPSOIL project, where each of these parties contributes with its own individual projects. The TOPSOIL study by Waterboard Noorderzijlvest focuses on the Dwarsdiep area: "TOPSOIL-Dwarsdiep".

The project focuses on the field scale as well as the catchment scale and deals with interests of both farmers and the waterboard. The project includes various approaches to achieve its goals; modelling studies, literature research, fieldwork and a participation process with local farmers and stakeholders. The modelling studies are divided into a hydrological analysis with the agro-hydrological model SWAP (hydrological analysis at the field scale) and an analysis with rainfall-runoff model WALRUS (hydrological analysis at the catchment scale).

Potential measures have been selected on the basis of gathered knowledge of the area, the results of the soil surveys and the participation process with the farmers. Measures with respect to water quality related to the WFD are assessed based on literature review. Potential measures at the field scale have also been assessed by simulations with adapted climatological input, based on the W^h 2050 scenario as compiled by the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), including less precipitation in summer and a generally higher temperature.

Considering the field scale, the measure which has the most pronounced effect on both the increase in transpiration as well as the actual grass yield, is the combination scenario of deep-rooting crops, a lower mowing frequency and/or more remaining biomass (longer grass length remaining) on the field after harvesting. The individual measure that has the most effect in prolonged dry periods is the measure of deeper rooting grass. The resulting increase in transpiration does however not have the desired effect on the catchment scale, because it results in a lower baseflow. That said, also discharge peaks are lowered slightly and more water, including nutrients and possibly plant protection products, is taken up by crop roots, affecting the water quality positively through a decreased risk of runoff of these substances.

An increased organic matter content provides varying results. Upon a slight increase in the organic matter content, an increase in both transpiration and actual crop yields is observed. Upon a substantial increase in the organic matter content however, a decrease in transpiration and actual crop yields is observed. The effect of an increased organic matter content based on the simulations in this study is hard to judge quantitatively, because the implementation of this measure is flawed by uncertainty in the parametrization.



Increasing the organic matter content and improving rooting depth and rooting density are argued to affect water quality positively, through a positive effect on soil structure. A good soil structure decreases runoff, facilitates root development, and has potential for efficient sorption and uptake of substances. A clear feedback exist between soil structure and root development: more intensive and deeper rooting is pivotal for efficient water, nutrient and plant protection product uptake by the crop, but it also loosens the soil, increases the accumulation of organic matter, and thereby improves soil structure. A better soil structure at its turn, allows easier and deeper penetration of roots and a larger water availability for crops.

Considering the catchment scale, a positive effect is observed from improved soil structure (implemented in WALRUS as an increase in soil water storage potential), in both reducing the discharge peaks and increasing the baseflow of the Dwarsdiep. Upon this measure, as with other multiple measures, a shift of discharge towards slow flow routes (drainage through the soil) is observed, thereby reducing the discharge through surface runoff. The shift towards slower flow routes could have a positive effect on the water quality, because there may be less direct runoff of nutrients from fertilizer and manure and plant protection products as well as there might be more uptake, sorption and degradation of substances once infiltrated in the soil.

More efficient root water uptake (e.g. by deeper rooting plants) results in an increase of the actual evaporation, and leads to a decrease of the discharge of the Dwarsdiep. The increase in actual evaporation affects the other water balance components negatively as there is less water available in general, which results in lower discharge peaks and lower baseflow during summer.

When applying the climate scenario, a substantial increase in transpiration was observed if sufficient moisture was available and a slight decrease was observed if less moisture was available. However, in both situations the crop yield increases due to a higher temperature and more radiation in the climate scenario. The increase is considerable for lower lying areas, due to the favorable moisture conditions at this parcel (no limitations of moisture for the crops) so that improved growing conditions forced by the climate can be optimally utilized. Deep-rooting crops show a slightly positive effect when applying the climate scenario: there is a slight improvement in the water availability for the crop, so that drought stress decreases slightly. This is in line with the results of model simulations without the climate scenario. The effect is more present in the exceptionally dry year 2018, which means that this measure can also be seen as good climate adaptation measure.

The participation process with local farmers and other stakeholders has improved consciousness with the stakeholders. This is observed through repeated plenary meetings and individual discussion with farmers. The exceptionally warm and dry summers of 2018 and 2019 have substantially contributed to this. In three plenary meeting the functioning of the soil is placed in the spotlight. The participation process also lead to an assessment of support for and cost-efficiency of the potential measures.

This study shows that as a result of temperature increase and a longer duration of the growing season, theoretically a higher yield per parcel is possible when crops can increase their evapotranspiration. The changing climate possess challenges, but also creates opportunities. In order to let water availability be no limitation, the farmer is mostly helped by optimizing the crops rooting system. This will contribute to more self-sufficiency of the water system.

Based on this research we advise to target measures related to soil structure, root development and water system. These themes all have good support by both local stakeholders and waterboard



Noorderzijlvest. Especially attention for grassland management (deeper rooted crops, adapting mowing frequency or biomass harvesting) will play a role in more drought resistance, optimizing yields, and an indirect positive effect on soil structure and water quality through feedbacks.

The decrease in baseflow in the Dwarsdiep as a result of increase evapotranspiration, could probably be compensated for by increased water retention in the brooks valley, as is currently done already in the water retention area Marumerlage. Moreover, additional space or slower discharge can be facilitated by reconstruction (related to the WFD), nature development (related to the NNN), and set up of water retention areas (DV2050) near the Marumerlage and east of the Balktilsterstuw.

It is advised to further investigate if the positive effects of measures related to soil structure and crop (root) development to drought resistance, yield and water quality will outweigh the unwanted side-effects on the catchment scale level and whether these side-effects could actually be compensated for near or within the Dwarsdiep brook valley.





Inhoud

Samenvatting.....	3
Summary	7
Inhoud	11
1 Inleiding.....	13
1.1 Klimaatonderzoek	13
1.2 Projectgebied TOPSOIL-Dwarsdiep	13
1.3 Leeswijzer	14
2 Projectopdracht.....	17
3 Doel	19
4 Introductie Dwarsdiep.....	21
5 Aanpak.....	23
5.1 Gebiedsproces.....	25
5.1.1 Gebiedsorganisaties	25
5.1.2 Klankbordgroep	25
5.1.3 Veldinventarisaties	26
5.1.4 Gebiedsbijeenkomst 1	26
5.1.5 Veldbezoeken	27
5.1.6 Gebiedsbijeenkomst 2	27
5.2 Modellen SWAP en WALRUS.....	30
5.2.1 SWAP	30
5.2.2 WALRUS.....	31
5.3 Waterkwaliteit.....	32
6 Output	33
6.1 Maatregelenlijsten	33
6.2 Modelering maatregelen perceelschaal.....	33
6.3 Modelering effecten van maatregelen stroomgebiedsschaal	35
6.4 Beoordeling maatregelen waterkwaliteit	35
7 Kosteneffectiviteit	41
7.1 Inleiding	41
7.2 Methode.....	41
7.3 Beoordelingscriteria, kader en score-bepaling per maatregel.....	42
7.4 Score per maatregel	43
7.5 Kosteneffectiviteit maatregelpakket.....	49



8	Conclusies en aanbevelingen	53
8.1	Onderzoeksdoelen	53
8.2	Advies	54
8.3	Vervolg.....	55
9	Kennisoverdracht	57
9.1	Waterwijzer Landbouw	57
9.2	Gebruiksaanwijzing Waterwijzer Landbouw.....	58
10	Referenties	61
11	Bijlagen	63



1 Inleiding

Door klimaatverandering is de gemiddelde temperatuur de afgelopen 130 jaar in Nederland met 1,7 graden gestegen. Extreem weer, zoals stortregens en lange droge periodes, komt in de toekomst naar verwachting vaker voor. Door deze veranderingen kunnen er tekorten ontstaan in de voedselvoorziening en kan onze gezondheid in gevaar komen. De droge zomer van 2018 en het effect hiervan dat ook nog in 2019 merkbaar was, heeft de urgentie om hierop te anticiperen onderstreept.

1.1 Klimaatonderzoek

Er wordt volop onderzoek gedaan naar klimaatverandering en klimaatadaptatie. Nederland is als land lid van het International Panel on Climate Change (IPCC) dat jaarlijks rapporteert over de laatste stand van wetenschappelijk onderzoek ten aanzien van klimaatverandering.

In het overkoepelend Europees verband INTERREG worden water gerelateerde risico's van klimaatverandering onderzocht. Het TOPSOIL-programma richt zich op de bovenste laag (ca. 4 m) van de bodem, met deelprojecten in de landen België, Denemarken, Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Nederland. Waterschap Noorderzijvest participeert in dit onderzoeksprogramma en meldde het stroomgebied van het Dwarsdiep aan als pilot-gebied. Hiermee geeft het waterschap invulling aan klimaatonderzoek op regionale schaal. Binnen het deelproject TOPSOIL-Dwarsdiep zoekt het waterschap naar geschikte bodemaatregelen. De focus ligt bij maatregelen op perceelsniveau, welke bij uitvoer op voldoende groot gebied ook een invloed hebben op stroomgebiedsschaal.

Het stroomgebied van het Dwarsdiep maakt onderdeel uit van de regio 'Zuidelijk Westerkwartier' in de Provincie Groningen, in de nabijheid van de dorpen Surhuisterveen en Marum. Vanuit een integrale benadering werkt het waterschap hier aan de uitvoering van vastgestelde beleidsopgaven, vanuit de 'Kaderrichtlijn Water' en 'Droge Voeten 2050'. De beleidsopgaven betreffen met name de lager gelegen delen van het stroomgebied. Binnen TOPSOIL-Dwarsdiep staat juist het hoger gelegen deel van het stroomgebied in de belangstelling.

1.2 Projectgebied TOPSOIL-Dwarsdiep

Het stroomgebied van het Dwarsdiep is globaal van west naar oost georiënteerd. Aan beide zijden liggen de hoger gelegen flanken van het beekdal. In zomerperiodes dalen de grondwaterstanden op de flanken ver buiten het bereik van de wortels van de landbouwgewassen; diep onder maaiveld en slootbodems. Waar in de zomerperiode op de zuidelijke flank van het stroomgebied wateraanvoer mogelijk is vanuit het IJsselmeer, is deze mogelijkheid er op de noordelijke flank niet. De noordflank van het stroomgebied is voor de watervoorziening daardoor volledig afhankelijk van neerslag. Dit maakt de noordflank gevoelig voor lange, droge periodes. Dergelijke omstandigheden zullen naar verwachting vaker voorkomen en intensiveren als gevolg van klimaatverandering.



Figuur 1.1: Focusgebied (gele lijn) op de noordflank van het beekdal van het Dwarsdiep (ter oriëntatie de dorpen Surhuisterveen linksboven en Marum rechtsonder).

1.3 Leeswijzer

Dit rapport vormt het hoofd rapport van de TOPSOIL-Dwarsdiep studie. Het rapport is primair bedoeld voor bestuurders, adviseurs en beleidsmakers van Waterschap Noorderzijlvest. De opbouw en aard van dit rapport is op deze lezers afgestemd. Dit hoofd rapport gaat niet in detail in op de uitgevoerde modelstudies. Deze studies zijn in twee losse, op zichzelf staande en individueel te lezen rapporten, beschreven en zijn tevens als bijlage toegevoegd bij dit hoofd rapport.

Dit rapport is het resultaat van twee hydrologische modelstudies en een gebiedsproces binnen het project TOPSOIL-Dwarsdiep om tot gedegen en gedragen maatregelen te komen. Het rapport beschrijft na de inleiding, doel en projectopdracht (hoofdstuk 1, 2 en 3) het projectgebied (hoofdstuk 4). Daarna volgt een beschrijving van de aanpak van modelstudies, gebiedsproces en een beschouwing van maatregelen ten aanzien van de waterkwaliteit, waarbij ook de samenloop tussen deze facetten wordt belicht (hoofdstuk 5). Er is een apart hoofdstuk gewijd aan de output van deze onderdelen (modelstudies, gebiedsproces, literatuuronderzoek waterkwaliteit; hoofdstuk 6). Deze output en de hieruit voortvloeiende maatregelen worden hierna nader beschouwd op kosteneffectiviteit (hoofdstuk 7). In de conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 8) worden de conclusies van het onderzoek gekoppeld samengevat en worden aan te bevelen maatregelen benoemd.

Hoofdstuk 9 is vervolgens gewijd aan kennisoverdracht, met een beschrijving van de Waterwijzer Landbouw: een webtool waarmee perceeleigenaren zelf het effect kunnen inzien van één van de maatregelen. Aangezien dit rapport niet primair is gericht op agrariërs, is dit hoofdstuk met name ter informatie aan adviseurs en beleidsmakers. Op de gebiedsbijeenkomst in oktober 2019 is echter ook



een uitleg en korte demonstratie met betrekking tot de Waterwijzer Landbouw gegeven aan perceeleigenaren.

Dit rapport en bijbehorende documenten zijn online gedocumenteerd en beschikbaar op de website van INTERREG: <https://northsearegion.eu/topsoil/output-library>.





2 Projectopdracht

De projectopdracht betreft de ontwikkeling van een kosteneffectief maatregelenpakket op perceelsniveau, ter verbetering van de waterhuishouding in het Dwarsdiepgebied. Dit zowel ten behoeve van de agrarische opbrengsten, de waterkwantiteit (tegengaan verdroging en meer zelfvoorzienendheid creëren) en de waterkwaliteit.

Het waterschap illustreerde de samenhang tussen waterkwantiteit en -kwaliteit aan de hand van onderstaand kader:

Als water wordt vastgehouden om verdroging te voorkomen, kan dit ook ten goede komen aan de kwaliteit van het water omdat op die manier minder nutriënten nodig zijn of deze juist meer worden afgebroken. Water vasthouden kan in sommige situaties een positieve bijdrage leveren aan het verminderen van overstroming. Minder frequent inunderen van natuurgebieden met voedselrijk water is gewenst ten aanzien van het realiseren van NNN opgave.

Naar aanleiding van deze projectopdracht is door Projectburo - Land een werkwijze ingericht om 1) de betrokkenheid van perceeleigenaren te vergroten, 2) een kosteneffectief maatregelenpakket te ontwikkelen en 3) het effect van perceelsmaatregelen te bepalen op stroomgebiedsniveau.

Aangezien het onderzoek zich zowel op perceelschaal als op stroomgebiedsschaal richt, zijn er twee onderzoeksrichtingen opgesteld. De werkwijze bestaat uit een modelstudie en een gebiedsproces.

De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal) en een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal). Het gebiedsproces dient ervoor om informatie te ontvangen ten behoeve van de modelstudies, stakeholders te informeren over mogelijke maatregelen en voordelen voor hen, en om draagvlak te creëren voor het uiteindelijke maatregelenpakket. Via het gebiedsproces vindt interactie plaats tussen de modelstudie en het perceeleigenaren en vice versa.

Op verzoek van het waterschap heeft de combinatie Projectburo - Land deze werkwijze in praktijk gebracht in deze studie.





3 Doel

Binnen het TOPSOIL-programma wordt gezocht naar duurzame oplossingen voor overstromingen, grondwaterbuffers en verbetering van de bodemstructuur. De primaire doelstelling van het project wordt dan ook gevormd door de zoektocht naar geschikte maatregelen op perceelschaal om toekomstige problemen te voorkomen. Door onderzoek te doen naar geschikte (bodem-) maatregelen, kunnen gebieden mogelijk klimaatbestendiger worden ingericht.

Secundair draagt de ontwikkeling van het maatregelpakket bij aan kennisopbouw. Door te rekenen aan de waterbeschikbaarheid voor landbouwgewassen, ontstaat inzicht bij beleidsmakers en agrarisch ondernemers. Het gezamenlijk ontwikkelen van het maatregelpakket, creëert draagvlak voor de maatregelen. Indien de maatregelen teveel éézijdig worden ontwikkeld en de indruk ontstaat dat maatregelen van bovenaf worden opgelegd, kan dit het draagvlak snel ondermijnen.

Voor potentiële maatregelen wordt primair gekeken naar de perceelschaal. Echter, een onderzoek naar de effecten van deze maatregelen op zowel perceelschaal als stroomgebiedsschaal ligt voor de hand omdat zowel agrarische doelen (met het perceel als relevante schaal) als waterschapsdoelen (met zowel perceel als stroomgebied als relevante schaal) worden nagestreefd.

Het TOPSOIL-project moet uiteindelijk leiden tot:

- bewustwording bij stakeholders over de opgaven nu en in de toekomst en de wederzijdse afhankelijkheid (perceel versus watersysteem) binnen het stroomgebied van het Dwarsdiep;
- vergroting van de doelmatigheid, het draagvlak en inzicht in de kostenefficiëntie van specifieke maatregelen;
- een duurzaam gebruik door gebruikers van de bodem ten behoeve van het waterbeheer en de landbouwfunctie;
- een onderbouwde, significante bijdrage aan de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater op termijn;
- het ontwikkelen van een maatregelpakket ter verbetering van de waterhuishouding van de bodem in het Dwarsdiepgebied, zowel t.b.v. kwantiteit als kwaliteit;
- vergroting van kennis over hydrologische eigenschappen van ondergrond en kwantificering van bandbreedte afvoer, en daarmee samenhangend het handelingsperspectief voor het waterschap (bv inlaten van water en onderhoud van watergang). De doelstelling is tevens om dit handelingsperspectief zoveel mogelijk van toepassing te laten zijn in andere stroomgebieden;
- het delen van deze voorgestelde aanpak met en het presenteren er van als waardevolle methodiek bij onze partners binnen het INTERREG project TOPSOIL.

Het projectdoel vanuit de projectopdracht is om tot een pakket van kosteneffectieve maatregelen te komen, die hydrologische en waterkwaliteitsopgaven (tegengaan verdroging, KRW-doelen) dienen en daarnaast meekoppelkansen bieden voor andere wateropgaven, landbouw en natuur. Om tot een goede afweging van maatregelen te komen, is het effect hydrologisch-modelmatig onderzocht en meerdere keren voorgelegd aan en getoetst op draagvlak bij perceeleigenaren uit het stroomgebied. Door afstemming met trekkers van soortgelijke projecten (programma Gouden Gronden, Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW), Gebiedsproces Zuidelijk-Westerkwartier) is de methode ook op andere locaties met soortgelijke bodemomstandigheden toepasbaar.

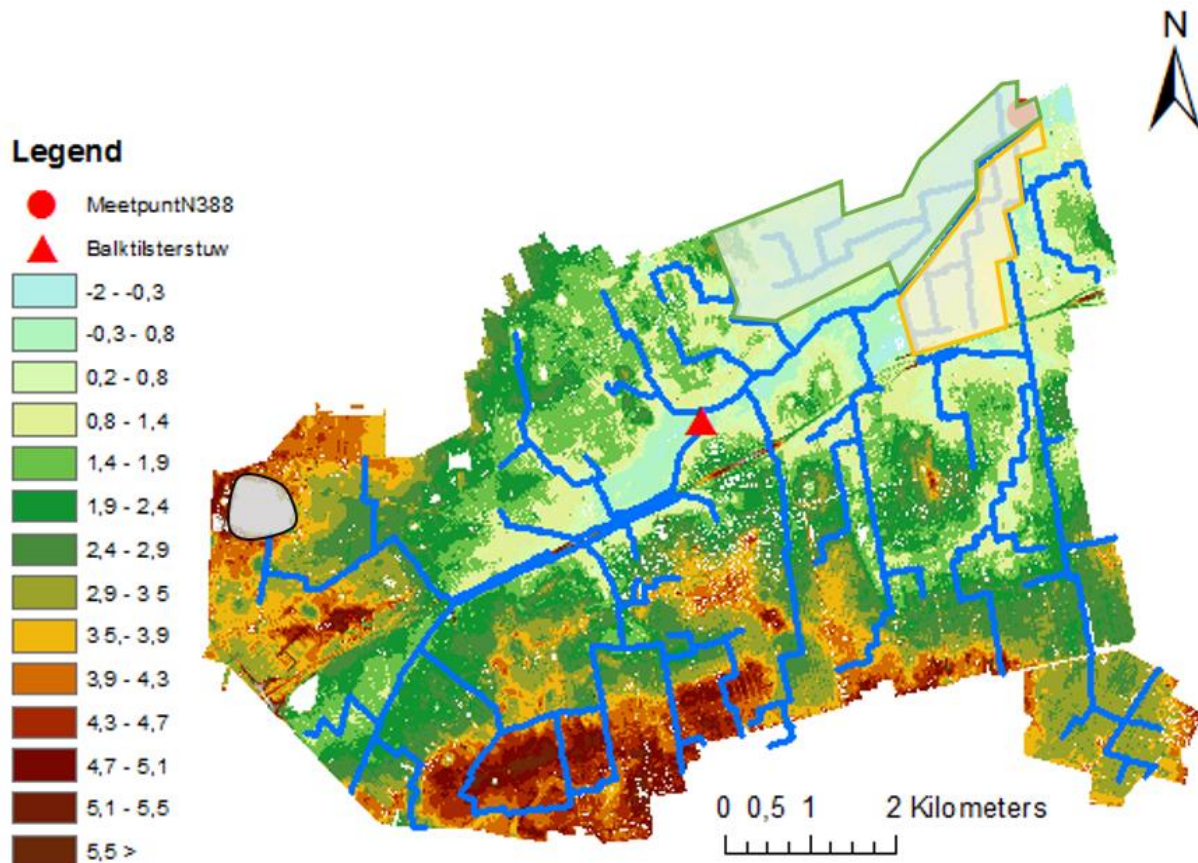




4 Introductie Dwarsdiep

Het Dwarsdiep gebied is gelegen in het zuidwesten van de provincie Groningen. Het stroomgebied bestaat grofweg uit drie trajecten: bovenstrooms is het komgebied van de Marumerlage en benedenstrooms (ten oosten van de Balktilsterstuw, zie figuur 4.1) bevinden zich twee polders die actief worden bemalen; de Werpolder en de Polder de Oude Riet.

Het stroomgebied van het Dwarsdiep is ca. 6500 ha en heeft met een hoogteverschil van +5 tot -1 m NAP over 11 km een relatief sterke hoogtegradiënt. Het Dwarsdiep watert af in noordoostelijke richting naar Boerakker, waar zich een debietmeetpunt bevindt (zie figuur 4.1). Het noordelijke deel van het stroomgebied (ten noorden van de A7) is grofweg te verdelen in twee deelgebieden: de hoger gelegen delen in het noordwesten (vanaf zandwinning Strandheem richting het oosten – zwart omlijnd) en de lagergelegen polders Oude Riet (oranje omlijnd) en Werpolder (groen omlijnd) ten oosten van de Marumerlage (vanaf de Balktilsterstuw tot het uitstroompunt nabij Boerakker).



Figuur 4.1: Maaiveldhoogte en waterlopen in het stroomgebied van het Dwarsdiep.

Het Dwarsdiep stroomt in het gebied dat de overgang vormt tussen de hoger gelegen zandgronden van het Drents Plateau en de lager gelegen veen- en kleigronden. Op de hoger gelegen delen in het westen komen ondiepe keilemlagen voor, waarvan de diepte toeneemt in de richting van het beekdal. Aan de zuidzijde van de beek houdt de hooggelegen keileem vrij abrupt op. In de gebieden waar keileem ondiep voorkomt, treden schijngrondwaterstanden (hangwater) op door de weerstand van de keileem (het belang om hiermee rekening te houden is onderstreept door Terwisscha van



Scheltinga Water en Hunzebreed (2016)). Het landgebruik in het Dwarsdiep is voornamelijk grasland ten behoeve van de melkveehouderij.

Het focusgebied voor in de huidige studie is de noordflank van het beekdal, vanaf de hooggelegen zandgronden met keileem in het westen (omgeving zandwinning en recreatieplas Strandheem) tot de laag gelegen polders en het uitstroompunt van de beek in het oosten (zie ook figuur 4.1). Dit gebied is als focusgebied gekozen omdat in het westelijk deel van de noordflank geen mogelijkheden zijn tot aanvoer van water en neerslag dus efficiënt gebruikt of vastgehouden moet worden om ten goede te komen aan gewassen.



5 Aanpak

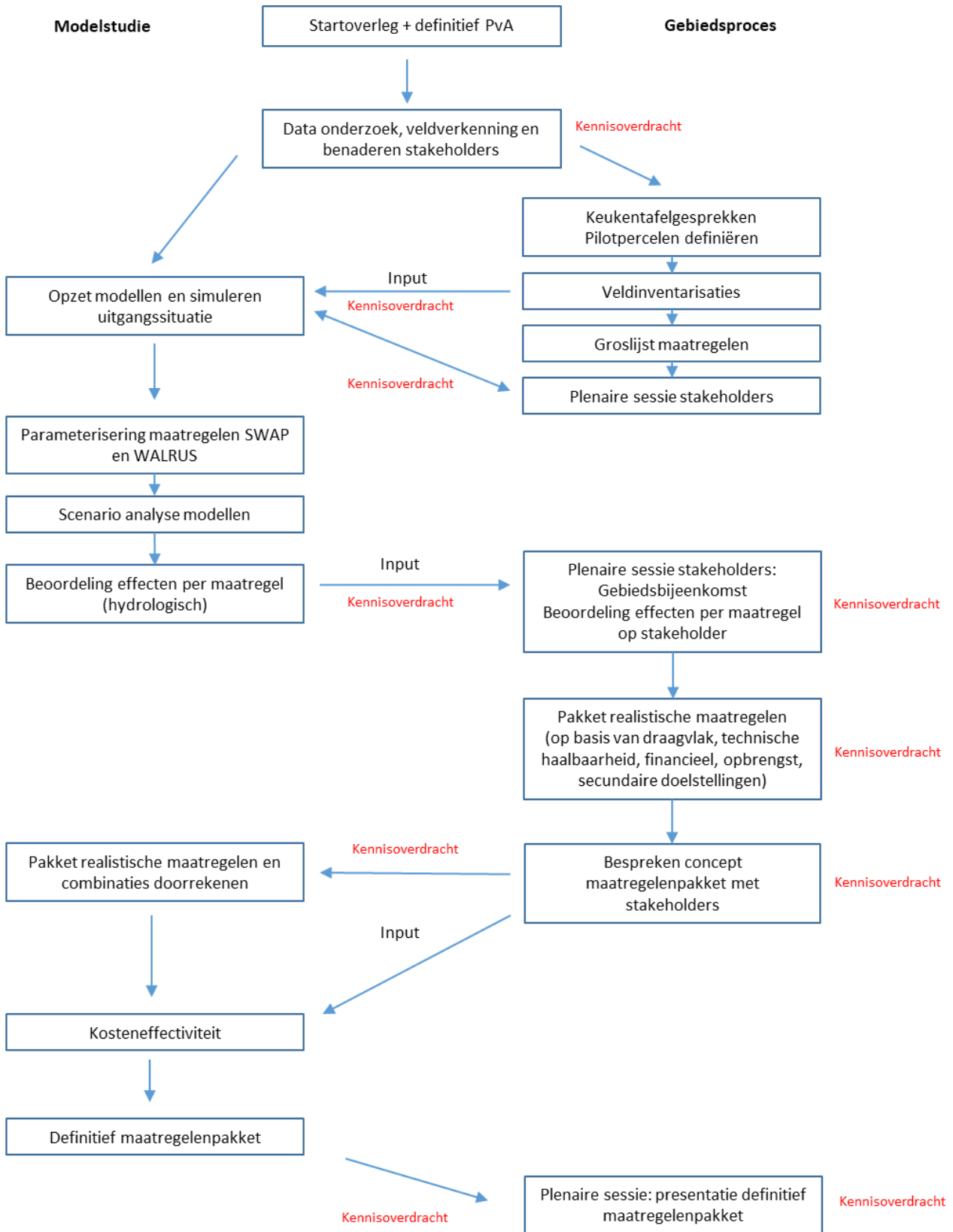
De totale effectiviteit van maatregelen is een samenhang tussen effectiviteit op verschillende schalen (stroomgebied vs. perceel), voor verschillende doelen (waterkwantiteit vs. waterkwaliteit), en voor verschillende functies (eco-hydrologisch vs. agrarisch). Instrumenten die ingezet worden, moeten rekening houden met deze schalen, doelen en functies, alsmede met de samenhang ertussen. Om tot een pakket van kosteneffectieve maatregelen te komen en draagvlak te creëren bij stakeholders (zoals perceelseigenaren) is voor een aanpak gekozen bestaande uit een modelstudie en een gebiedsproces. De samenhang tussen modelstudie en gebiedsproces, met daarbij aangegeven de momenten van kennisoverdracht, is schematisch weergegeven in figuur 5.1.

De modelstudie en het gebiedsproces zijn nadrukkelijk verweven met veel interactie en iteraties. Op deze manier zijn stakeholders vroegtijdig betrokken en zijn veldinventarisaties uitgevoerd (al voorafgaand aan de modelstudie) om draagvlak te creëren, alsmede om de modellen zo goed mogelijk op de bodemkundige en hydrologische situatie en de landbouwpraktijk aan te passen. Via gebiedsbijeenkomsten en veldbezoeken zijn gedurende de gehele looptijd van de studie deze iteraties en feedbacks volgehouden. Daarbij verschoof het accent in de loop van het project van informatie verzamelen in het gebied en van agrariërs, naar informatie delen op basis van de uitgevoerde modelstudie. In figuur 5.1 zijn deze momenten aangegeven met 'Kennisoverdracht', welke dus in twee richtingen (uit gebied richting model en vice versa) heeft gewerkt.

Aanpassing aanpak na droge zomer 2018

De aanpak van de studie (zowel modelmatig als het gebiedsproces) is in de loop van het project aangepast door de extreem droge zomer van 2018. In deze zomer liep het landelijk neerslagtekort op tot ruim 300 mm. In het Dwarsdiep gebied was het maximale neerslagtekort 231 mm, lager dan het landelijk neerslagtekort door een relatief nat voorjaar. Doordat een groot deel van het focusgebied voor watertoevoer volledig afhankelijk is van neerslag, was het effect op de gewasgroei, de gewasproductie en de agrarische bedrijfsvoering desalniettemin zeer groot. In deze periode zijn er extra veldbezoeken uitgevoerd en in augustus 2018 is besloten om ook het effect van deze droge omstandigheden in het jaar 2018 te simuleren in SWAP en WALRUS en de modelresultaten te staven met de ervaringen in het gebied. Dit jaar heeft als een voorbeeld voor omstandigheden in een toekomstig klimaat gediend en heeft ook in het gebied geleid tot meer bewustwording over de gevolgen van erg droge perioden, met name als deze gedurende meer dan 1 jaar voorkomen.

In de rapporten over de modelleringen (zie bijlagen) is verder ingegaan op de effecten van droge omstandigheden in 2018. Na een zeer droge zomer in 2018 met nadrukkelijke zorgen over de gewasproductie voor een aantal agrariërs in het gebied, was het najaar enigszins natter en nog altijd warm, wat tot goede gewasgroei omstandigheden leidde en wat een verlenging van het groeiseizoen tot oktober/november tot gevolg had en de gemiste gewasproductie uit de zomer voor veel agrariërs voor een groot deel compenseerde.



Figuur 5.1: Schematische weergave van de samenhang tussen modelstudie en gebiedsproces, met daarbij aangegeven de momenten van kennisoverdracht.



5.1 Gebiedsproces

Het doel van het gebiedsproces is het verkrijgen van informatie en het delen van onderzoeksresultaten om zo draagvlak voor potentiële maatregelen te creëren. Het verkrijgen van informatie is van belang voor een zo realistisch mogelijke simulatie van de werkelijke situatie (gebiedskennmerken, agrarische bedrijfsvoering, ervaring van droogteschade of natschade) voor het modelonderzoek. Door deze informatie expliciet mee te nemen in het modelonderzoek en hier transparant over te zijn zal het vertrouwen van stakeholders en perceeleigenaren in deze aanpak (en de latere scenario analyses) toenemen. Het delen van onderzoeksresultaten draagt verder bij aan het creëren van bewustwording en draagvlak, hetgeen een expliciet doel van het TOPSOIL-project is.

Het gebiedsproces bestond hoofdzakelijk uit:

- bezoeken gebiedsorganisaties;
- keukentafelgesprekken met agrariërs (klankbordgroep);
- veldinventarisaties;
- gebiedsbijeenkomsten;
- veldbezoeken.

5.1.1 Gebiedsorganisaties

Met de gebiedsorganisaties spraken wij over mogelijke raakvlakken tussen het TOPSOIL-project, de activiteiten van deze organisaties en meekoppelkansen. Hierover spraken wij met:

- Gebiedscoöperatie Westerkwartier;
- Collectief Groningen-West (agrarisch collectief);
- LTO Noord, afdeling Westerkwartier;
- Loonbedrijf St uut.

Bij de start van TOPSOIL-Dwarsdiep waren Prolander (uitvoeringsorganisatie van Provincie Groningen en Drenthe voor gebiedsontwikkelingen/-processen) en het waterschap in een vergevorderd stadium met een gebiedsproces ten behoeve van een inrichtingsplan voor natuurontwikkeling (NNN), waterbergingsgebieden (DV2050) en de herinrichting van het Dwarsdiep (KRW) ter plaatse van de Marumerlage en het gebied ten oosten van de Balktilsterstuw.

Hoewel alle gebiedsorganisaties de opzet van het TOPSOIL-onderzoek konden waarderen, waren er geen dusdanige raakvlakken die leidden tot verdere samenwerking. Tijdens het onderzoek hielden wij de gebiedsorganisaties in meer of mindere mate op de hoogte van het TOPSOIL-project.

5.1.2 Klankbordgroep

Vanuit de perceeleigenaren is een klankbordgroep van agrariërs uit het projectgebied gevormd. De klankbordgroep bestond uit 4 melkveehouders en één paardenhouder. Akkerbouw is in het projectgebied weinig aanwezig. Een door ons benaderde akkerbouwer, die jaarlijkse verschillende gronden pacht binnen het projectgebied voor de teelt van overwegend aardappelen, is niet op het verzoek om deel te nemen ingegaan.

De agrariërs van de klankbordgroep zijn primair geselecteerd op basis van de geografische ligging van hun percelen. Na de selectie benaderden wij hen als eigenaar van het perceel en volgde een keukentafelgesprek, waarin de opzet en doelen van het onderzoek uiteen werden gezet. Het keukentafelgesprek had verder als doel:

- het verkennen van relevante hydrologische processen en bedrijfsvoering in het gebied;



- het ophalen van kwalitatieve hydrologische observaties door agrariërs;
- het verkennen van uitdagingen van waterafvoer en waterbeschikbaarheid in het gebied.

5.1.3 Veldinventarisaties

Aansluitend vonden veldinventarisaties plaats bij de agrariërs uit de klankbordgroep. Doel van de veldinventarisaties was het vergaren van gebiedskennis samen met de agrariërs en hiermee input te leveren voor de selectie van het type (perceels)maatregelen en voor de modelstudie.

De veldinventarisaties bestonden ook uit een bodeminventarisatie bij een aantal verschillende percelen van agrariërs. Met behulp van boringen en profielkuilen is de bodemopbouw bepaald en is een beoordeling gemaakt van de diepte en dichtheid van de beworteling van de gewassen op de verschillende percelen. De bodeminventarisatie diende er ook voor om de structuur, textuur, organisch stofgehalte, mate van verdichting en de actuele grondwaterstand te bepalen. Er zijn monsters genomen van representatieve bodemlagen en geanalyseerd in het laboratorium op korrelgrootteverdeling (percentage klei, silt, zand en grind) en organisch stofgehalte. De input van de veldinventarisaties en met name de bodeminventarisaties is gebruikt voor de juiste parameterisering van de modelstudie. Deze is hierdoor gedetailleerder en gebiedsspecifieker dan wanneer zij gebaseerd zou zijn op enkel algemeen beschikbare data.

Omwille van de bewustwording bij de agrariërs van de thema's van het TOPSOIL-onderzoek, vonden de inventarisaties waar mogelijk in aanwezigheid van de agrariërs plaats. Juist tijdens die inventarisaties vond een belangrijke uitwisseling van ervaring plaats tussen de onderzoekers en de perceeleigenaren.

5.1.4 Gebiedsbijeenkomst 1

Eind 2017 vond een eerste, brede gebiedsbijeenkomst plaats. Op deze bijeenkomsten komen alle aspecten van het gebiedsproces bij elkaar. Hiervoor nodigden wij ook alle perceeleigenaren met minimaal 10 ha grond binnen het projectgebied uit. Dit kwam neer op 50 perceeleigenaren. De uitnodiging voor de bijeenkomst werd via bestaande communicatiekanalen van het waterschap verspreid, waarmee de bijeenkomsten tevens een openbaar karakter kregen.

Het doel van de eerste bijeenkomst was om het draagvlak voor (bodem-)maatregelen onder agrariërs te peilen. Ter voorbereiding op de gebiedsbijeenkomst zijn potentiële maatregelen geselecteerd op basis van opgedane gebiedskennis, de resultaten van de bodeminventarisaties en gesprekken met agrariërs. Als basis voor de selectie van maatregelen is een door het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (opgestelde BOOT lijst (versie juni 2017) gebruikt. Daarin zijn maatregelen opgenomen om de waterkwaliteit, waterkwantiteit en/of bodemkwaliteit te verbeteren. De geselecteerde maatregelen worden op basis van de opgedane kennis relevant en haalbaar geacht voor het gebied, en vereisen een verschillende technische, financiële of bedrijfsmatige inspanning. Met deze diversiteit hoopten we een verdere inschatting te kunnen maken voor welk soort maatregel er wel of geen draagvlak is of kan zijn.

Een 10-tal uiteenlopende thema's met daarbij mogelijke maatregelen werd toegelicht, besproken en konden worden 'gescoord' op geschiktheid naar hun oordeel. Enerzijds gaf deze 'peiling' een indruk van het draagvlak bij aanwezige agrariërs voor bepaalde maatregelen. Anderzijds werd de output van de peiling gebruikt bij de hydrologische modellering. Deze wisselwerking tussen modelstudie en gebiedsproces komt tot uiting in het schema in figuur 5.1.



Een tiental uiteenlopende thema's met daarbij mogelijke maatregelen werd toegelicht en besproken. De aanwezigen beoordeelden de geselecteerde maatregelen vervolgens door het geven van een score op geschiktheid. Enerzijds gaf deze 'peiling' een indruk van het draagvlak bij aanwezige agrariërs voor bepaalde maatregelen. Anderzijds werd de output van de peiling gebruikt bij de hydrologische modellering. Deze wisselwerking tussen modelstudie en gebiedsproces komt tot uiting in het schema in figuur 5.1.

Tabel 5.1 toont de beoordeling van en de opmerkingen bij de tien potentiële maatregelen door de perceeleigenaren tijdens de eerste gebiedsbijeenkomst in november 2017. De laatste kolom geeft het standpunt van waterschap Noorderzijlvest weer, welke naar aanleiding van de gebiedsbijeenkomst is toegevoegd.

Naast een peiling van het draagvlak voor maatregelen, leverde de gebiedsbijeenkomst ook het inzicht op dat de grondgebruikers zich in dit deel van het stroomgebied (de hoger gelegen noordflank) zeer bewust zijn van hun afhankelijkheid van neerslag. Zo lang er maar af en toe neerslag valt, is er weinig schade/beperkte opbrengst, terwijl grondwaterstanden zakken. We spraken agrariërs die waarschijnlijk door dit effect, klimaatverandering minder ervaren. Ondertussen spreken beleidsmakers van 'ernstige verdroging' vanwege steeds verder wegzakkende grondwaterstanden.

5.1.5 Veldbezoeken

Met de opbrengst vanuit het gebiedsproces in 2017, stond 2018 in het teken van de hydrologische modellering in SWAP: het modelleren van maatregelen en hun effect op de agrarische opbrengst. Middenin de extreem droge zomer van 2018 zijn de agrariërs van de klankbordgroep tussentijds bezocht. Het gras van percelen op de flanken bleek in kwaliteit (sterk) achteruitgegaan. Dit leidde tot gesprekken over de effecten van een dergelijk lange periode zonder neerslag. In de projectgroep is daarna het besluit genomen om ook de zomer van 2018 te modelleren in SWAP met de KNMI-weersgegevens van 2018 (zie kader pagina 13 en bijlage 2 voor resultaten).

5.1.6 Gebiedsbijeenkomst 2

Eind 2018 vond een tweede gebiedsbijeenkomst plaats, van dezelfde opzet als de eerste. Op de tweede bijeenkomst zetten wij de resultaten van de modelstudie in SWAP uiteen. Het verhogen van organische stofgehalte en dieper wortelend gewas, waren maatregelen vanuit de eerste gebiedsbijeenkomst met draagvlak onder de agrariërs. Uit de modelstudie in SWAP blijkt, dat maatregelen met het oog op het verbeteren van het wortelstelsel van gewassen, uiteindelijk tot hogere opbrengsten leiden. Er zijn veel maatregelen denkbaar die invloed hebben op het wortelstelsel en niet alle denkbare maatregelen zijn wenselijk. Bijvoorbeeld de maatregel om de maaifrequentie te verlagen (en het gewas langer door laten groeien per snede), werd door de aanwezige agrariërs niet als gewenst gezien vanwege de nadelen (o.a. teruglopende voedingswaarde volgens de agrariërs) die hier tegenover staan.

Vanuit de tweede bijeenkomst ontstond het beeld dat niet alle agrariërs uit de klankbordgroep de effecten van klimaatverandering ervaren omdat er, zoals werd gezegd, altijd wel van tijd tot tijd neerslag valt. Een zomergrondwaterstand van 2 m-mv of van 2,5 m-mv betekent voor de agrarische opbrengst in het projectgebied niet veel nadeel meer binnen een groeiseizoen. In 2018 was sprake van een gedeelde zorg over droogte bij beleidsmakers én agrariërs. De eerste zorg bij agrariërs was onvoldoende oogst van ruwvoer voor de winterperiode. Daarnaast was er zorg over een opeenvolging van droge jaren, waardoor er steeds meer ingeteerd zou moeten worden op de reserves (van ruwvoer en financiën).



In 2019 zijn de effecten van maatregelen gemodelleerd in WALRUS (stroomgebiedsschaal). Deze zijn binnen het gebiedsproces minder interessant om te delen. In de zomer van 2019 vond wel een afrondend bezoek plaats bij (een deel van) de klankbordgroep. In oktober 2019 zijn in een derde en afsluitende gebiedsbijeenkomst de eindresultaten van het TOPSOIL-onderzoek gedeeld. Alle stakeholders vanuit het gebiedsproces zijn hiervoor uitgenodigd.

Tabel 5.1 (volgende pagina): Groslijst van tien potentiële thema's/maatregelen, inclusief beoordeling en opmerkingen perceeleigenaren en standpunt waterschap Noorderzijlvest.



Potentiële maatregel	Standpunt perceeleeigenaren (totaal = 8)			Standpunt Noorderzijlvest
	POSITIEF	NEUTRAAL	NEGATIEF	
1. Bodemstructuur Op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen	7 - Gebeurt al	1		Zeer aanbevolen, in combinatie met maatregel 4
2. Gewas Diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels. Graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland	7 - Diversiteit onder- en bovengronds	1		Aanbevolen, in combinatie met maatregel 1, 3 en 6
3. Watersysteem Goed maaibeleid kavelsloten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar	7 - Materiaal weer over land gebruiken - Zomerschouw in aanloop naar najaar	1		Aanbevolen, simpele en praktische maatregel
4. Waterhuishouding Water vasthouden in de bodem door verhogen organische stofgehalte en/of bijmengen met lutum	6 - Wat te doen met storende lagen? - De belangrijkste van alle stellingen	1	1	Zeer aanbevolen, in combinatie met maatregel 1
5. Bodemstructuur Aandacht voor storende bodemlagen en opheffen bodemverdichting	6 - Altijd al belangrijk geweest	2	1 - Gewassen telen die goed en sterk wortelen	Aanbevolen
6. Waterhuishouding Aanleg regelbare / peil gestuurde drainage: Water vasthouden indien mogelijk; afvoeren indien noodzakelijk	5	1 - Moeilijk toepasbaar	2 - Geld kan beter besteed worden aan bodembeheer	Aanbevolen, vraagt wel maatwerk
7. Nutriënten Efficiëntie (kunst)mestgift verbeteren (kostenreductie, opname-efficiëntie, voorkomen af- en uitspoeling)	4 - Dunne fractie als kunstmestvervanger - Efficiëntie mestgift, geen kunstmest, mest niet injecteren, koolstof belangrijk	4		-
8. Nutriënten Waterkwaliteit verbeteren door afvangen van nutriënten in kavelsloot (door bijvoorbeeld helofytenfilter). Aanleg bufferstroken waar niet bemest wordt om afspoeling (en uitspoeling) nutriënten te beperken	3	3 - Goede bodem laat niets lopen als bemest wordt zoals natuur wil - Kleinschalig, zet geen zoden aan dijk	2	-
9. Watersysteem Water vasthouden in kavelsloten door stuwen plaatsen, duikers en/of slootbodemp verhoging	3	2 - Maar in natte gebieden juist betere afvoer	3 - niet van toepassing - één ding belangrijk: zo snel mogelijke afvoer hemelwater	Aanbevolen
10. Berging Opslag van hemelwater in bassin, vijver en/of plas t.b.v. beregening	2	1 - Niet toepasbaar	5 - Beregenen is tijdelijk: geeft lui gewas - Teveel water nodig	Niet aanbevolen



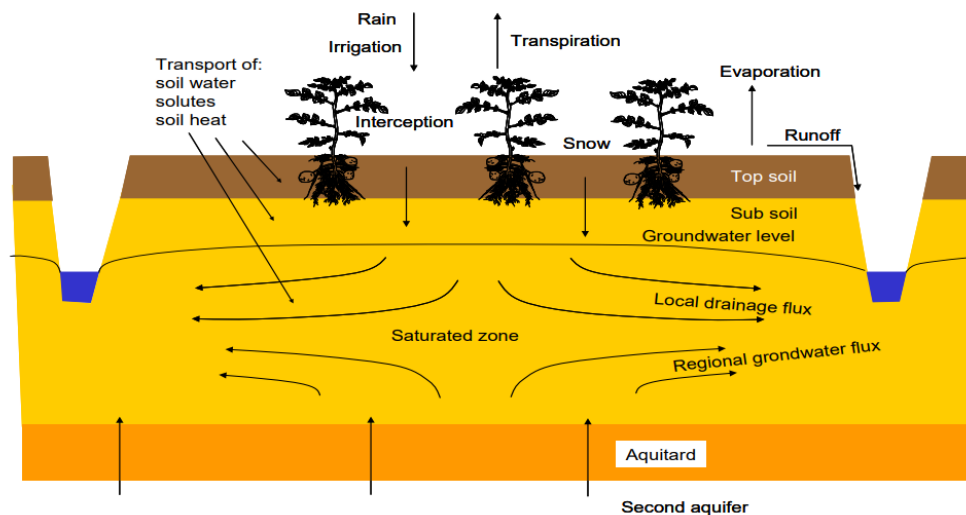
5.2 Modellen SWAP en WALRUS

De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (agrarische en hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal).

5.2.1 SWAP

Voor de hydrologische analyse op perceelschaal is het Soil-Water-Atmosphere-Plant (SWAP) model (Kroes et al., 2000, Van Dam et al., 2008;) gebruikt. SWAP simuleert transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde zone. Het verticale domein van SWAP reikt van net boven de vegetatie tot aan het freatische grondwater. Doordat er een interactie bestaat tussen de onverzadigde zone van de bodem en de vegetatie is het model uitermate geschikt voor studies naar de effecten van hydrologische maatregelen op gewasgroei en gewasproductie. Een gedetailleerde beschrijving van SWAP kan gevonden worden in Kroes et al. (2000).

Een schematisatie van het SWAP model en de te simuleren processen is weergegeven in figuur 5.2. In dit onderzoek is gebruikt gemaakt van SWAP versie 4.0.1.



Figuur 5.2: Overzicht van SWAP domeinmodel en transport processen.

Potentiële maatregelen zijn geselecteerd op basis van opgedane gebiedskennis, de resultaten van de bodeminventarisaties en gesprekken met agrariërs. In totaal zijn vier maatregelen geschikt geacht om te simuleren in SWAP. De maatregelen die gesimuleerd zijn met SWAP zijn het verhogen van het organisch stofgehalte, bevorderen van de bewortelingsdiepte en de bewortelingsdichtheid (onder te verdelen in dieper wortelend gewas, minder vaak maaien en minder kort maaien), verbeteren afvoer capaciteit kavelsloten in najaar en winter (verlagen bodemdiepte) en het vasthouden van water in de kavelsloten in het voorjaar.

Om een beeld te krijgen van de effecten van de maatregelen in de toekomst is een vergelijking gemaakt tussen simulaties met huidige weersgegevens en simulaties met aangepaste weersgegevens op basis van het klimaatscenario W^H 2050. Onder het klimaatscenario W^H 2050 kenmerken de zomers zich door minder neerslag en een hogere temperatuur dan in het huidige klimaat. Met name door de hogere temperatuur is de potentiële transpiratie hoger (omdat deze bepaald wordt door de



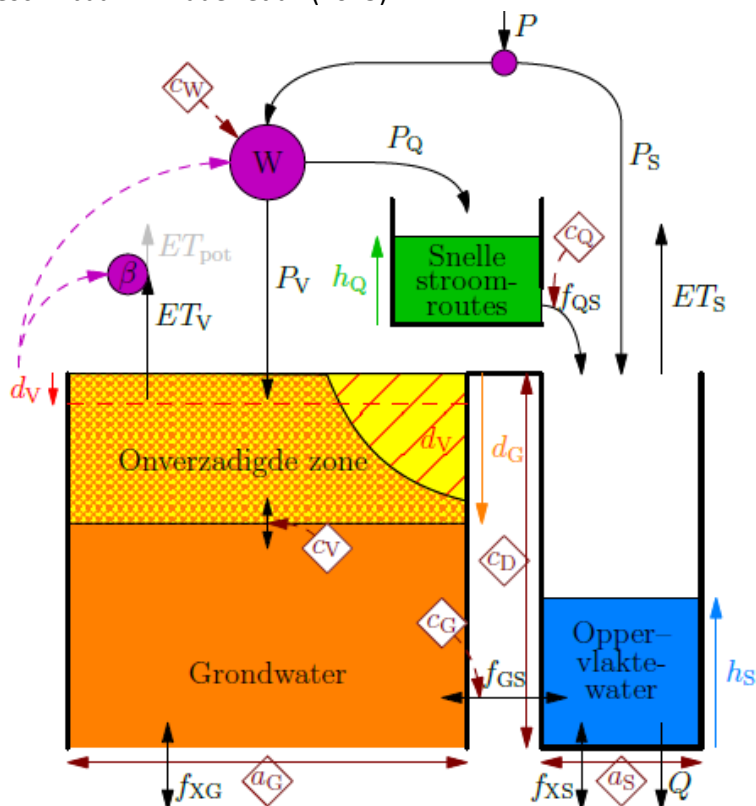
weerscondities). Op basis van de temperatuur en de straling zijn de groei-condities dus beter, waardoor ook de watervraag door het gewas groter is.

De huidige situatie en de situatie na doorvoering van potentiële maatregelen zijn gesimuleerd voor twee representatieve delen van het focusgebied (zie hoofdstuk 4): een perceel op de hooggelegen zandgrond met keileem (basismodel 1, gelegen aan de noordwest zijde van het focusgebied) en een perceel in de laaggelegen polder zonder keileem (basismodel 2, gelegen aan de oostzijde van het focusgebied). Het betreft geen werkelijk percelen, maar het zijn fictieve percelen die model staan voor een deel van het stroomgebied.

5.2.2 WALRUS

Voor de hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal is het neerslag-afvoer model WALRUS (the Wageningen Lowland Runoff Simulator, Brauer et al., 2014) gebruikt. Het WALRUS model is speciaal ontwikkeld voor het modelleren van laaglandgebieden en polders. De processen die in dit soort gebieden van belang zijn, zoals grondwater-oppervlaktewater koppeling, vochttoestandsafhankelijke stroomroutes en dynamische koppeling tussen de verzadigde en onverzadigde zone, zijn in dit model expliciet aanwezig.

WALRUS is een reservoirmodel met drie verschillende reservoirs; een oppervlaktereservoir, een snelle afvoerreservoir en een bodemwaterreservoir. Met behulp van deze reservoirs worden de verschillende afvoerprocessen gemodelleerd. Met een set van modelparameters en toestand afhankelijke modelvariabelen wordt de verdeling van water over de verschillende reservoirs gesimuleerd. Een schematisatie van het WALRUS model en de te simuleren processen is weergegeven in figuur 4. Een gedetailleerde beschrijving van de afvoerprocessen in WALRUS is beschikbaar in Brauer et al. (2015).



Figuur 5.3: Overzicht van WALRUS modelopzet.



Het opzetten van het WALRUS model is gebaseerd op de conclusies uit de SWAP simulaties met de grootste hydrologische impact. In WALRUS is het echter niet mogelijk om de uitkomsten uit de SWAP simulaties één-op-één te simuleren, omdat er minder fysische processen expliciet gesimuleerd kunnen worden dan in SWAP. Daarom zijn de gesimuleerde effecten van de maatregelen met de grootste impact (verandering waterbalanscomponenten, verandering opbrengsten) uit de SWAP modellering vertaald naar WALRUS input. De effecten die optreden in de SWAP simulaties zijn een verhoging van de actuele transpiratie met 5-10%, een verschuiving van snelle stroomroutes (oppervlakkige afstroming, afstroming via drains) en een verhoging van de waterberging in de bodem. Uitgangssituatie is het reeds opgezette en gekalibreerde WALRUS model voor het gehele Dwarsdiep gebied (Bol, 2016).

5.3 Waterkwaliteit

Ter beoordeling van het effect van perceelsmaatregelen op de waterkwaliteit in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) is geen modellering uitgevoerd. De modellen SWAP en WALRUS zoals gebruikt in deze studie zijn namelijk primair hydrologische modellen, en geen waterkwaliteitsmodellen, waardoor directe simulaties van waterkwaliteitsvariabelen ontbreken. Het effect op waterkwaliteit is daarom beschouwd op basis van kennis uit eerdere studies, uitgevoerd door Waterschap Noorderzijvest of extern. De beoordeling van het effect van de maatregelen op de waterkwaliteit is daarom een combinatie van toepassingsvoorkeur en expert judgement vanuit Waterschap Noorderzijvest en een literatuuronderzoek.

In tabel 5.1 is een algemene beoordeling van potentiële thema's/maatregelen door Waterschap Noorderzijvest opgenomen. Deze beoordeling is voor elke maatregel waarvan een substantieel effect op de waterkwaliteit verwacht mag worden nader uitgewerkt en toegelicht met betrekking tot waterkwaliteit. Waar relevant is de beoordeling aangevuld met afgeleide gegevens uit de modellering met SWAP en WALRUS; directe simulaties van waterkwaliteit zijn hierin niet beschikbaar, maar veranderingen in de risico's op bijvoorbeeld af- en uitspoeling van meststoffen of gewasbeschermingsmiddelen kunnen afgeleid worden uit stroomrouteveranderingen in de waterbalansen uit SWAP en WALRUS.



6 Output

6.1 Maatregelenlijsten

In tabel 5.1 is de beoordeling van en opmerkingen bij de tienpotentiële maatregelen door perceeleeigenaren weergegeven, zoals aangegeven tijdens de eerste gebiedsbijeenkomst in november 2017. De laatste kolom geeft het standpunt van waterschap Noorderzijvest weer, welke naar aanleiding van de gebiedsbijeenkomst is toegevoegd. Deze tabel vormt de groslijst van maatregelen, welke verder is verfijnd binnen de modelstudie.

Uit de waardering door perceeleeigenaren en waterschap Noorderzijvest zijn de volgende samengestelde maatregelen geselecteerd voor het TOPSOIL-Dwarsdiep onderzoek (nummers tussen haken verwijzen naar de maatregelen in tabel 5.1):

- verhogen organisch stofgehalte (maatregel 1 en 4);
- bevorderen bewortelingsdiepte en bewortelingsdichtheid (maatregel 2);
- verbeteren afvoercapaciteit kavelsloten in najaar en winter (maatregel 3 en 6);
- vasthouden water in kavelsloten in voorjaar (maatregel 9);
- waterkwaliteit verbeteren door afvangen nutriënten (maatregel 8)
- bevorderen nutriënten efficiëntie door gewas (maatregel 7);
- opheffen storende bodemlagen en bodemverdichting (maatregel 5).

Van deze maatregelen zijn de eerste 4 (organische stof, beworteling, afvoer in winter, vasthouden in voorjaar) geschikt geacht om te simuleren in SWAP. De implementatie en resultaten van deze simulaties worden in dit rapport besproken. Bijna alle maatregelen worden tevens besproken in de beschouwing van de waterkwaliteit (paragraaf 6.4).

6.2 Modelering maatregelen perceelschaal

De modelering van maatregelen op perceelschaal met het model SWAP is uitvoerig beschreven in bijlage 2. Een kort overzicht van het effect van de maatregelen wordt hier gegeven. Voor meer detail over de implementatie en resultaten wordt verwezen naar bijlage 2. Maatregelen zijn voornamelijk beoordeelt op gewasopbrengst en watergebruik door het gewas (indicatie van beschikbaarheid en gebruiksefficiëntie). Hieronder wordt voor de maatregelen 1, 2 en 5 (en indirect maatregel 3 en 4) uit tabel 5.1 de resultaten van het effect op de waterkwantiteit gegeven.

1. Bodemstructuur: op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen.

Het verhogen van het organisch stofgehalte geeft wisselende resultaten. Bij een lichte verhoging zijn er toenames in transpiratie en gewasopbrengsten, maar bij een flinke verhoging van het organisch stofgehalte worden er dalingen in transpiratie en gewasopbrengsten waargenomen. Er wordt wel meer vocht in de bodem waargenomen, maar dit komt dus niet ten goede aan het gewas. Het proces wat hierachter zit is niet geheel duidelijk: het organisch stofgehalte kan niet als inputparameter worden verhoogd in SWAP, waardoor de implementatie van deze maatregelen een onzekerheid veroorzaakt, ondanks dat de implementatie zo realistisch mogelijk is gedaan. Voor meer informatie over de implementatie en een discussie hierover, wordt verwezen naar bijlage 2.



2. Gewas: diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels en graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland.

De individuele maatregel die het meest effect sorteert in drogere perioden is het toepassen van een dieper wortelend gewas. De combinatiemaatregel die het meeste effect sorteert in zowel de toename van de actuele transpiratie als de actuele gewasopbrengst is het combinatiescenario van een diepere beworteling, minder vaak maaien en minder kort maaien. Uit de resultaten blijkt dat een dieper wortelend gewas langer vocht tot zijn beschikking heeft in droge tijden, en dus langer optimaal kan groeien dan een minder diep wortelend gewas. De scenario's minder vaak maaien en minder kort maaien geven individueel ook beiden een stijging van de actuele transpiratie weer, maar een toename in gewasopbrengst is hier niet altijd aan gekoppeld: dit hangt er af van de timing van maaien ten opzichte van momenten met voldoende beschikbaar water. In het geval van minder kort maaien geldt dat alleen als er na het maaien ook voldoende vocht beschikbaar is, het gewas direct weer optimaal produceren wat sorteert in een positief effect op de grasopbrengst. Als het daarentegen de omstandigheden te droog zijn direct na het maaien, zal het gras niet herstellen en vatbaarder zijn voor verdroging, met een langer negatief gevolg door schade aan het gewas.

5. Waterhuishouding: aanleg regelbare / peil gestuurde drainage: Water vasthouden indien mogelijk; afvoeren indien noodzakelijk.

Het scenario 'vasthouden water in kavelsloten in voorjaar' is op twee wijzen geïmplementeerd in SWAP; simulatie van het plaatsen van een stuw in kavelsloten en het verhogen van de bodemdiepte van kavelsloten. Het scenario stuw heeft niet tot nauwelijks effect op de waterbalans. Het implementatiescenario bodemdiepte sorteert nauwelijks effect op de actuele transpiratie en gewasopbrengsten. Wel zijn er verschuivingen in de waterbalans van snelle stroomroutes via oppervlakkige afstroming naar langzame stroomroutes via drainage (infiltratie via de bodem). Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit, doordat er mogelijk minder directe afspoeling optreedt van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en transportroutes meer via de bodem plaatvinden waar opname, binding en afbraak van stoffen kan plaatsvinden.

Klimaatscenario

Bij het toepassen van het klimaatscenario is een flinke toename te zien in transpiratie indien voldoende vocht beschikbaar (basismodel 2) is en een lichte afname als er minder vocht beschikbaar is (basismodel 1). In beide modellen gaat de gewasopbrengst echter omhoog, doordat het klimaat warmer is en er meer straling is. De stijging is aanzienlijk voor basismodel 2, omdat de geschiktere klimaatcondities niet belemmerd worden door een tekort aan vocht.

Diepere beworteling zorgt in basismodel 1 bij toepassen van het klimaatscenario voor een licht positief effect: er is een lichte verbetering in waterbeschikbaarheid, waardoor droogtestress licht afneemt (4 mm minder droogtestress indien diepere beworteling wordt gesimuleerd). Dit is overeenkomstig met de resultaten van modelsimulaties zonder klimaatscenario. Het effect is groter in het droge jaar 2018 (met name doordat droogtestress later begint bij diepere beworteling en maar 43 dagen in plaats van 57 dagen optreedt), waardoor deze maatregel ook gezien kan worden als een goede klimaatadaptatie.



6.3 Modelering effecten van maatregelen stroomgebiedsschaal

De modelering van maatregelen op stroomgebiedsschaal met het model WALRUS is uitvoerig beschreven in bijlage 3. Een kort overzicht van het effect van de maatregelen wordt hier gegeven. Voor meer detail over de implementatie en resultaten wordt verwezen naar bijlage 3.

In WALRUS is het niet mogelijk om maatregelen één-op-één te simuleren zoals in SWAP, omdat er minder fysische processen expliciet gesimuleerd kunnen worden dan in SWAP. Daarom zijn uit de SWAP modellering de effecten met de grootste hydrologische impact afgeleid en vertaald naar WALRUS input. Het betreft dus een geen daadwerkelijk maatregelen, maar een vertaling van de effecten op perceelschaal naar stroomgebiedsschaal.

De effecten die optreden in de SWAP simulaties zijn een verhoging van de actuele transpiratie met 5 tot 10%, een verschuiving van snelle (oppervlakkige afstroming en afstroming via drains) naar langzame stroomroutes (infiltratie en afvoer via de bodem) en een verhoging van de waterberging in de bodem. Maatregelen zijn voornamelijk beoordeelt op het verlagen van afvoerpieken en het verhogen of in stand houden van de basisafvoer. Hieronder worden de hiervoor genoemde maatregelen verder toegelicht.

Verhogen actuele transpiratie

Het verhogen van de actuele verdamping sorteert in een afname van de afvoer. De toename in actuele verdamping zorgt ervoor dat de overige waterbalanscomponenten afnemen, omdat er minder vocht beschikbaar is. Dit is terug te zien in lagere afvoerpieken en een lagere basisafvoer in de zomerperiode. Maatregelen waarbij gewassen meer water gaan verbruiken, kunnen dus nadelig zijn op de basisafvoer van de beek in de zomer.

Verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes

Het verhogen van de parameter cQ (om een verschuiving van stroomroutes te simuleren, zoals hierboven beschreven) sorteert nauwelijks effect op het karakter van de afvoersimulaties. Alleen bij een flinke verhoging van de parameter cQ wordt een lichte afname van de afvoerpieken waargenomen en zakken de afvoerpieken langzamer uit. Ook wordt er een lichte afname waargenomen van de oppervlakkige afstroming.

Verhogen berging

De maatregel die het meeste effect sorteert in zowel een verlaging van de afvoerpieken als het verhogen van de basisafvoer van het Dwarsdiep is het verhogen van waterberging in de bodem. Opvallend bij deze maatregel is de verschuiving naar afvoer via langzame stroomroutes (drainage via de bodem), waardoor er minder afvoer via oppervlakkige afstroming plaatsvindt. De hoge porositeit die door dit scenario wordt gesimuleerd levert een hoger infiltrerend vermogen op, waardoor minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt en water relatief makkelijk in de diepere bodem terecht komt. Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit, door minder directe afstroming van meststoffen en/of gewasbeschermingsmiddelen en mogelijkheden tot opname, afbraak en binding in de bodem, zoals hierboven beschreven. Echter, de actuele verdamping neemt af, wat de kans op een lichte droogtestress doet toenemen.

6.4 Beoordeling maatregelen waterkwaliteit

Verbetering van de bodemstructuur is voor Waterschap Noorderzijlvest het belangrijkste item bij maatregelen op percelen voor agrarisch gebruik in relatie tot de Kaderrichtlijn Water (KRW), omdat



dit veel directe en indirecte voordelen biedt met betrekking tot uit- en afspoeling, beworteling en daarmee ook met de efficiëntie van de opname van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen door wortels. Dit is ook in lijn met de doelstellingen van TOPSOIL.

Verbetering van de bodemstructuur en beworteling heeft niet alleen een effect op de waterkwaliteit, maar is ook van belang voor waterberging en wateropname (robuust, zelfvoorzienend watersysteem).

Hieronder wordt voor de maatregelen 1, 2, 5, 7 en 8 (en indirect maatregel 3 en 4) uit tabel 5.1 een beschouwing van het effect op de waterkwaliteit gegeven, met daarbij aanvullende informatie uit literatuurbronnen. Deze maatregelen worden beschouwd omdat ze een directe link met waterkwaliteit hebben. Het betreft hier een theoretische beschouwing en welke niet op praktijkproeven in het Dwarsdiep gebied of op simulatie is gebaseerd (m.u.v. veranderingen van stroomroutes, zoals hierboven besproken naar aanleiding van SWAP en WALRUS simulaties) .

1. Bodemstructuur: op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen.

Organische stof heeft een directe invloed op de bodemstructuur doordat het bodemdeeltjes aan elkaar bindt. Daardoor ontstaat een kruimelstructuur die minder gevoelig is voor verdichting, beter vocht opneemt en vasthoudt, maar toch goed draineert (infiltratie) en goed doorwortelbaar en bewerkbaar is.

Een goede infiltratie door verbeterde bodemstructuur draagt bij aan het verminderen van oppervlakkige afspoeling van meststoffen bij overvloedige regenval, en aan het transport van deze meststoffen naar diepere bodemlagen, waar ze opgenomen kunnen worden door plantenwortels. Oppervlakkige afspoeling treedt immers op als de bergingscapaciteit van de bodem wordt overschreden, of als de infiltratiecapaciteit van de bodem wordt overschreden. Een goede bodemstructuur helpt beide situaties te voorkomen/verminderen. Daarnaast werkt organische stof zelf als een spons: het houdt water vast (bij droogte) en kan water bufferen bij (overtollige regenval). Tevens bindt het nutriënten en eventueel ook gewasbeschermingsmiddelen waarmee verliezen naar het water worden voorkomen (Van Eekeren et al., 2018).

Een indirecte invloed van organische stof op bodemstructuur is via het bodemleven. Organische stof levert een voedingsbron voor bodemleven en zowel het kleine als het grotere bodemleven bevordert een goede bodemstructuur door het samenklitten van bodemaggregaten en het vormen van poriën.

Naast een effect op de bodemstructuur, zorgt organische stof ook voor nutriëntenbinding, waardoor het een bufferend vermogen heeft en uitspoeling van nutriënten naar watergangen vertraagt of voorkomt. De belasting van oppervlaktewater kan daardoor verminderd worden. Een hoger gehalte aan organische stof betekent een grotere opslag- en buffercapaciteit. Met name op zandgronden (zoals in het Dwarsdiep gebied) is organische stof hiervoor van belang, omdat zand uit zichzelf geen bindend vermogen heeft. De incidenteel voorkomende leem en veenlagen kunnen in het Dwarsdiep gebied wel bijdragen aan opslag en buffercapaciteit.

Naast nutriëntenbuffering, zorgt organische stof voor nutriëntenlevering (door afbraak van organische stof in de bodem komen nutriënten vrij die door gewassen kunnen worden benut). Voor de nutriëntenlevering van grasland is een hoog organische stof gehalte goed. Echter wordt dit grasland omgezet in bouwland, dan kan dit hoge organische stofgehalte aanleiding geven tot hoge stikstofverliezen naar water en lucht (Van Eekeren et al., 2018).



Bij het op peil houden of verhogen van het organisch stofgehalte dient het 'effectieve organische stof' beschouwd te worden. Dit is de hoeveelheid organische stof die 1 jaar na toevoegen in de bodem nog aanwezig is en is een maat voor de bijdrage van toegevoegde verse organische stof (zoals drijfmest, vaste mest, stro of een ondergeploegde groenbemester) aan de opbouw van organische stof in de bodem op de langere termijn. Dit is verschillend per gewas of mestsoort (Van Eekeren et al., 2018).

Bij het toevoegen van organische stof uit andere bronnen kan ook gedacht worden aan het omwerken van het maaisel tot Bokashi (in aansluiting op maatregel 3; goed maai-beleid kavel-slotten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar). Bokashi is een methode om organisch restmateriaal terug te geven aan de bodem. Het wordt traditioneel gebruikt om de microbiële diversiteit in de bodem te verhogen en planten te voorzien van bio-actieve voedingsstoffen, zoals natuurlijke antibiotica en groeihormonen, vitamines en aminozuren.

De belangrijkste bron van organisch stof is echter het gewas zelf, door gedeeltelijke afsterving van ondergrondse biomassa (wortels en wortelafscheidingen) en toevoegen van gewasresten.

2. Gewas: diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels en graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland.

Beworteling is van groot belang voor een goede bodemstructuur en daarmee ook voor de waterkwaliteit (zie ook maatregel 1). Daarnaast zorgt diepere en dichtere beworteling potentieel voor een efficiëntere/meer volledige opname van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen door een groter bereik, waardoor uitspoeling wordt verminderd.

Een betere benutting van nutriënten door het gras verkleint de kans op uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Wanneer grasland intensiever en dieper wortelt, en daardoor nutriënten zoals stikstof en fosfaat uit de bodem en (kunst)mest beter benut, ontstaat een win-win situatie voor de agrariër en het Waterschap: een hogere grasproductie met een gelijke of lagere bemesting, lagere verliezen naar het water en een betere waterkwaliteit (Van Eekeren et al., 2016).

Een intensievere en diepere beworteling is niet alleen belangrijk voor de opname van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen door het gewas, maar het verbetert potentieel ook de wateropname (zie paragraaf 6.2), bevordert de opbouw van organische stof (door afsterven wortels en uitscheiding door wortels) en bevordert de bodemstructuur (ophouden poriën en mogelijk het doorbreken of voorkomen van bodemverdichting).

Bij een intensievere beworteling worden meer nutriënten opgenomen wanneer nutriënten ongelijk verspreid voorkomen in het bodemprofiel, en wanneer nutriënten minder mobiel zijn en dus over minder groter afstand getransporteerd kunnen worden naar de wortels toe. Een voorbeeld hiervan is fosfaat, waarbij de benodigde mestgift lager kan zijn bij een hogere wortellengtedichtheid (Van Eekeren et al., 2016). Bij diepere beworteling worden meer nutriënten uit diepere bodemlagen opgenomen, bijvoorbeeld na uitspoeling of als de bovengrond droog is.

Er is een verschil in beworteling van grassoorten. Grassoorten Engels raai-gras, kroop-gras en rietzwenk-gras hebben wat betreft totale biomassa dezelfde hoeveelheid wortels, maar rietzwenk-gras heeft meer wortels op diepte (Deru et al., 2011 in Van Eekeren et al., 2018). Aangezien er dieper in de bodem minder zuurstof is zou dit kunnen betekenen dat deze wortelresten langzamer afbreken



en het organische stofgehalte stijgt. Keuze voor een intensiever of dieper wortelend grassoort hoeft niet direct gemotiveerd te zijn door een hogere bovengrondse productie (welke bij sommige grassoorten gelijk is), maar de ondergrondse productie kan ook een reden zijn voor deze keuze: meer ondergrondse biomassa kan op den duur een hogere organisch stofgehalte leveren en een dikkere bodemlaag met een hoog organisch stofgehalte. Voornamelijk dit laatste is positief voor meer waterberging of nutriëntenbinding, omdat dit dan niet geconcentreerd is in een dunne bovenlaag.

Categorie	Hoofdfactor	Deelfactor (en effect op beworteling)	Maatregel
Bodem (§ 4.1)	Bodemfysisch	Bodemverdichting (-) Diepte zwarte laag (+)	Voorkom verdichting en structuurschade
	Bodemchemisch	P-toestand (- en +) pH (zure grond: -)	Houd fosfaatbemestingstoestand voldoende Houd pH op peil
	Bodembologisch	Regenwormen (+)	Bevorder regenwormen (aantallen, activiteit en soorten)
Ontwatering (§ 4.2)	Ontwatering	Zuurstof arm (-)	Zorg voor een goede ontwatering
Gewas (§ 4.3)	Soorten en rassen	Soorten en rassen	Kies grassoorten en -rassen met een diepe en intensieve beworteling
	Maatregelen bij herinzaai	Zaadbehandeling (+) Zaadichtheid (+?) Gerst meezaaien (+ ?)	Gebruik een snelgroeiend / diepwortelend gewas als dekvrucht bij herinzaai
	Bemesting	Algemeen: (-) N: (-) P: (-/+) K: (0) Humuszuren (+)	Algemeen: N-niveau verlagen Uitstel van N-gift na maaien N-gift toediening onder het maaiveld Toediening humuszuren in de bodem vóór het zaaien
Management (§ 4.4)	Maaien en beweiden	Maaifrequentie (-/+) Maaihogte (-/+) Beweidingsstelsel (omweiden versus standweiden)	Maaier minder frequent Streef naar optimaal bladoppervlakte voor fotosynthese
	Bereggen	Vochtvoorziening (-/+)	Bereggen minder frequent Voorkom droogtestress

Figuur 6.1 Factoren en maatregelen die beworteling beïnvloeden (Van Eekeren et al., 2011; paragraafnummers in de tabel verwijzen naar paragrafen in het rapport van Van Eekeren et al.).

Naast het type gras, zijn er veel andere factoren en maatregelen die de beworteling beïnvloeden. De ontwatering van het perceel speelt hier bijvoorbeeld ook een rol in (zoals gedefinieerd in maatregel 3 (goed maaibeleid kavelsloten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar). Dit is ook aangegeven door agrariërs in het Dwarsdiep gebied). Zie voor andere factoren figuur 6.1.

Met het oog op beheer van grasland is het van belang om te weten dat grasland zelf de belangrijkste bodemverbeteraar is. Door een hoge aanvoer van organische stof uit gewasresten (bovengronds en ondergronds) en een relatief lage afbraak daarvan, bouwt het organische stofgehalte van de bodem op. Blijvend grasland zonder frequente graslandvernieuwing is dan ook de belangrijkste maatregel op een melkveebedrijf om het gehalte aan organische stof van de bodem te verhogen. Onderhoud van grasland en verlaging van de frequentie van graslandvernieuwing zijn de belangrijkste sub-maatregelen (van Eekeren et al. 2016).



5. Bodemstructuur: aandacht voor storende bodemlagen en opheffen bodemverdichting.

Het opheffen van bodemverdichting draagt, net als andere maatregelen met betrekking tot bodemstructuur en beworteling, bij aan een betere bodemstructuur en daarmee ook aan een goede waterkwaliteit. Met name en efficiëntere opname van nutriënten door beworteling en het tegengaan van oppervlakkige afspoeling.

De effecten van bodemverdichting en het doorbreken van deze verdichting op gewasgroei, wordt geïllustreerd in figuur 6.2. Deze foto is genomen op een hooggelegen locatie in het Dwarsdiep gebied, waar een natuurlijk verdichte laag van humus- en ijzerinspoeling op ca. 50 cm diepte voorkomt (lokaal 'fels' genoemd). Op de plekken waar drainagebuizen zijn gelegd, is deze laag doorbroken en is het gras in de zomer van 2018 aanzienlijk groener dan daarnaast. De reden hiervoor is een lossere grond en betere doorworteling (wat is geobserveerd in een boring ter plekke).



Figuur 6.2: Gewas bovenop drainagestroken beter bestand tegen droogte.

7. Nutriënten: efficiëntie (kunst)mestgift verbeteren (kostenreductie, opname-efficiëntie, voorkomen af-en uitspoeling).

Door precisie gift van (kunst)mest ("precisielandbouw") kan worden voorkomen dat er meer mest wordt toegediend dan het gewas kan opnemen en hierdoor neemt de kans op uit- en afspoeling af. Ook kan bij deze maatregel gedacht worden aan oplossingen zoals het gebruik van een water verdunnend bemestingssysteem als alternatief voor het toepassen van mestinjectie, waardoor opname van meststoffen efficiënter is. Het is onduidelijk of dit ook een wettelijk toegestaan alternatief is op zandgronden. Bij efficiënte opname spelen uiteraard de verbreiding en conditie van het wortelstelsel en de mogelijkheden tot infiltratie van water en stoffen in de bodem een grote rol (zoals hierboven besproken).



8. Nutriënten: waterkwaliteit verbeteren door afvangen van nutriënten in kavelsloot (door bijvoorbeeld helofytenfilter) of aanleg bufferstroken waar niet bemest wordt om afspoeling (en uitspoeling) nutriënten te beperken.

Het afvangen van nutriënten is in wezen een noodmaatregel: beter zijn bodem(structuur), bemestingsgift en opname in balans, zodat af- en uitspoeling beperkt is en afvangen niet nodig of effectief is.

Het gebruik van bufferstroken en helofytenfilters kost ruimte, maar kunnen naast het hebben van een waterzuiverende werking ook bijdragen aan natuurwaarde. Helofytenfilters kunnen met name naast een kavelsloot gebruikt worden, en niet erin. De effectiviteit is afhankelijk van vele factoren. Naast inrichting en de beheervorm, zijn ook lokale omstandigheden, zoals de hydrologie, de bodemsamenstelling en het landgebruik van groot belang. Volgens Waterschap Noorderzijlvest bestaat er binnen agrarische collectieven veel belangstelling voor bufferstroken en helofytenfilters (zie ook Rozemeijer et al., 2016). Met name de effectiviteit met betrekking tot stikstofreductie lijkt goed. Door Groenendijk et al. (2019) wordt gesteld dat bufferstroken ook effectief kunnen zijn op fosfaatlekkende gronden met overwegend ondiepe afvoer, waarbij een voorbeeld wordt aangehaald van een hellend perceel met keileem op geringe diepte in Winterswijk. Het Dwarsdiep gebied is wellicht iets minder hellend, maar de aanwezigheid van keileem zorgt voor eenzelfde soort setting.



7 Kosteneffectiviteit

7.1 Inleiding

Inzicht in de kosteneffectiviteit van (bodem-)maatregelen is bepalend voor het draagvlak zowel bij agrariërs als bij de beleidsmakers. Voor deze studie maakten we daarom een schatting van de kosten en het effect per maatregel. Voorafgaand aan de modelstudie, is het draagvlak voor de maatregelen van de groslijst bij de agrariërs en het waterschap gepeild (zie tabel 5.1). Dit hoofdstuk geeft op deze wijze inzicht in de kosteneffectiviteit van de maatregelen van de groslijst.

7.2 Methode

Het bepalen van de kosten per maatregel in absolute zin is een studie op zich en maatwerk per boerenbedrijf of gebied. De maatregelen lopen op meerdere vlakken zeer uiteen bij beschouwing van de kosten. Een maatregel kan een investering betekenen (bijvoorbeeld de aanleg van drainage), maar ook een aanpassing in de bedrijfsvoering. Die bedrijfsvoering verschilt weer van bedrijf tot bedrijf en daarmee ook de inpasbaarheid van een maatregel en de directe kosten ervan.

De modellering in SWAP en WALRUS geeft inzicht in de hydrologische effectiviteit van de gemodelleerde maatregelen. Niet alle maatregelen waren geschikt om te modelleren, waardoor een inschatting van het effect op bijvoorbeeld de waterkwaliteit is gemaakt (paragraaf 6.4). In dit hoofdstuk worden alle maatregelen van de groslijst behandeld en beschouwd, ook die niet zijn gemodelleerd. Voor zover de maatregel niet zijn gemodelleerd zijn aannames gedaan over het veronderstelde effect (bijvoorbeeld op basis van literatuur in paragraaf 6.4). Uiteindelijk is een schatting van de kosten, effect en draagvlak van maatregelen gemaakt op basis van:

- input opgehaald bij de verschillende gebiedsbijeenkomsten;
- keukentafel gesprekken en veldinventarisaties bij agrariërs uit de klankbordgroep;
- beoordeling van maatregelen door waterschap Noorderzijvest;
- hydrologische modelleringen (o.a. gewasopbrengst of waterbalansveranderingen).

Op de eerste gebiedsbijeenkomst is een draagvlakpeiling van de maatregelen van de groslijst gehouden onder de aanwezige agrariërs. De maatregelen werden één voor één voorgelegd en de aanwezigen gaven aan of zij positief, neutraal of negatief tegenover de maatregel staan. Na de peiling is er verder gediscussieerd en zijn enkele maatregelen nader toegelicht door de aanwezigen.

De groslijst is ook getoetst op draagvlak bij het waterschap. Een aantal maatregelen beveelt zij aan, omdat er in beginsel positieve effecten op het watersysteem worden verwacht. Voorwaarde daarbij is uiteraard wel dat een maatregel (of combinatie van) op voldoende grote schaal kan worden toegepast en uitgerold.

Zoals reeds aangegeven zijn deze beoordelingen opgenomen in tabel 5.1.



7.3 Beoordelingscriteria, kader en score-bepaling per maatregel

Elke maatregel van de groslijst is beoordeeld vanuit het oogpunt van de agrariër. Een maatregel kan eenmalig zijn of een voortdurende beheermaatregel. In dit kader betekent een beheermaatregel een wijziging in de agrarische bedrijfsvoering.

Elke maatregel is beoordeeld volgens de beoordelingscriteria kosten, effect en draagvlak:

1. Kosten. Hierbij gaat het om de netto kosten van de maatregel voor het nemen van de (perceels-) maatregel. Een hoge investering in combinatie met een hoge baten, kan netto toch een aantrekkelijke maatregel zijn vanuit kosteneffectiviteit. De waardering van de kosten is een relatieve inschatting aangezien deze ook sterk afhangen van de bedrijfsvoering en omstandigheden van de percelen van de betreffende agrariër;
2. Effect. Hierbij gaat het om een beschouwing van de tijdschaal van het effect van de maatregel, op zowel de korte als lange termijn, in de zin van een betere oogst en voor waterschapsdoelen.
3. Draagvlak. Is er draagvlak voor de maatregel onder grondeigenaren en gebruikers voor de maatregel? Hierbij wordt ook het draagvlak voor de maatregel bij het waterschap meegenomen. Draagvlak bij het waterschap ontstaat als er in zijn algemeenheid positieve effecten zijn te verwachten voor het watersysteem, bijvoorbeeld verbetering van de waterkwaliteit.

De beoordeling voor kosten en effect betreft een inschatting op basis van expert judgement binnen het projectteam. De score op draagvlak komt uit een peiling onder agrariërs en medewerkers van het waterschap, naar aanleiding van gebiedsbijeenkomst 1. De score van agrariërs wordt weergegeven met aantal stemmen in het formaat 'positief/neutral/negatief' (zie tabel 5.1).

Elk criterium bestaat op zijn beurt uit twee subcriteria. Per maatregel is de beoordeling op deze criteria en subcriteria in één tabel weergegeven:

Tabel 7.1: Beoordelingscriteria en subcriteria per maatregel.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>



Tabel 7.2: Beoordelingskader

Kosten		<i>Aanschaf/aanleg</i>	<i>Baten</i>
€ =	beperkt	Hier wordt de investering of de aanpassing in de bedrijfsvoering beschouwd.	Levert de maatregel naar verwachting (financieel) op korte of lange termijn voordeel op?
€€ =	matig		
€€€ =	veel		
Effect		<i>Korte termijn</i>	<i>Lange termijn</i>
0 =	nihil	Uitgangspunt bij korte termijn is een effect op opbrengst binnen 5 jaar.	Onder lange termijn beschouwen we een periode >5 jaar voor het lange termijn effect op de opbrengst.
+ =	meer opbrengst		
++ =	aanzienlijke meer opbrengst		
Draagvlak		<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
- =	weerstand	Beschouwd wordt het draagvlak voor de maatregelen door WSNZV, met het verwachte effect van de maatregel op waterkwaliteit of waterkwantiteit op stroomgebiedschaal. Zie tabel 5.1.	Beschouwd wordt het draagvlak voor de groslijst-maatregelen vanuit de peiling bij agrariërs op de 1 ^{ste} gebiedsbijeenkomst, waarin de maatregelen zijn gepeild op 'positief, neutraal en negatief' Bijv. '7/1/0' geeft aan dat 7 agrariërs positief t.o.v. de maatregel staan, 1 neutraal en geen stond negatief t.o.v. de maatregel.
0 =	nihil		
+ =	enigszins draagvlak		
++ =	veel draagvlak		

7.4 Score per maatregel

1. Bodemstructuur: Op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen.

Deze maatregel is zowel in het SWAP-model als in WALRUS gemodelleerd.

Tabel 7.3: Beoordeling maatregel 1.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>water-kwaliteit</i>	<i>water-kwantiteit</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
€	€	0	+	+	+	aanbevolen	7/1/0

- Kosten: het betreft een beheermaatregel. Er is geen sprake van een investering, maar wel van matig jaarlijkse kosten. Bijvoorbeeld voor de verwerking van gewasresten/maaisel, voor de aanschaf en verwerking van compost of voor lange termijn onderhoud van langjarig grasland. Uit de perceelbemonsteringen blijkt een gemiddeld organische stofgehalten van rond de 5%. Een verhoging naar 6-7% levert beperkt meer opbrengst op.
- Effect: op korte termijn is het effect nihil van deze maatregel, omdat verhogen ervan een traag proces is, rond de 0,1% per jaar. Positieve effecten zijn pas op de zeer lange termijn te verwachten. Het positieve effect van meer opbrengst is dan ook meer een indirect gevolg, bijvoorbeeld als gevolg van een betere begaanbaarheid en minder structuurbederf.
- Draagvlak: agrariërs in het projectgebied zijn zich zeer bewust van het (op peil houden van het) organische stofgehalte in hun percelen. Het draagvlak is groot: 7 van de 8 agrariërs



aanwezig op de eerste gebiedsbijeenkomst, staan positief tegenover de maatregel. Zij geven tevens aan dat er nu al veel aandacht hiervoor is. Ook het waterschap is er draagvlak voor maatregelen om het organische stofgehalte op peil te houden en/of te verhogen.

2. Gewas:

a. diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels.

Deze maatregel is gemodelleerd in SWAP.

Tabel 7.4: Beoordeling maatregel 2a.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€	€€	+	++	++	++	aanbevolen	7/1/0

b. graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland.

Deze maatregel is niet gemodelleerd.

Tabel 7.5: Beoordeling maatregel 2b.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€	€	0	0	++	++	aanbevolen	7/1/0

- Kosten: zowel bij a) als b) gaat het om een eenmalige te nemen maatregel, met beperkte aanschafkosten. Er zijn geen jaarlijkse kosten. Een diepwortelend grasmengsel (a) levert matig meer op dan standaard mengsel van Engels Raaigras. Wel is er ook een verandering van bedrijfsvoering noodzakelijk, doordat sommige diepwortelende grassoorten niet geschikt zijn voor weidegang. Doorzaaien (b) beperkt kosten door minder grondbewerkingen en 'bespaart' in die zin kosten.
- Effect: toepassing van een diepwortelend gewas sorteert snel effect (na ontwikkeling gewas) en heeft meer opbrengst. Op de lange termijn naast aanzienlijk meer opbrengst, ook verbetering van de bodemstructuur. Doorzaaien i.p.v. scheuren heeft op korte termijn geen effect op de opbrengst (nihil); de beperking van de afbraak van organische stof als gevolg van het scheuren, heeft op lange termijn een licht positief effect met meer opbrengst.
- Draagvlak: veel draagvlak bij agrariërs. Eén van de acht agrariërs op de eerste gebiedsbijeenkomst heeft zelf ervaring met de toepassing van een diepwortelend mengsel. Het waterschap staat positief tegenover de maatregel, in combinatie met andere maatregel die de beworteling stimuleren (of afbraak beperken), omdat meer wortels in theorie vooral méér nutriënten opnemen die zodoende niet in het watersysteem terecht kunnen komen.

3. Watersysteem: goed maabeleid kavelsloten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar.

De maatregel is niet gemodelleerd.



Tabel 7.6: Beoordeling maatregel 3.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>water-kwaliteit</i>	<i>water-kwantiteit</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
€€	€	+	+	0	0	aanbevolen	7/1/0

- Kosten: beperkt indien eigen materieel kan worden ingezet. Belangrijk voor de baten van deze maatregel is of dit dé beperkende factor is. Bij het voorkomen van keileem, kan dit het geval zijn.
- Effect: behoudt kwaliteit van wortelpakket in najaar/winter. Dit levert op zowel korte als lange termijn meer opbrengst op.
- Draagvlak: aanbevolen door waterschap en overwegend positief bij agrariërs.

Het uitgangspunt is dat de kavelsloot in beheer is bij de agrariër. Sloten in beheer bij het waterschap worden gemiddeld al 1 maal per jaar geschoond. Hoewel er draagvlak voor is, blijf je water versneld afvoeren in plaats van het op te slaan in de bodem. De maatregel is effectief indien de oorzaak van de slechte ontwatering van het perceel redelijkerwijs niet anders is op te lossen. De maatregel is noodzakelijk bij het voorkomen van keileem, het water kan dan niet wegzakken in de bodem.

4. Waterhuishouding: water vasthouden in de bodem door verhogen organische stofgehalte en/of bijmengen met lutum.

Deze maatregel is zowel in het SWAP-model als in WALRUS gemodelleerd.

Tabel 7.7: Beoordeling maatregel 4.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>water-kwaliteit</i>	<i>water-kwantiteit</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
€€€	€	+	+	++	++	aanbevolen	7/1/0

- Kosten: kosten voor perceelverbetering zijn in beginsel hoog
- Effect: positief effect slechts in beperkt deel van projectgebied, waar grondwaterstanden niet ver wegzakken
- Draagvlak: vooral het verhogen van organische stof heeft draagvlak

Maatregel kan effectief zijn bij dunne bouwvoor en schrale zandgrond, met een beperkte hoeveelheid organische stof. Deze bodems lijken echter niet veel voor te komen in het gebied. Het eenmalig aanbrengen van lutum is kostbaar. Het toevoegen van lutum en verhogen van organische stof is gericht op een verbetering van de bodemstructuur en vruchtbaarheid en het vasthouden van water. De aanname is dat het verhogen van organische stof in percelen met een laag gehalte organische stof, zeer effectief is. Dit effect is echter in deze studie niet aangetoond, mogelijk door de beperkte representativiteit van de implementatie van deze maatregel in SWAP (zie bijlage 2).

5. Bodemstructuur: aandacht voor storende bodemlagen en opheffen bodemverdichting.

De maatregel is niet gemodelleerd.



Tabel 7.8: Beoordeling maatregel 5.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€	€€€	++	++	++	++	aanbevolen	6/2/1

- Kosten: het vestigen van aandacht is niet kostbaar, het opheffen van storende lagen kan wel kostbaar zijn en vooral bewerkelijk/verstrend van het huidige perceel
- Effect: het voorkomen van storende lagen is positief voor beworteling, ontwatering en bodemstructuur
- Draagvlak: redelijk. Probleem/gevolgen worden mogelijk onderschat.

Storende lagen hebben direct invloed hebben op het wortelstelsel en kennen meerdere oorzaken. In het hooggelegen noordwestelijk deel van het Dwarsdiep zijn verharde storende lagen als gevolg van humusinspoeling aangetroffen. Het bewerken met zware machines of onder slechte omstandigheden versterkt de gevolgen van verdichting.

Deze verdichte lagen lijken een groot effect te hebben, getuige een observatie tijdens een veldbezoek in augustus 2018 waarbij de groenste delen (stroken) gras werden aangetroffen recht boven buisdrainage, Op de plekken waar drainagebuizen zijn gelegd, is de verdichte laag doorbroken en is het gras in de zomer van 2018 aanzienlijk groener dan daarnaast. De reden hiervoor is een lossere grond en betere doorworteling (wat is geobserveerd in een boring ter plekke. Zie figuur 6.2).

Verspreid in het projectgebied komen ook keilemlagen voor in de bodem. Het opheffen van de storende laag komt het wortelstelsel ten goede. Aandacht voor storende lagen in het projectgebied is daarom effectief.

6. Waterhuishouding: aanleg regelbare/peil gestuurde drainage: water vasthouden indien mogelijk; water afvoeren indien noodzakelijk.

De maatregel is niet gemodelleerd.

Tabel 7.9: Beoordeling maatregel 6.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€€€	€	0	0	+	+	aanbevolen	5/1/2

- Kosten: eenmalige kosten hoog door aanzienlijke investering. Tevens onderhoud van systeem en elektrakosten.
- Effect: in hogere deel van stroomgebied beperkt
- Draagvlak: met name in poldergebieden van het stroomgebied en niet op de hoger gelegen flanken van het stroomgebied

Peilgestuurde drainage heeft meer draagvlak dan water vasthouden met stuwtjes, maar het komt op hetzelfde neer, al kan het effectiever werken omdat water onder het perceel wordt vastgehouden. . Drainage wordt in projectgebied toegepast bovenop of in keilemlagen om de ontwatering in het



najaar te verbeteren. In de zomer zakt het grondwater te diep uit om met peilgestuurde drainage een effectieve bijdrage te leveren.

7. Nutriënten: efficiëntie (kunst)mestgift verbeteren (kostenreductie, opname-efficiëntie, voorkomen af-en uitspoeling).

De maatregel is niet gemodelleerd.

Tabel 7.10: Beoordeling maatregel 7.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€€€	€	0	+	+	0	geen mening	4/4/0

- Kosten: efficiënte gift kan bijvoorbeeld door “precisielandbouw”. Aanschaf van systemen hiervoor (machines, software, analyses) of het structureel inhuren van een loonwerker is duur. Ook kan bij deze maatregel gedacht worden aan oplossingen zoals het gebruik van een water verdunnend bemestingssysteem als alternatief voor het toepassen van mestinjectie, waardoor opname van meststoffen efficiënter is. Ook hiervoor dient een aanschaf gedaan te worden en wellicht een verandering in bedrijfsvoering doorgevoerd te worden.
- Effect: op lange termijn positief. Opbrengst neemt wellicht niet veel toe, maar kostenreductie kan gerealiseerd worden.
- Draagvlak: verdeeld onder de agrariërs, het waterschap heeft geen mening in dezen. Bij efficiënte opname spelen uiteraard de verbreiding en conditie van het wortelstelsel en de mogelijkheden tot infiltratie van water en stoffen in de bodem een grote rol (zoals hierboven besproken).

8. Nutriënten:

- Waterkwaliteit verbeteren door afvangen van nutriënten in kavelsloot (door bijvoorbeeld helofytenfilter), en;**
- Aanleg bufferstroken waar niet bemest wordt om afspoeling (en uitspoeling) van nutriënten te beperken.**

De maatregel is niet gemodelleerd.

Tabel 7.11: Beoordeling maatregel 8a en 8b.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		agrarisch		WSNZV			
aanschaf / aanleg	baten	korte termijn	lange termijn	water-kwaliteit	water-kwantiteit	WSNZV	agrarisch
€€€	€	-	-	+	0	geen mening	3/2/2

- Kosten: eenmalige kosten hoog door aanzienlijke investering bij aanleg. Er is een negatief effect op de opbrengst doordat er ruimte ingeleverd dient te worden voor de aanleg. De baten zijn dus minimaal (daarom aangegeven met de laagste baten (€)). Mogelijk is dit te compenseren met een subsidie.



- Effect: de effectiviteit is afhankelijk van vele factoren en (met name v.w.b. fosfaat) onzeker; zie ook hoofdstuk . Naast inrichting en de beheervorm, zijn ook lokale omstandigheden, zoals de hydrologie, de bodemsamenstelling en het landgebruik van groot belang.
- Draagvlak: verdeeld. Volgens Waterschap Noorderzijlvest bestaat er binnen agrarische collectieven veel belangstelling voor bufferstroken en helofytenfilters. Helofytenfilters zijn met name mogelijk in poldergebieden van het stroomgebied omdat hier de kavelsloten watervoerend zijn.

9. Watersysteem: water vasthouden in kavelsloten door stuwen plaatsen, duikers en/of slootbodemp verhoging

De maatregel is gemodelleerd in SWAP.

Tabel 7.12: Beoordeling maatregel 9.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>water-kwaliteit</i>	<i>water-kwantiteit</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
€€€	+	0	+	++	++	aanbevolen	3/2/3

- Kosten: hoge investeringskosten, want noodzakelijk om op veel locatie uit te voeren en te onderhouden.
- Effect: het effect is beperkt omdat water op de hoge delen van het gebied onvoldoende in de bodem blijft en de interactie vanuit de sloot naar de bodem toe te beperkt is (op basis van de SWAP modelering).
- Draagvlak: verdeeld onder de agrariërs, mogelijk afhankelijk van de ligging van percelen. Het waterschap is positief over deze maatregel.

Het effect is beperkt omdat water op de hoge delen van het gebied onvoldoende in de bodem blijft en de interactie vanuit de sloot naar de bodem toe te beperkt. Bovendien is de grondwaterstand in een groot deel van het gebied en in een groot deel van het jaar lager dan de slootbodemp. Hierdoor kan er geen water vastgehouden door de stuw of verhoogde slootbodemp. Uit de SWAP modelering blijkt ook en zeer beperkt effect. Op lage delen (polders) is er wel een effect, maar alleen als het slootpeil in droge tijden gehandhaafd kan worden. In polders zijn de voorzieningen reeds aanwezig, maar met name gericht op afvoer in natte tijden. Het plaatsen van stuwen is kostbaar door de omvang waarmee dit dient te gebeuren om een substantiële bijdrage te leveren aan waterbeschikbaarheid op zowel perceels- als stroomgebiedsniveau.

10. Waterhuishouding: opslag van hemelwater in bassin, vijver en/of plas t.b.v. beregening

De maatregel is niet gemodelleerd.

Tabel 7.13: Beoordeling maatregel 10.

Kosten		Effect		Effect		Draagvlak	
		<i>agrarisch</i>		<i>WSNZV</i>			
<i>aanschaf / aanleg</i>	<i>baten</i>	<i>korte termijn</i>	<i>lange termijn</i>	<i>water-kwaliteit</i>	<i>water-kwantiteit</i>	<i>WSNZV</i>	<i>agrarisch</i>
€€€	€	0	0	0	0	geen mening	2/1/5



- Kosten: hoge investeringskosten
- Effect: het waterniveau van een bassin zal met grondwater meezakken
- Draagvlak: nihil

De maatregel heeft weinig tot geen draagvlak. De aanleg kosten zijn hoog door hoge aanschafkosten van beregeningsinstallaties en het effect beperkt (poelen zijn niet groot genoeg om een substantiële hoeveelheid water uit te onttrekken) . De maatregel wordt niet kosteneffectief geacht.

7.5 Kosteneffectiviteit maatregelpakket

De scores op kosten, effect en draagvlak geven vooral aan in hoeverre een maatregel vanuit het oogpunt van de agrariër gunstig kan zijn. Dat belang kan financieel zijn, maar is dat niet uitsluitend. Een andere bedrijfsvoering kan bijvoorbeeld ook gunstig zijn. De bepaling of een maatregel daarom kosteneffectief is vanuit een bepaalde invalshoek, kan dus niet worden beantwoord met een eenduidig ja of nee.

De groslijst met maatregelen (tabel 5.1) is ontleend aan de BOOT-lijst vanuit het Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer. Het zijn dan ook allemaal maatregelen waarbij in zijn algemeenheid al een positief effect voor het watersysteem vanuit gaat, maar niet overal hoeft dit het geval te zijn. Een aantal maatregelen wordt specifiek interessant geacht voor het beheergebied van Noorderzijlvest of het Dwarsdiep in het bijzonder. Dit zijn de maatregelen die, al dan niet in combinatie met elkaar, vanuit het waterschap worden aanbevolen. Het waterschap beveelt maatregelen (en/of combinatie van) aan, die het wortelstelsel in stand houden (maatregel 1+2+3+6), die het verhogen/behouden van organische stof in de bodem bevorderen (maatregel 1+4) en water vasthouden in kavelsloten (9).

Met de kennis vanuit de modellering in SWAP zien we verbetering van de opbrengst bij diepere beworteling van het gewas. Het verhogen van het organische stofgehalte van de bodem laat geen significante verbetering van de opbrengst zien. Ook laat het verhogen van het gehalte organische stof in de bodem in de modellering op stroomgebiedsschaal met WALRUS, geen directe positieve effecten zien, die bijdragen aan de doelen op het gebied van de Kaderrichtlijn Water. Indirect biedt de verhoging van het gehalte organische stof wel voordelen, zoals een verbetering van het waterbergend vermogen van de bodem en daarmee zelfvoorzienendheid van het watersysteem. Ook is er veel draagvlak en aandacht bij agrariërs om het organische stofgehalte te verhogen.

Het meest kostenefficiënt is een maatregelpakket met maatregelen die elkaar versterkt. Dit lijkt het geval bij de teelt van diepwortelende gewassen: hiermee wordt een hogere agrarische opbrengst verwacht en gelijktijdig en op lange termijn organische stof opgebouwd in de laag onder de bouwvoor, dus op die dieptes die met reguliere beworteling niet wordt bereikt. In de bemonsterde percelen is het organische stofgehalte van de bovengrond voldoende hoog, ca. 5%. Juist in de bodemlaag daaronder is nog winst te behalen.

Samengevat komt de maatregel uit de groslijst waarvan de investering of aanpassing van de bedrijfsvoering opweegt tegen de baten ervan en daarmee kosteneffectief zijn uit op maatregelen die het wortelpakket en de bodemstructuur verbeteren. Het is sterk afhankelijk van de specifieke perceelsomstandigheden en de bedrijfsvoering, om te bepalen welke maatregel dit exact moet zijn.



Op de volgende pagina wordt een totaal overzicht weergegeven van de kosteneffectiviteit van de besproken maatregelen. Maatregelen worden kosteneffectief geacht wanneer een maatregel een redelijke verhouding heeft in de mate van doelbereik tot de mate van de kosten. Het is daarmee een relatief begrip waarmee het mogelijk wordt om verschillende maatregelen onderling te vergelijken. In onderstaande tabel wordt dat eenvoudig mogelijk. In de tabel is tevens een conclusie gegeven: op basis van kosteneffectiviteit kunnen maatregelen aanbevolen of niet aanbevolen worden, maar ook kan het zijn dat aanvullend onderzoek nodig is in verband met verdeeldheid in het draagvlak (bijvoorbeeld maatregel 9), mogelijk samenhangend met gebied specifieke effectiviteit van maatregelen (ook maatregel 9), doorbeperkte (mogelijkheid tot) kwantificering in dit onderzoek (bijvoorbeeld maatregel 1 en 4).

Tabel 7.14 (volgende pagina): Samenvatting en conclusie kosteneffectiviteit maatregelen.

Overzicht kosteneffectiviteit van meest potentiële maatregelen

Thema	Maatregel	Kosten		Effect				Draagvlak		Conclusie
		aanschaf / aanleg	baten	Agrarisch		WSNZV		WSNZV	agrarisch	
				korte termijn	lange termijn	waterkwaliteit	waterkwantiteit			
Bodemstructuur	1. Op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen	€	€	0	+	+	+	aanbevolen	7/1/0	nader onderzoeken
Bodemstructuur	5. Aandacht voor storende bodemlagen en opheffen bodemverdichting	€	€€€	++	++	++	++	aanbevolen	6/2/1	aanbevolen
Gewas	2a. Diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels	€	€€	+	++	++	++	aanbevolen	7/1/0	aanbevolen
	W1 - diepwortelende gewassen	€	€€€	++	++	++	+			
	W2 - minder frequent maaien	€	€€€	+	++	++	+			
	W3 - minder kort maaien	€	€€	+	++	++	+			
	combinatie W1 / W2 / W3	€	€€€	++	++	++	+			
Gewas	2b. Graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland	€	€	0	0	++	++	aanbevolen	7/1/0	aanbevolen
Watersysteem	3. Goed maai-beleid kavelsloten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar	€€	€	+	+	0	0	aanbevolen	7/1/0	aanbevolen
Waterhuishouding	4. Water vasthouden in de bodem door verhogen organische stofgehalte en/of bijmengen met lutum	€€€	€	+	+	++	++	aanbevolen	7/1/0	nader onderzoeken
Watersysteem	9. Water vasthouden in kavelsloten door stuwen plaatsen, duikers en/of slootbodemp verhoging	€€€	0	0	0	++	++	aanbevolen	3/2/3	nader onderzoeken
Waterhuishouding	6. Aanleg regelbare / peil gestuurde drainage: Water vasthouden indien mogelijk; water afvoeren indien noodzakelijk	€€€	€	0	0	+	+	aanbevolen	5/1/2	niet aanbevolen
Waterhuishouding	10. Opslag van hemelwater in bassin, vijver en/of plas t.b.v. beregening	€€€	€	0	0	0	0	geen mening	2/1/5	niet aanbevolen
Nutriënten	7. Efficiëntie (kunst)mestgift verbeteren (kostenreductie, opname-efficiëntie, voorkomen af-en uitspoeling)	€€€	€	0	+	+	0	geen mening	4/4/0	niet aanbevolen
Nutriënten	8a. Waterkwaliteit verbeteren door afvangen van nutriënten in kavelsloot (door bijvoorbeeld helofytenfilter)	€€€	€	-	-	+	0	geen mening	3/2/2	niet aanbevolen
Nutriënten	8b. Aanleg bufferstroken waar niet bemest wordt om afspoeling (en uitspoeling) van nutriënten te beperken	€€€	€	-	-	+	0	geen mening	3/2/2	niet aanbevolen

LEGENDA:

Kosten

€ = weinig kosten
 €€ = gematigde kosten
 €€€ = veel kosten

Baten

€ = weinig opbrengst
 €€ = gematigde opbrengst
 €€€ = veel opbrengst

Effect

0 = neutraal
 - = effect nihil
 + = gering positief effect
 ++ = meeste effect

Afwegingen / uitgangspunten:

Uitgangspunt is Basismodel 1
 Bodemverdichting verminderen
 Vermindert kunstmest gebruik
 Verbeterde waterkwaliteit
 Minder noodzaak tot doorzaaien
 Minder snel graslandvernieuwing noodzakelijk

Kosten bepalende aspecten ten opzichte van standaard:

aanschaf diepwortelende gewassen
 aanbrengen bemesting (werkgangen)
 maai-beurten
 opbrengst (voedingswaarde)
 aanleg voorziening

 aanbevolen

 niet aanbevolen

 nader onderzoeken





8 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk kijken we terug op de oorspronkelijke doelen van het TOPSOIL-project, zoals geformuleerd in hoofdstuk 3. Op basis van modelstudie in SWAP en WALRUS, het literatuuronderzoek met betrekking tot waterkwaliteit en de afwegingen met betrekking tot de kosteneffectiviteit worden de belangrijkste conclusies uiteengezet.

8.1 Onderzoekdoelen

Bewustwording bij stakeholders over de opgaven nu en in de toekomst en de wederzijdse afhankelijkheid (perceel versus watersysteem) binnen het stroomgebied van het Dwarsdiep.

Het gebiedsproces heeft de bewustwording bij stakeholders vergroot. Dit blijkt uit de gebiedsbijeenkomsten en gesprekken met de agrariërs in de klankbordgroep. Uiteraard hebben ook de meer dan gemiddeld droge zomers van 2018 en 2019 hieraan bijgedragen.

Vergroting van de doelmatigheid, het draagvlak en inzicht in de kostenefficiëntie van specifieke maatregelen.

De modelstudie in SWAP toont aan dat de gewasopbrengst kan stijgen in een veranderend klimaat, door verbeterde groeiomstandigheden als het wortelstelsel van het gewas effectiever wordt (diepere en dichtere beworteling).

Een duurzaam gebruik door gebruikers van de bodem ten behoeve van het waterbeheer en de landbouwfunctie.

De rol van de bodem in deze studie nadrukkelijk beschouwd voor de landbouwfunctie en het watersysteem. Met drie gebiedsbijeenkomsten is de rol van de bodem in de schijnwerpers gezet. Voor klimaatadaptatie ten aanzien van de landbouw is een verbetering van de opbrengst te zien in een veranderend klimaat door andere keuzes te maken voor gewassen. Voor de KRW is een substantiële (kwantitatieve) verbetering in deze studie niet aantoonbaar door de gekozen aanpak van hydrologische modeleringen i.c.m. literatuuronderzoek met betrekking tot waterkwaliteit.

Een onderbouwde, significante bijdrage aan de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater op termijn.

De groslijst met maatregelen dragen bijna allemaal bij aan verbetering van de waterkwaliteit. De mate waarin is in deze studie niet kwantitatief onderzocht. Vanuit het literatuuronderzoek komt naar voren dat de inzet op een grote ondergrondse biomassa (dicht en diep wortelstelsel) bijdraagt aan organische stof opbouw en bodemstructuur verbetering en daarmee op termijn ook aan verminderde verliezen van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater. Tevens blijkt dat de aanleg van bufferstroken in gebieden met keileemlagen zinvol kan zijn tegen afspoeling van nutriënten naar het watersysteem.

Het ontwikkelen van een maatregelpakket ter verbetering van de waterhuishouding van de bodem in het Dwarsdiepgebied, zowel t.b.v. kwantiteit als kwaliteit.

Vanuit de modelstudie komt naar voren dat met het oog op klimaatverandering, het wortelpakket zoveel en zo goed mogelijk in stand dient te worden gehouden. Per locatie kan een andere factor beperkend zijn voor de beworteling, maar in het stroomgebied van het Dwarsdiep komen onder meer gewaskeuze, verdichting en keileem (beperkte ontwatering) naar voren als beperkende factor. Met een diepwortelend gewas, het tegengaan van verdichting en het opheffen van de storende werking van keileem wordt de beperking tegengegaan. Deze maatregelen verhogen de opbrengst.



Dit bevordert nutriëntenopname van het gewas en minder uitspoeling naar het watersysteem. Dit is goed voor de waterkwaliteit.

Vergroting van kennis over hydrologische eigenschappen van ondergrond en kwantificering van bandbreedte afvoer, en daarmee samenhangend het handelingsperspectief voor het waterschap (bv inlaten en onderhoud van watergang). De doelstelling is tevens om dit handelingsperspectief zoveel mogelijk van toepassing te laten zijn in andere stroomgebieden.

De veldinventarisaties vergroten de kennis van de ondergrond en de modelstudies in SWAP en WALRUS vergroten de kennis van processen in deze ondergrond. De ondergrond komt op meerdere plekken voor in het beheergebied van het waterschap en bij andere waterschappen, zoals in de Achterhoek en Twente. Zowel in 2018 als in 2019 is droogte daar een belangrijk thema geweest.

Het delen van deze voorgestelde aanpak met en het presenteren ervan als waardevolle methodiek bij onze partners binnen het INTERREG project TOPSOIL.

De aanpak van de modelstudie in TOPSOIL-Dwarsdiep is uiteengezet in twee (Engelstalige) deliverables. De aanpak is gedeeld op een kennisdag met Waterschap Hunze en Aa's, die trekker zijn van de Nederlandse pilot binnen het TOPSOIL programma.

8.2 Advies

Het veranderend klimaat zorgt voor uitdagingen, maar biedt gelijk kansen. Deze studie toont aan dat door de temperatuurstijging en langere duur van het groeiseizoen, theoretisch meer opbrengst van het een agrarisch perceel mogelijk is als gevolg van meer verdamping door gewas. Om de beschikbaarheid van water minder of niet beperkend te laten zijn, heeft het gewas het meeste baat bij een optimaal wortelstelsel. Dit draagt bij aan de zelfvoorzienendheid van het watersysteem.

Op basis van dit onderzoek adviseren wij in te zetten op de maatregelen van de thema's Bodemstructuur, Gewas en Watersysteem. Deze hebben allen een groot draagvlak onder de agrariërs en worden door het waterschap aanbevolen. Met name aandacht voor graslandbeheer (toepassen van diepwortelende gewassen, minder frequent en minder kort maaien) is van belang om het gewas droogtebestendig te houden, de opbrengst te optimaliseren en indirect voordelen voor de bodemstructuur en efficiëntie van opname van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

Waterschap Noorderzijlvest kan hierin bijdragen door voorlichting, betrokkenheid en door de hydrologische omstandigheden voor gewasontwikkeling te optimaliseren: goed maaibeheer in het najaar (met name op gebieden met keileem) en goed en peilbeheer in het voorjaar (met name in de polders). Zodoende kunnen agrariërs in het vroege voorjaar al de percelen op voor bemesten en maaien, zodat de gewaswortels goed ontwikkeld worden en droogtebestendigheid toeneemt. Tevens kan een vroege eerste snede bijdragen aan een goede opbrengst vroeg in het jaar (als weersomstandigheden nog goed zijn, niet te droog), zodat men niet later in het jaar in de problemen komt of droogtestress gaat compenseren met extra mestgift. Het toestaan van de aanleg van drainage kan hier ook bij helpen. Tevens kan dit een gunstig effect hebben op het tegengaan van bodemverdichting.

Een afname van de basisafvoer van het Dwarsdiep door toenemende verdamping als gevolg van maatregelen, kan mogelijk worden gecompenseerd door extra berging in het beekdal, zoals waterberging in de Marumerlage, en extra ruimte of vertraagde afvoer die wordt gecreëerd bij de geplande herinrichting van het Dwarsdiep (in het kader van de KRW), voor natuurontwikkeling (NNN) en voor waterbergingsgebieden (DV2050) ter plaatse van de Marumerlage en het gebied ten oosten van de Balktilsterstuw.



Het wordt aangeraden om na te gaan of de positieve effecten van maatregelen met betrekking tot bodemstructuur en gewas(wortel)ontwikkeling op de droogtebestendigheid, opbrengst en waterkwaliteit opwegen tegen neveneffecten op stroomgebiedsschaal en of deze neveneffecten daadwerkelijk kunnen worden gecompenseerd binnen of nabij de waterloop.

8.3 Vervolg

Binnen deze studie zijn uitsluitend graslandpercelen en grasgewas beschouwd. Omdat het overgrote deel van de agrariërs melkveehouder is, zijn er ook veel percelen met mais in het projectgebied te verwachten, namelijk zo'n ca. 20%. Europese regelgeving schrijft immers voor dat van de percelen die in gebruik zijn door melkveehouders, 80% in gebruik moet zijn als grasland. Als vervolg op deze studie, verdient het aanbeveling om ook het gebruik van maispercelen te beschouwen in het kader van klimaatverandering en klimaatadaptatie.

Het is aanbevelenswaardig om met een geschikte agrariër in het Dwarsdiep-gebied een pilot op te zetten waar de combinatie van thema's en maatregelen vanuit het bovenstaande advies een invulling kan krijgen. Door deze pilot aandachtig te volgen en diverse zaken te monitoren en vast te leggen kan meer bevestiging verkregen worden in hetgeen in dit afgeronde onderzoek in een min of meer theoretische benadering is geconcludeerd.





9 Kennisoverdracht

Communicatie en kennisoverdracht is een wezenlijk deel van deze studie. De belangrijkste wijzen waarop dit is gedaan zijn beschreven in hoofdstuk 5.1; het gebiedsproces bestaande uit keukentafelgesprekken, veldinventarisaties en gebiedsbijeenkomsten. Tijdens deze contactmomenten is zowel informatie verzameld ter input voor de (model)studie, als informatie gedeeld door het presenteren van onderzoeksresultaten tijdens plenaire bijeenkomsten en middels besprekingen en demonstraties (boringen en profielkuilen) tijdens veldbezoeken.

Naast deze kennisoverdracht gedurende de looptijd van het project is een communicatiemiddel richting agrariërs gewenst, waarmee men na afloop van het project zelf de effecten van maatregelen inzichtelijk kan maken. Omdat voor agrariërs de perceelschaal het meest relevant is, is een tool op basis van SWAP daarom een logisch middel. De Waterwijzer Landbouw is een dergelijke tool; deze tool heeft veel raakvlak met de SWAP modelstudie en vormt hier zelfs een aanvulling op.

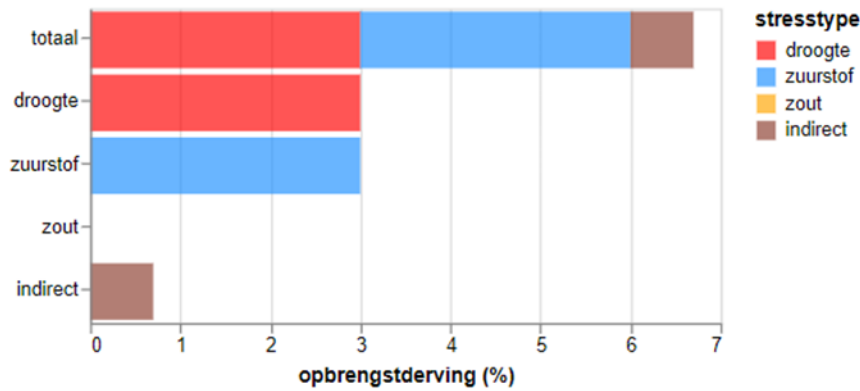
Hieronder volgt een omschrijving van de Waterwijzer Landbouw (Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018)). In bijlage 5 is tevens een korte gebruiksinstructie opgenomen, welke gedeeld is met de gebiedsbewoners. Op de laatste gebiedsbijeenkomst is het gebruik van de tool ook getoond om de kennisoverdracht te optimaliseren.

9.1 Waterwijzer Landbouw

De Waterwijzer Landbouw (WWL) is een instrument voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities op gewasopbrengsten. Deze veranderingen kunnen worden veroorzaakt door waterbeheer, herinrichtingsprojecten, (drink)waterwinningen, maar ook door het klimaat. Gewassen en de agrarische bedrijfsvoering stellen specifieke eisen aan de waterhuishouding. Met Waterwijzer Landbouw krijgen waterbeheerders, maar ook agrariërs een inschatting van het effect van waterhuishoudkundige maatregelen op landbouwkundige opbrengsten, in termen van droogteschade, natschade en zoutschade, gebaseerd op de huidige kennis en modellen.

De WWL geeft een reproduceerbare inschatting van het effect, in termen van indirecte en directe effecten waarbij de directe effecten verder zijn uitgesplitst naar aandeel in droogte-, zuurstof- en/of zoutstress. Van de WWL bestaan twee varianten; de WWL-tabel (vereenvoudigd instrument, webtool geschikt voor niet-specialisten) en de gekoppelde modellen die maatwerkberekeningen mogelijk maken (met name SWAP).

De WWL is afgeleid van het detailmodel SWAP (zogenaamd metamodel), waarmee ook de effectenstudie van maatregelen voor de huidige studie TOPSOIL-Dwarsdiep zijn uitgevoerd. De tool sluit dus zeer goed aan bij de uitgevoerde studie. Dezelfde inputgegevens (BOFEK bodemeenheden en KNMI gegevens van weerstation Eelde) kunnen worden gebruikt in zowel het detailmodel als in de webtool van WWL om de opbrengstderving te voorspellen als functie van gewastype, klimaat, weer, bodem, en hydrologische omstandigheden. Output bestaat uit een overzichtelijke grafiek met opbrengstdervingen in percentage, gesplitst naar droogte, zuurstof (nat) en indirecte (door beperking in weidegang, bereikbaarheid, verkorting groeiseizoen) schades. Zie voor een voorbeeld figuur 9.1.



Gewas	gras (maaieren)
Klimaat	Huidig
Weerstation	Eelde (280)
Bodem	(308) Zwak lemige zandgronden met een kleidek en keileem in de ondergrond
GHG	50 cm-mv
GLG	200 cm-mv
Zoutconcentratie	n.v.t.

Figuur 9.1: Voorbeeld output Waterwijzer Landbouw.

9.2 Gebruiksaanwijzing Waterwijzer Landbouw

Zelf kennismaken met de Waterwijzer Landbouw tool en zien hoe opbrengstderving afhangt van verschillende omgevingsfactoren kan via de interactieve online versie op:

<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/tool.html>

Hieronder worden de kenmerken besproken die kunnen worden ingevuld in Waterwijzer Landbouw en welke input gebruikt dient te worden om de webtool gebiedsspecifiek voor het Dwarsdiep te maken:

Gewas: keuze uit vele gewassen en meerdere een vijftal varianten voor graslandmanagement, variërende van alleen maaieren tot alleen beweiding. Hiermee kunnen dus verschillende strategieën voor graslandbeheer, zoals ook in het Dwarsdiep gebied gehanteerd worden, gesimuleerd en onderling vergeleken worden.

Klimaat: zowel het huidige als een toekomstig klimaat (volgens KNMI, <http://www.klimaatscenario.nl/>) kunnen worden gesimuleerd. Hiermee kan het effect van klimaatverandering (volgens scenario Wh 2050, zoals ook gebruikt in dit onderzoek) worden bekeken op de opbrengstderving (door bijvoorbeeld droogtestress) en kan worden bekeken of bepaalde aanpassingen (bijvoorbeeld in het graslandbeheer) effect hebben.

Weerstation: er kan uit 5 weerstations gekozen worden, waaronder KNMI station Eelde, waardoor weersgegevens van nabij het Dwarsdiep gebied geselecteerd kunnen worden. Het KNMI station Eelde is in dit onderzoek ook gebruikt.



Bodem: Hier kunnen vele verschillende bodemsoorten gekozen worden, op basis van de BOFEK2012 (Wösten et al., 2012). In het Dwarsdiep gebied varieert het bodemtype. Voor een groot deel (basismodel 1, SWAP) kan uitgegaan worden van een zwak-lemige podzol gronden (BOFEK 304) of zwak lemige zandgronden met leem in de ondergrond (306). Voor de lager geleden delen (basismodel 2, SWAP) kan worden uitgegaan van zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond (205).

Grondwater: de grondwaterdynamiek kan worden ingevuld aan de hand van de GHG en de GLG. In het lage deel van het Dwarsdiep gebied (polders) zal de dynamiek beperkt zijn (GHG omstreeks 50 cm en GLG omstreeks 120 cm). In het hoge deel is juist veel dynamiek te verwachten, onder anderen door storende lagen zoals keileem (GHG omstreeks 50 cm, GLG omstreeks 250 cm).

De WWL houden we alleen rekening met hydrologische effecten in de zin van droogte, zuurstofstress en zoutschade. Hierbij houden we dus geen rekening met de beschikbaarheid van nutriënten terwijl dit in de landbouw-praktijk natuurlijk veel invloed heeft.





10 Referenties

- Brauer, C.C., A.J. Teuling, P.J.J.F. Torfs en R. Uijlenhoet, 2014. The Wageningen Lowland Runoff Simulator (WALRUS): a lumped rainfall-runoff model for catchments with shallow groundwater. *Geoscientific Model Development*, 7, 2213-2332.
- Brauer, C.C., A.J. Teuling, P.J.J.F. Torfs en R. Uijlenhoet, 2015. The Wageningen Lowland Runoff Simulator WALRUS 1.10, User Manual.
- Bol, D.C.C, 2016. WALRUS hydrologische analyse van het Dwarsdiep, Groningen.
- BOOT lijst maatregelen agrarisch waterbeheer, 7 juni 2017. Beschikbaar via <http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>, geraadpleegd 9-10-2019.
- Van Dam, J.C., P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks en J.G. Kroes, 2008. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. *Vadose Zone Journal*, 7, 640-653. Beschikbaar via: <http://doi.org/10.2136/vzj2007.0060>
- Van Eekeren, N., J. Deru, H. de Boer en B Philipsen, 2011. Terug naar de graswortel - een betere nutriëntenbenutting door een intensievere en diepere beworteling. Driebergen, Louis Bolk Instituut, rapport LbD 2011-023. Beschikbaar via: <http://www.louisbolk.org/downloads/2502.pdf>. (geraadpleegd 30-09-2019).
- Van Eekeren, N., G. Iepema, B. Domhof, 2016. Goud van Oud Grasland. Driebergen, Louis Bolk Instituut, rapport 2016-011 LbD. Beschikbaar via: <http://www.louisbolk.org/downloads/3115.pdf> (geraadpleegd 7-10-2019).
- Van Eekeren, N., J. Deru, N. Hoekstra en J. de Wit, 2018. Carbon Valley, organische stofmanagement op melkveebedrijven: ruwvoerproductie, waterregulatie, klimaat en biodiversiteit. Bunnik, Louis Bolk Instituut, rapport 2018-002 LbD. Beschikbaar via: <http://www.louisbolk.org/downloads/3319.pdf> (geraadpleegd 30-09-2019).
- Groenendijk, P., L. van Gerven, E. van Boekel, 2019. Maatregelen in het landelijk gebied ter vermindering van nutriëntengehalten in het oppervlaktewater - Achtergrondinformatie over maatregelen ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit. , Wageningen, Wageningen Environmental Research.
- Kroes, J.G., J.G. Wesseling en J.C. Van Dam, 2000. Integrated modelling of the soil-water-atmosphere-plant system using the model SWAP 2.0 an overview of theory and an application. *Hydrological Processes*, 14, 1993-2002.
- Rozemeijer, J., G.J. Noij, E. van Boekel en V. Linderhof, 2016. Expertbeoordeling van landbouwmaatregelen voor oppervlaktewaterkwaliteit. H2O-Online. Beschikbaar via: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/expertbeoordeling-van-landbouwmaatregelen-voor-oppervlaktewaterkwaliteit> (geraadpleegd 7-10-2019).
- Terwisscha van Scheltinga Water en Hunzebreed, 2016 (eindconcept). Mogelijkheden voor waterconservering Dwarsdiep.



Wösten, H., F. de Vries, T. Hoogland, H. Massop, A. Veldhuizen, H. Vroon, J. Wesseling, J. Heijkers en A. Bolman. 2012. BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2387.

Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018). Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. STOWA, Amersfoort, rapport 2018-48.



11 Bijlagen

1. Rapportage veldinventarisaties
2. Rapportage SWAP modelering
3. Rapportage WALRUS modelering
4. Fotorapportage 2016-2019
5. Gebruiksaanwijzing Waterwijzer Landbouw





Bijlage 1

Rapportage veldinventarisaties



Rapportage Bodeminventarisatie

Datum onderzoek: 24 augustus 2017
Locatie: Percelen De Vries
Perceel: A

Er zijn 3 boringen geplaatst en 1 profielkuil gegraven. De boringen zijn beschreven in het veld (zie boorprofielen). Grofweg bestaat de bodem uit een zandige, humeuze bovenlaag (30-40 cm) met daaronder een compacte bruinrode laag van ca. 30 cm dikte. Hieronder komt een leemlaag voor, welke in diepte en dikte varieert, afgewisseld met fijne zandige lagen.

Grondwater is aangetroffen op 180 (boring A03) tot 300 cm (boring A01) onder maaiveld, afhankelijk van de hoogteligging van het punt.

Uit de boringen zijn een aantal monsters genomen. Lagen die in het veld als gelijk zijn beoordeeld op basis van bodemsoort en kleur, zijn gemengd in een mengmonster en geanalyseerd op klei, silt, zand en organische stof gehalte. In de boorprofielen is met rode stippellijnen aangegeven welke delen van de boringen we hebben geanalyseerd (Laag A1, A2 en A3). De diepte van deze lagen verschilt enigszins per boring.

Analyseresultaten:

	Laag A1	Laag A2	Laag A3
Klei %	1,3	2,3	18
Silt %	10,7	6,6	15
Zand %	87	91,1	67
Grind aanwezig	Ja	Nee	Ja
Organische stof %	8,5	1,5	1,7

Klei percentage: gehalte minerale delen kleiner dan 2 µm (micrometer);

Silt percentage: gehalte minerale delen tussen 2 en 63 µm;

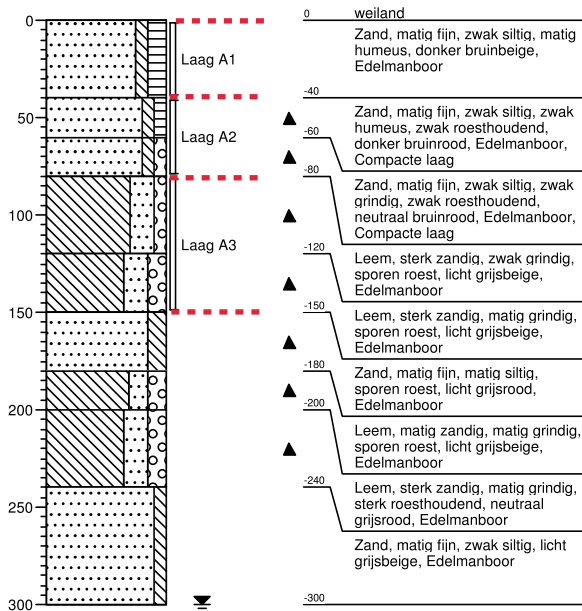
Zand percentage: gehalte minerale delen tussen 16 en 2000 µm (2 millimeter);

Grind percentage: gehalte delen groter 2000 µm (2 millimeter);

Organische stof percentage: gehalte organische stof op basis van gloeiverlies,

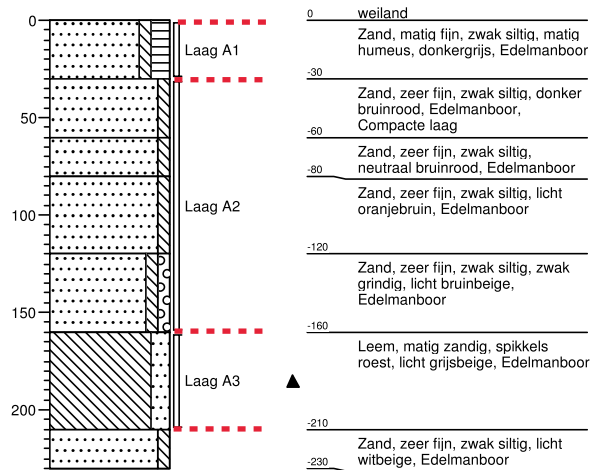
Meetpunt: A01

Datum: 24-08-2017



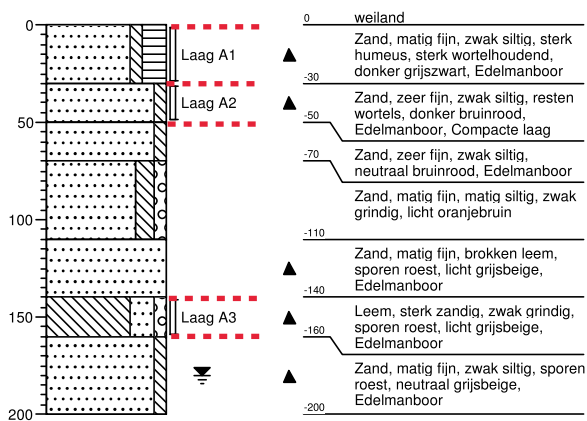
Meetpunt: A02

Datum: 24-08-2017



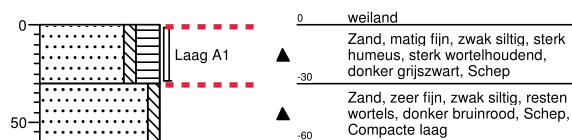
Meetpunt: A03

Datum: 24-08-2017



Meetpunt: Profielkuil A

Datum: 25-08-2017



Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

- geen geur
- ◐ zwakke geur
- ◑ matige geur
- ◒ sterke geur
- ◓ uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- ▣ zwakke olie-water reactie
- ▤ matige olie-water reactie
- ▥ sterke olie-water reactie
- ▦ uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- ⊗ >0
- ⊗ >1
- ⊗ >10
- ⊗ >100
- ⊗ >1000
- ⊗ >10000

monsters

-
-
- volumering

overig

- ▲ bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand

-
-









Rapportage Bodeminventarisatie

Datum onderzoek: 24 augustus 2017
 Locatie: Percelen Nieuwland
 Perceel: B

Er zijn 3 boringen geplaatst en 1 profielkuil gegraven. De boringen zijn beschreven in het veld (zie boorprofielen). Grofweg bestaat de bodem uit een zandige, humeuze bovenlaag (20-30 cm) met daaronder een compactere bruinrode laag van ca. 30 cm dikte. In de profielkuil en boring B02 wijkt dit beeld af, voornamelijk doordat de ligging lager was dan in boring B01 en B03. In de profielkuil en boring B02 zeer oppervlakkig al leem aangetroffen. In boring B01 en B03 komt leem op diepte (ca. 150 cm onder maaiveld) voor.

Grondwater is aangetroffen op 220 (boring B02) tot 300 cm (boring B01) onder maaiveld, afhankelijk van de hoogteligging van het punt.

Uit de boringen zijn een aantal monsters genomen. Lagen die in het veld als gelijk zijn beoordeeld op basis van bodemsoort en kleur, zijn gemengd in een mengmonster en geanalyseerd op klei, silt, zand en organische stof gehalte. In de boorprofielen is met rode stippellijnen aangegeven welke delen van de boringen we hebben geanalyseerd (Laag B1, B2, B3 en B4). De diepte van deze lagen verschilt enigszins per boring. Laag B5 en B6 zijn wel bemonsterd, maar deze monsters zijn niet geanalyseerd.

Analyseresultaten:

	Laag B1	Laag B2	Laag B3	Laag B4
Klei %	1,9	< 1,0	1,2	20
Silt %	10,1	3,6	4,2	14
Zand %	88	97,4	95,8	66
Grind aanwezig	Nee	Nee	Nee	Ja
Organische stof %	5,8	1,7	0,6	2,0

Klei percentage: gehalte minerale delen kleiner dan 2 µm (micrometer);

Silt percentage: gehalte minerale delen tussen 2 en 63 µm;

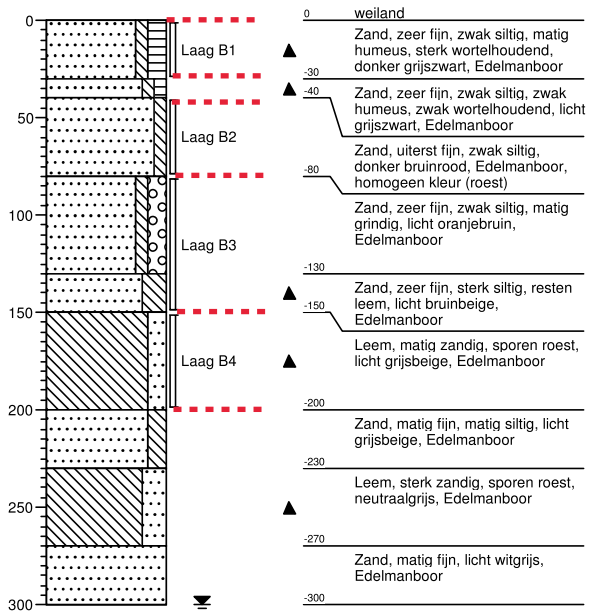
Zand percentage: gehalte minerale delen tussen 16 en 2000 µm (2 millimeter);

Grind percentage: gehalte delen groter 2000 µm (2 millimeter);

Organische stof percentage: gehalte organische stof op basis van gloeiverlies,

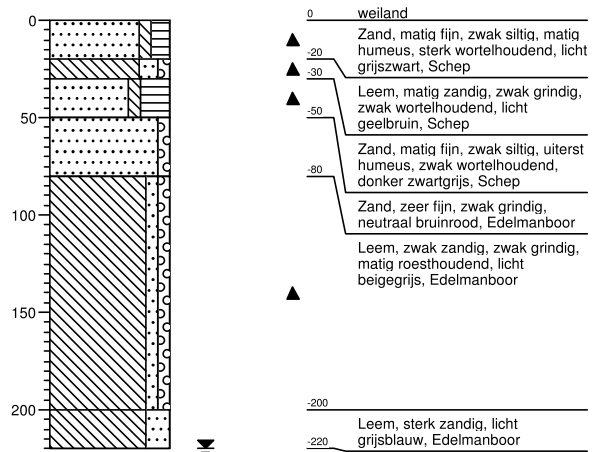
Meetpunt: B01

Datum: 24-08-2017



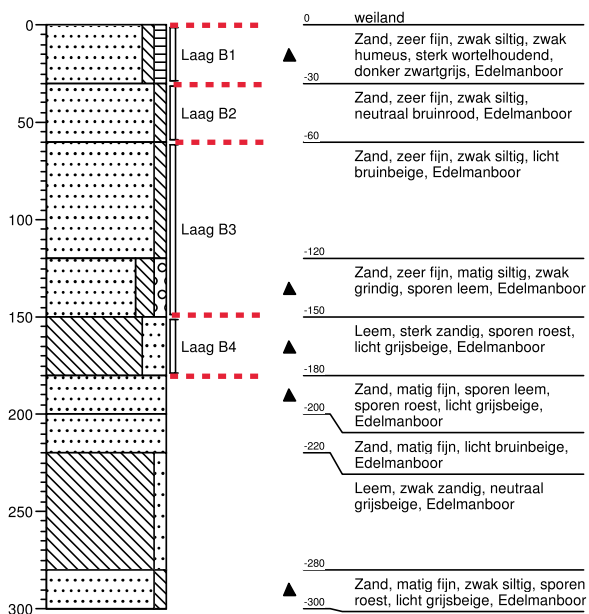
Meetpunt: B02

Datum: 24-08-2017



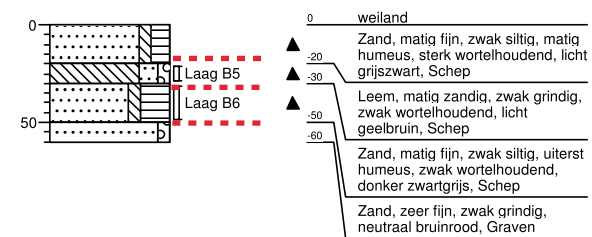
Meetpunt: B03

Datum: 24-08-2017



Meetpunt: Profielkuil B

Datum: 25-08-2017



Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

- geen geur
- ◐ zwakke geur
- ◑ matige geur
- ◒ sterke geur
- ◓ uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- ▣ zwakke olie-water reactie
- ▤ matige olie-water reactie
- ▥ sterke olie-water reactie
- ▦ uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- ⊗ >0
- ⊗ >1
- ⊗ >10
- ⊗ >100
- ⊗ >1000
- ⊗ >10000

monsters

-
-
- volumering

overig

- ▲ bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand

-
-



Rapportage Bodeminventarisatie

Datum onderzoek: 24 en 25 augustus 2017

Locatie: Percelen Van Rijn

Perceel: C

Er zijn 3 boringen geplaatst en 1 profielkuil gegraven. De boringen zijn beschreven in het veld (zie boorprofielen). Grofweg bestaat de bodem uit een zandige, humeuze bovenlaag (30 cm) met daaronder een laag van hetzelfde materiaal, maar minder humeus en met sporen van tijdelijke waterverzadiging (in boring C01 en C02). Leem is in boring C01 en C02 en in de profielkuil aangetroffen op 50 cm. In boring C03 is een leemlaag afwezig en bestaat de gehele bodem tot 200 cm diepte uit matig fijn, tot zeer fijn zand. bruinrode laag van ca. 30 cm dikte.

Grondwater is niet aangetroffen maar op basis van de aanwezige roestvlekken kan worden gesteld dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand ca. 30 cm onder maaiveld is en de gemiddeld laagste grondwaterstand 160 cm onder maaiveld (in boring C01 en C02). Ter plaatse van boring C03 zijn geen roestvlekken aangetroffen.

Uit de boringen zijn een aantal monsters genomen. Lagen die in het veld als gelijk zijn beoordeeld op basis van bodemsoort en kleur, zijn gemengd in een mengmonster en geanalyseerd op klei, silt, zand en organische stof gehalte. In de boorprofielen is met rode stippellijnen aangegeven welke delen van de boringen we hebben geanalyseerd (Laag C1, C2, C3 en C4). De diepte van deze lagen verschilt enigszins per boring.

Analyseresultaten:

	Laag C1	Laag C2	Laag C3	Laag C4
Klei %	3,2	1,7	20	5,2
Silt %	11,8	5,2	14	1,5
Zand %	86	93,3	66	93,3
Grind aanwezig	Sporen	Nee	Ja	Nee
Organische stof %	5,9	2,4	2,0	0,8

Klei percentage: gehalte minerale delen kleiner dan 2 µm (micrometer);

Silt percentage: gehalte minerale delen tussen 2 en 63 µm;

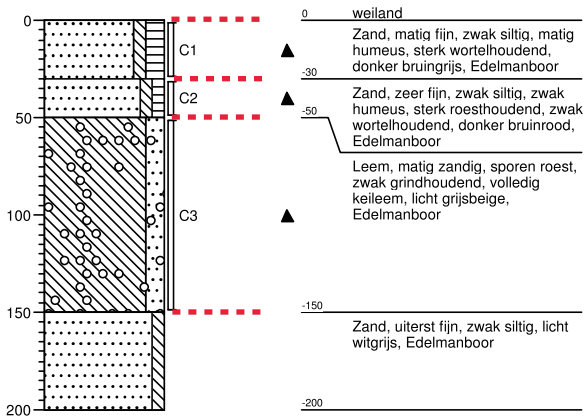
Zand percentage: gehalte minerale delen tussen 16 en 2000 µm (2 millimeter);

Grind percentage: gehalte delen groter 2000 µm (2 millimeter);

Organische stof percentage: gehalte organische stof op basis van gloeiverlies,

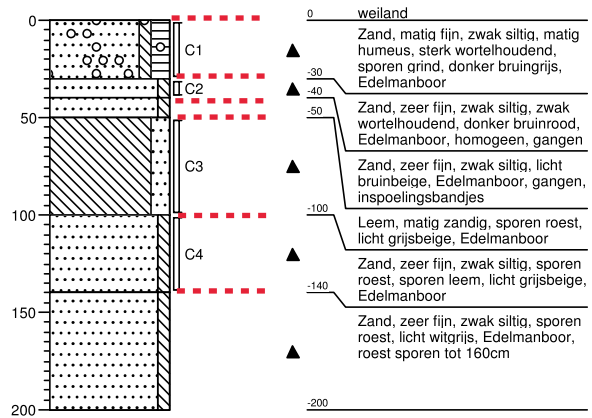
Meetpunt: C01

Datum: 24-08-2017



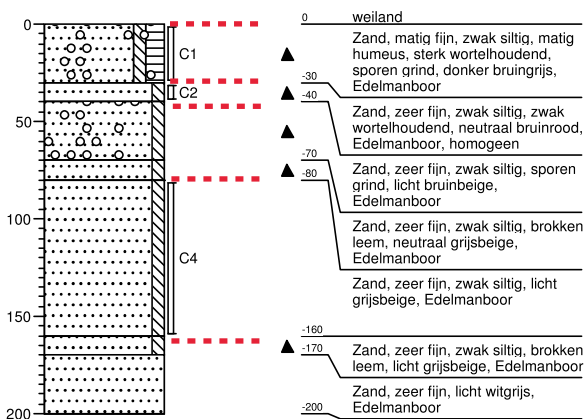
Meetpunt: C02

Datum: 25-08-2017



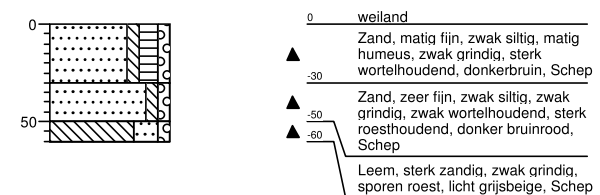
Meetpunt: C03

Datum: 25-08-2017



Meetpunt: Profielkuil C

Datum: 25-08-2017



Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

- slib
- water









Rapportage Bodeminventarisatie

Datum onderzoek: 25 augustus 2017
 Locatie: Percelen Hazenberg
 Perceel: D

Er zijn 3 boringen geplaatst en 1 profielkuil gegraven. De boringen zijn beschreven in het veld (zie boorprofielen). Grofweg bestaat de bodem uit een zandige, sterk tot matig humeuze bovenlaag (30 tot 40 cm) met daaronder een laag van hetzelfde materiaal, maar met humus in de vorm van inspoelingsbanden uit de bovenlaag. Leem is aangetroffen in boring D01, D02 en in de profielkuil variërend tussen 40 en 60 cm. In boring D03 is geen leem aangetroffen.

Grondwater is in alle boringen aangetroffen op 160 cm onder maaiveld.

Uit de boringen zijn een aantal monsters genomen. Lagen die in het veld als gelijk zijn beoordeeld op basis van bodemsoort en kleur, zijn gemengd in een mengmonster en geanalyseerd op klei, silt, zand en organische stof gehalte. In de boorprofielen is met rode stippellijnen aangegeven welke delen van de boringen we hebben geanalyseerd (Laag D1, D2, D3 en D4). De diepte van deze lagen verschilt enigszins per boring.

Analyseresultaten:

	Laag D1	Laag D2	Laag D3	Laag D4
Klei %	2,6	1,7	20	5,2
Silt %	9,4	5,2	14	1,5
Zand %	88	93,3	66	93,3
Grind aanwezig	Ja	Nee	Nee	Nee
Organische stof %	5,9	2,4	2,0	0,8

Klei percentage: gehalte minerale delen kleiner dan 2 µm (micrometer);

Silt percentage: gehalte minerale delen tussen 2 en 63 µm;

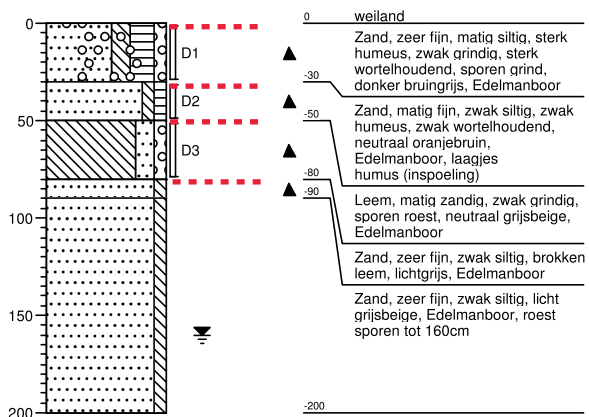
Zand percentage: gehalte minerale delen tussen 16 en 2000 µm (2 millimeter);

Grind percentage: gehalte delen groter 2000 µm (2 millimeter);

Organische stof percentage: gehalte organische stof op basis van gloeiverlies,

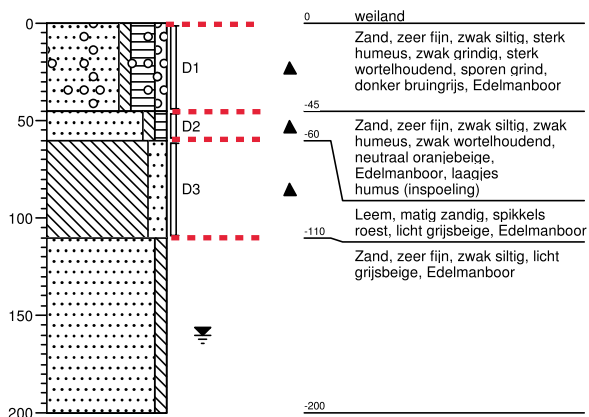
Meetpunt: D01

Datum: 25-08-2017



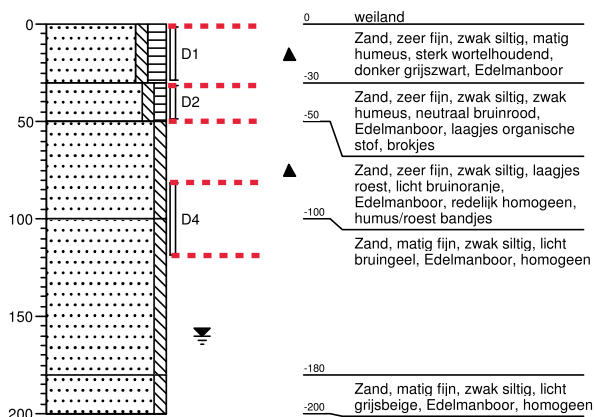
Meetpunt: D02

Datum: 25-08-2017



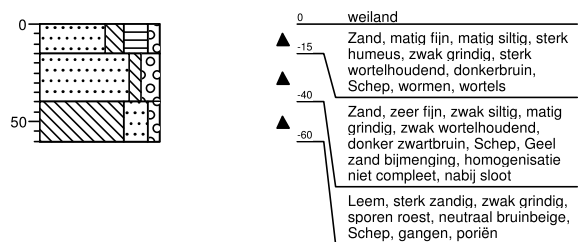
Meetpunt: D03

Datum: 25-08-2017



Meetpunt: Profielkuil D

Datum: 25-08-2017



Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

- geen geur
- ◐ zwakke geur
- ◑ matige geur
- ◒ sterke geur
- ◓ uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- ▣ zwakke olie-water reactie
- ▤ matige olie-water reactie
- ▥ sterke olie-water reactie
- ▦ uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- ⊗ >0
- ⊗ >1
- ⊗ >10
- ⊗ >100
- ⊗ >1000
- ⊗ >10000

monsters

-
-
- volumering

overig

- ▲ bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand

-
-









Rapportage Bodeminventarisatie

Datum onderzoek: 25 augustus 2017
Locatie: Percelen Blaauwijkkel
Perceel: E en F

Er zijn 5 boringen geplaatst, waarvan 2 gecombineerd met een profielkuil. De boringen zijn beschreven in het veld (zie boorprofielen). Grofweg bestaat de bodem uit een fijn zandige, sterk tot matig humeuze bovenlaag (tot ca. 30 cm) met daaronder een laag van hetzelfde materiaal, maar minder humeus (tot ca. 60 cm). Hieronder is over het algemeen matig fijn zand aangetroffen, met soms resten van veen. In boring F01 is veen aangetroffen vanaf 70 cm onder maaiveld. In boring F03 zijn sporen van grind aangetroffen in de laag van 50 tot 120 cm onder maaiveld.

Grondwater is aangetroffen op een diepte tussen 70 en 120 cm onder maaiveld, afhankelijk van de hoogteligging van de punten (boring E01 en F03 liggen topografisch laag).

In het veld bleek de worteldiepte van het gras op perceel E 5 tot 10 cm dieper dan op perceel F, het gevolg van het gebruik van een ander grasmengsel.

Uit de boringen op perceel F zijn een aantal monsters genomen. Lagen die in het veld als gelijk zijn beoordeeld op basis van bodemsoort en kleur, zijn gemengd in een mengmonster en geanalyseerd op klei, silt, zand en organische stof gehalte. In de boorprofielen is met rode stippellijnen aangegeven welke delen van de boringen we hebben geanalyseerd (Laag F1, F2 en F3). De diepte van deze lagen verschilt enigszins per boring.

Analyseresultaten:

	Laag F1	Laag F2	Laag F3
Klei %	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Silt %	4,0	2,7	2,4
Zand %	96	97,3	97,6
Grind aanwezig	Nee	Nee	Ja
Organische stof %	7,5	3,5	1,0

Klei percentage: gehalte minerale delen kleiner dan 2 µm (micrometer);

Silt percentage: gehalte minerale delen tussen 2 en 63 µm;

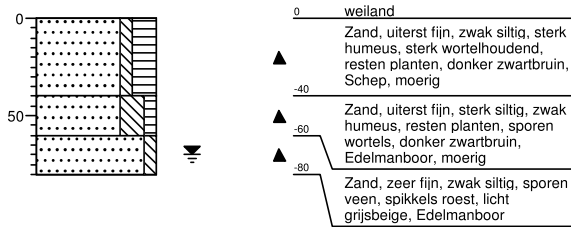
Zand percentage: gehalte minerale delen tussen 16 en 2000 µm (2 millimeter);

Grind percentage: gehalte delen groter 2000 µm (2 millimeter);

Organische stof percentage: gehalte organische stof op basis van gloeiverlies,

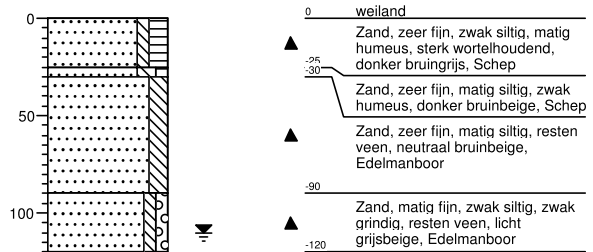
Meetpunt: E01

Datum: 25-08-2017



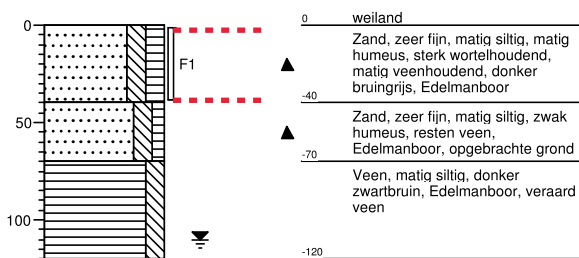
Meetpunt: E02/Profielkuil E

Datum: 25-08-2017



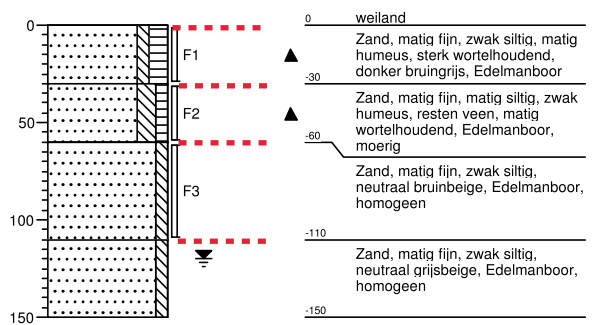
Meetpunt: F01

Datum: 25-08-2017



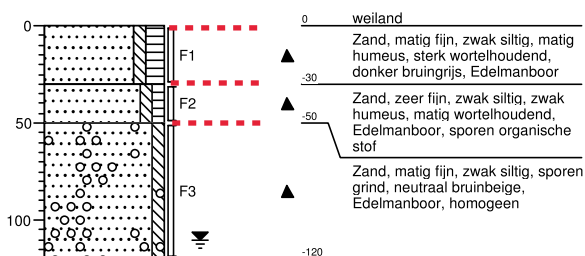
Meetpunt: F02

Datum: 30-08-2017



Meetpunt: F03/Profielkuil F

Datum: 25-08-2017



Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiïg
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiïg
	Veen, sterk kleiïg
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- > 0
- > 1
- > 10
- > 100
- > 1000
- > 10000

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

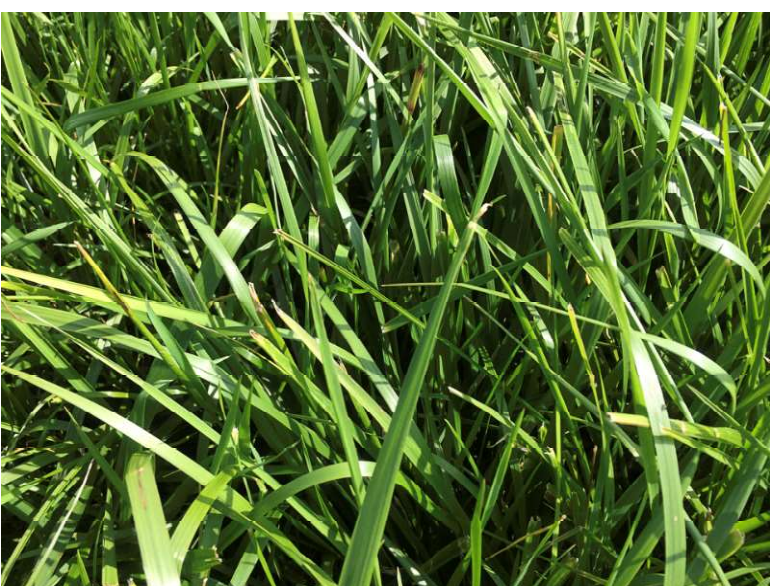
- slib
- water



















Bijlage 2

Rapportage SWAP modelering



Modelstudie perceelsmaatregelen SWAP 'TOPSOIL-Dwarsdiep'



Datum: 20 november 2019



Project: TOPSOIL – Dwarsdiep

Combinatie Projectburo B.V. – Ingenieursbureau Land B.V



Projectnaam Topsoil-Dwarsdiep
Titel Modelstudie perceelsmaatregelen SWAP
Projectnummer 77286
Opdrachtgever Waterschap Noorderzijlvest

Auteur(s) De heer S. Busink
Kwaliteitscontrole De heer B. te Brake

Paraaf 
Paraaf 

Datum 20-11-2019
Datum 20-11-2019

Ons kenmerk R01-77286-SBU
Status Definitief
Versienummer 2 (with English summary)
Datum 20 november 2019

Modelstudie perceelsmaatregelen SWAP

Topsoil-Dwarsdiep

ingenieursbureau Land
Postbus 303
6710 BH EDE
T: 0318 - 437 639
F: 0318 - 438 710



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



Samenvatting

Waterschap Noorderzijlvest wil in het stroomgebied van het Dwarsdiep maatregelen nemen ten behoeve van de beleidskaders Deltaplan Zoetwater (DPZ) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Doelen hierbij zijn het effect van verdroging minimaliseren, meer zelfvoorzienendheid realiseren binnen het stroomgebied en het verbeteren van de waterkwaliteit en het natuurlijk habitat. Tevens zijn doelen met betrekking tot inrichting van het Nationaal Natuur Netwerk (NNN) en maatregelen in het kader van de studie Droge Voeten 2050 (DV2050) van belang. Om uit te vinden welke maatregelen hiervoor in aanmerking komen, is door de combinatie Projectburo BV en Ingenieursbureau Land een onderzoek uitgevoerd.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Europese INTERREG project 'Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface' (kortweg 'TOPSOIL'). Samen met het Waterschap Hunze & Aa's en de Provincie Drenthe levert Waterschap Noorderzijlvest de Nederlandse bijdrage aan het 'TOPSOIL' project, met elk eigen individuele projecten. Het TOPSOIL onderzoek van Waterschap Noorderzijlvest richt zich op het Dwarsdiep gebied: 'TOPSOIL-Dwarsdiep'.

TOPSOIL-Dwarsdiep richt zich zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal en daarmee worden zowel de belangen van perceel eigenaren (met name agrariërs) als het waterschap afgewogen. Het gehele project bestaat uit modelstudies, literatuuronderzoek en een gebiedsproces. De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal).

In dit onderzoek is voornamelijk gezocht naar maatregelen op perceelsschaal, welke zowel de hydrologische als agrarische functie van de bodem ten goede komen. Doel is om tot een maatregelenpakket te komen van (perceels)maatregelen die hier in aanmerking komen en te onderzoeken hoe de betrokkenheid van gebruikers vergroot kan worden.

Voor de hydrologische analyse op perceelsschaal is het Soil-Water-Atmosphere-Plant (SWAP) model (Van Dam, 2000; Kroes et al., 2008) gebruikt. Het doel is om te bepalen of potentiële maatregelen op of nabij percelen de gewenste hydrologische impact hebben op perceelsschaal. SWAP simuleert transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde zone. Het verticale domein van SWAP reikt van net boven de vegetatie tot aan het freatische grondwater. Doordat er een interactie bestaat tussen de onverzadigde zone van de bodem en de vegetatie is het model uitermate geschikt voor studies naar de effecten van hydrologische maatregelen op gewasgroei en gewasproductie. Het model SWAP is conceptueel, maar de parameterisering is fysisch gebaseerd en voornamelijk afhankelijk van bodemopbouw, de vocht karakteristiek (pF-curve) en perceelsinrichting (zoals drainage).

Potentiële maatregelen zijn geselecteerd op basis van opgedane gebiedskennis, de resultaten van de bodeminventarisaties en gesprekken met agrariërs. In totaal zijn 4 maatregelen geschikt geacht om te simuleren in SWAP. De maatregelen die gesimuleerd zijn met SWAP zijn het verhogen van het organisch stofgehalte, bevorderen van de bewortelingsdiepte en de bewortelingsdichtheid (onder te



verdelen in dieper wortelend gewas, minder vaak maaien en minder kort maaien), verbeteren afvoercapaciteit kavelsloten in najaar en winter (verlagen bodemdiepte) en het vasthouden van water in de kavelsloten in het voorjaar.

Om een beeld te krijgen van de effecten van de maatregelen in de toekomst is een vergelijking gemaakt tussen simulaties met huidige weersgegevens en simulaties met aangepaste weersgegevens op basis van het klimaatscenario WH 2050. Onder het klimaatscenario WH 2050 kenmerken de zomers zich door minder neerslag en een hogere temperatuur dan in het huidige klimaat. Met name door de hogere temperatuur is de potentiële transpiratie hoger (omdat deze bepaald wordt door de weerscondities). Op basis van de temperatuur en de straling zijn de groeicondities dus beter, waardoor ook de watervraag door het gewas groter is.

De huidige situatie en de situatie na doorvoering van potentiële maatregelen zijn gesimuleerd voor twee representatieve delen van het focusgebied: een perceel op de hooggelegen zandgrond met keileem (basismodel 1, gelegen aan de noordwest zijde van het focusgebied) en een perceel in de laaggelegen polder zonder keileem (basismodel 2, gelegen aan de oostzijde van het focusgebied).

De maatregel die het meeste effect sorteert in zowel de toename van de actuele transpiratie als de actuele gewasopbrengst is het combinatiescenario van een diepere beworteling, minder vaak maaien en minder kort maaien. De individuele maatregel die het meest effect sorteert in drogere perioden is het toepassen van een dieper wortelend gewas. Uit de resultaten blijkt dat een dieper wortelend gewas langer vocht tot zijn beschikking heeft in droge tijden, en dus langer optimaal kan groeien dan een minder diep wortelend gewas. De scenario's minder vaak maaien en minder kort maaien geven individueel ook beiden een stijging van de actuele transpiratie weer, maar een toename in gewasopbrengst is hier niet altijd aan gekoppeld: dit hangt er af van de timing van maaien ten opzichte van momenten met voldoende beschikbaar water.

Het verhogen van het organisch stofgehalte geeft wisselende resultaten. Bij een lichte verhoging zijn er toenames in transpiratie en gewasopbrengsten, maar bij een flinke verhoging van het organisch stofgehalte worden er dalingen in transpiratie en gewasopbrengsten waargenomen. Er wordt wel meer vocht in de bodem waargenomen, maar dit is dus niet direct beschikbaar voor het gewas. Het scenario stuw heeft niet tot nauwelijks effect op de waterbalans. Het implementatiescenario bodemdiepte sorteert nauwelijks effect op de actuele transpiratie en gewasopbrengsten. Wel zijn er verschuivingen in de waterbalans naar langzame stroomroutes via drainage (infiltratie via de bodem) in plaats van snelle stroomroutes via oppervlakkige afstroming, wat een positief effect op de waterkwaliteit kan hebbend oor verminderde af- en uitspoeling van o.a. meststoffen.

Bij het toepassen van het klimaatscenario is een flinke toename te zien in transpiratie indien voldoende vocht beschikbaar (basismodel 1) is en een lichte afname als er minder vocht beschikbaar is (basismodel 2). In beide modellen gaat de gewasopbrengst echter omhoog, doordat het klimaat warmer is en er meer straling is. De stijging is aanzienlijk voor basismodel 2, omdat de geschiktere klimaatcondities niet belemmerd worden door een tekort aan vocht.

Diepere beworteling zorgt in basismodel 1 bij toepassen van het klimaatscenario voor een licht positief effect: er is een lichte verbetering in waterbeschikbaarheid, waardoor



droogtestress licht afneemt. Dit is overeenkomstig met de resultaten van modelsimulaties zonder klimaatscenario. Het effect is groter in 2018, waardoor deze maatregel ook gezien kan worden als een goede klimaatadaptatie.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



Summary

Waterboard Noorderzijlvest wants to take measures in the catchment area of the Dwarsdiep for the policy frameworks of Delta Programme on Freshwater supply (DPF) and the Water Framework Directive (WFD). The objective of these measures is to minimize the effect of drought, to achieve more self-sufficiency within the catchment area and to improve the water quality and natural habitat. Additional objectives relate to the National Nature Network (NNN) as well as the project 'Droge Voeten 2050' (DV2050). To find out which measures are suitable to achieve these goals, a comprehensive study was carried out by the combination Projectburo BV and Ingenieursbureau Land.

The research was carried out within the European INTERREG project "Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface" (in short "TOPSOIL"). Waterboard Noorderzijlvest together with waterboard Hunze & Aa's and the province of Drenthe provides the Dutch contribution of the "TOPSOIL" project, where each of these parties contributes with its own individual projects. The TOPSOIL study by Waterboard Noorderzijlvest focuses on the Dwarsdiep area: "TOPSOIL-Dwarsdiep".

The project focuses on the field scale as well as the catchment scale and deals with interests of both farmers and the waterboard. The project includes various approaches to achieve its goals and consists of modelling studies, literature research, fieldwork and a participation process with local farmers and stakeholders. The modelling studies are divided into a hydrological analysis with the ecohydrological model SWAP (hydrological analysis at the field scale) and an analysis with rainfall-runoff model WALRUS (hydrological analysis at the catchment scale).

In the TOPSOIL-Dwarsdiep study, mainly measures at the field scale are investigated, which have a potential positive effect on both the hydrological and agricultural function of the soil. The aim is to propose a package of measures at the field scale and to investigate in what way greater involvement of local stakeholders can be achieved.

The Soil-Water-Atmosphere-Plant (SWAP) model (Van Dam, 2000; Kroes et al., 2008) is used for hydrological analysis at the field scale. The aim of this analysis is to determine whether potential measures on or near field parcels have the desired hydrological impact at the field scale. SWAP is designed to simulate transport of water, solutes and heat in the vadose zone in interaction with vegetation development. In the vertical direction the model domain reaches from a plane just above the canopy to a plane in the shallow groundwater. In this zone the transport processes are predominantly vertical, therefore SWAP is a one-dimensional, vertically direct model. In the horizontal direction, SWAP's main focus is the field scale. Because there is an interaction between the unsaturated zone of the soil and the vegetation, the model is highly suitable for studies into the effects of hydrological measures on crop growth and crop production. The SWAP model is conceptual, but the parameterization is physically based and mainly depends on soil composition, moisture characteristics (pF-curves) and parcel design (for example the use of drainage pipes).

Potential measures have been selected on the basis of gathered knowledge of the area, the results of the soil surveys and the participation process with the farmers. In total, 4 measures were considered suitable for simulation in SWAP. The measures



suitable to simulate with SWAP are: increasing the organic matter content of the top soil, improving rooting depth and rooting density (split into deep-rooting grass species and various management practices of mowing such as a lower harvesting frequency and/or leaving more biomass (longer grass) on the field after harvesting), improving drainage capacity of ditches in both autumn and winter (by reducing bottom depth) and improving water-storage capacity of ditches in spring.

To get a clear picture of the effects of the measures in a future climate, a comparison was made between simulations with current weather data and simulations with adjusted weather data based on the W^H 2050 climate scenario from the KNMI. Under the W^H 2050 climate scenario, summers are characterized by less rainfall and a higher temperatures than in the current climate. Particularly due to higher temperatures, the potential transpiration is higher (because it is determined by the weather conditions). The growing conditions are therefore better due to higher temperatures and radiation, but therefore the water demand of the grass is also higher.

The current situation and the situation after implementation of potential measures have been simulated for two representative parts of the Dwarsdiep area: a parcel on the high-lying sandy soils with glacial till (model 1, located on the north-west side of the Dwarsdiep area) and a parcel on the low-lying polder without glacial till (model 2, located on the east side of the Dwarsdiep area).

The measure which has the most effect on both the increase in transpiration as well as the actual grass yield is the combination scenario of deep-rooting crops, a lower mowing frequency and/or more remaining biomass on the field after harvesting. The individual measure that has the most effect in prolonged dry periods is the measure of deeper rooting grass. The results show that deep-rooted crops have a longer supply of moisture during drought, and can therefore grow longer than crops that rooted less deep. The scenarios lower mowing frequency and more remaining biomass after mowing both show an increase in transpiration, but an increase in actual crop yield is not always observed, because an increase in crop yield depends also on the timing of mowing and the availability of water during consecutive mowing events.

An increased organic matter content provides varying results. Upon a slight increase in the organic matter content an increase in both transpiration and actual crop yields is observed, but with a substantial increase in the organic matter content a decrease in transpiration and actual crop yields is observed. In the simulations more moisture in the soil is contained, but this is not immediately available for the crop. The scenario where a weir was implemented as one of the measures to retain water shows no effect on the water balance. The scenario with a shallower bottom depth of the ditches provides no effect on the actual transpiration and crop yields. However, shifts in the water balance were observed: the flow routes change from fast flow routes (via superficial drainage) to slower flow routes (infiltration via the soil), which can have a positive effect on the water quality due to reduced runoff of nutrients.

When applying the climate scenario, a substantial increase in transpiration was observed if sufficient moisture was available (model 1) and a slight decrease was observed if less moisture was available (model 2). However, in both models the crop yield increases due to higher temperatures and more radiation in the climate scenario. The increase is considerable for model 2, due to the favorable conditions at this parcel (no limitations of moisture for the crops)



In model 1, deep-rooting crops shows a slightly positive effect when applying the climate scenario. There is a slight improvement in the water availability for the crop, so that drought stress decreases slightly. This is in line with the results of model simulations without the climate scenario. The effect is more present in the exceptionally dry year 2018, which means that this can also be seen as good climate adaptation measure.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
SUMMARY.....	9
1 INTRODUCTIE	15
1.1 Aanleiding.....	15
1.2 Dwarsdiep gebied	16
1.3 SWAP model.....	17
1.4 Gebiedsinventarisatie.....	17
1.5 Potentiële maatregelen.....	18
2 OPZET MODELLEN	21
2.1 Introductie	21
2.2 Basismodel 1	21
2.3 Basismodel 2.....	22
2.4 Standaardinstellingen basismodellen	23
2.5 Opmerkingen implementatie	23
2.6 Klimaatscenario	24
3 POTENTIËLE MAATREGELLEN	27
3.1 Verhogen organisch stofgehalte	27
3.2 Bevorderen bewortelingsdiepte en bewortelingsdichtheid	28
3.3 Verbeterde afvoer kavelsloten in winter	28
3.4 Vasthouden water in kavelsloten in voorjaar	28
3.5 Beoordeling potentiële maatregelen	29
3.6 Schematisch overzicht implementatiescenario's	29
4 RESULTATEN	31
4.1 Basismodellen.....	31
4.2 Potentiële maatregelen.....	34



4.3 Klimaatscenario 40

5 CONCLUSIES..... 45

6 LITERATUUR 47



I Introductie

I.1 Aanleiding

Waterschap Noorderzijlvest wil in het stroomgebied van het Dwarsdiep (figuur 1.1) maatregelen nemen ten behoeve van de beleidskaders Deltaplan Zoetwater (DPZ) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Doelen hierbij zijn het effect van verdroging minimaliseren, meer zelfvoorzienendheid realiseren binnen het stroomgebied (onafhankelijk van het inlaten van water), en het verbeteren van de waterkwaliteit en het natuurlijk habitat. Tevens zijn doelen met betrekking tot inrichting van het Nationaal Natuur Netwerk (NNN) en maatregelen in het kader van de studie Droge Voeten 2050 (DV2050) van belang. In opdracht van het waterschap heeft de combinatie Projectburo B.V. - Ingenieursbureau Land B.V. onderzocht welke maatregelen, zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal, voor het halen van deze doelen in aanmerking komen. Hierbij is voornamelijk gezocht naar maatregelen op perceelschaal, welke zowel de hydrologische als agrarische functie van de bodem ten goede komen. Doel is om tot een maatregelenpakket te komen van (perceels)maatregelen die hier in aanmerking komen en te onderzoeken hoe de betrokkenheid van gebruikers vergroot kan worden.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Europese INTERREG project 'Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface' (kortweg 'TOPSOIL'). Samen met de Waterschap Hunze & Aa's en Provincie Drenthe levert Waterschap Noorderzijlvest de Nederlandse bijdrage aan het 'TOPSOIL' project, met elk eigen individuele projecten. Het TOPSOIL onderzoek van Waterschap Noorderzijlvest richt zich op het Dwarsdiep gebied: 'TOPSOIL-Dwarsdiep'.

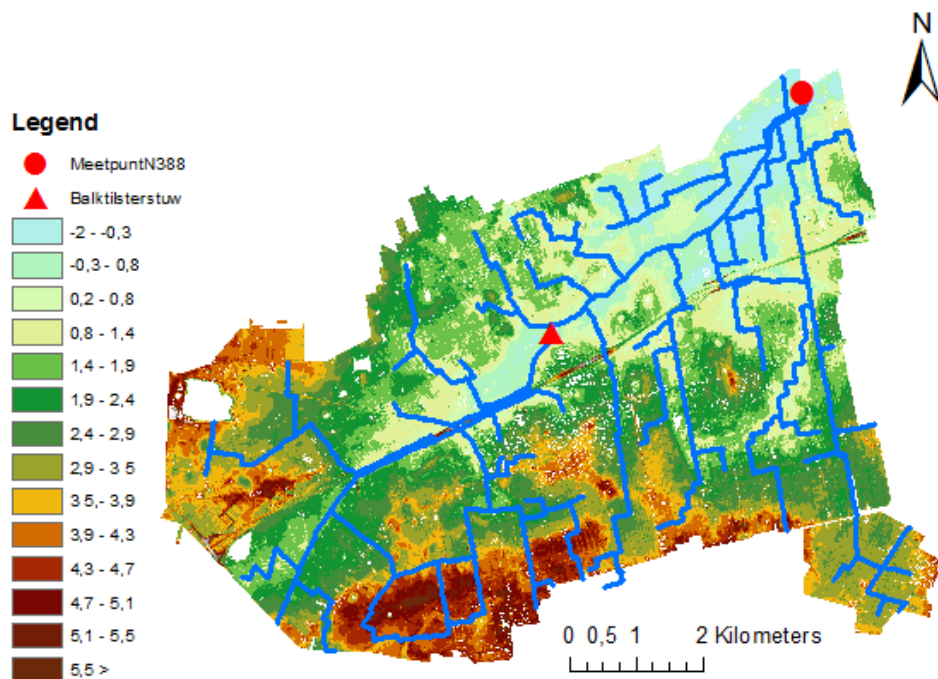
Aangezien het TOPSOIL-Dwarsdiep onderzoek zich zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal richt en daarmee ook zowel de belangen van perceel eigenaren (met name agrariërs) als het waterschap afweegt, zijn er diverse onderzoeksrichtingen opgesteld: de omvang van het gehele project bestaat uit zowel een modelstudie als een gebiedsproces. De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal). Het gebiedsproces dient ervoor om informatie te ontvangen ten behoeve van de modelstudies, stakeholders te informeren over mogelijke maatregelen en voordelen voor hen, en om draagvlak te creëren voor het uiteindelijke maatregelenpakket.

Voorliggend rapport beschrijft de hydrologische analyse op perceelschaal: modelering van potentiële maatregelen met het agro-hydrologische model SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant; Van Dam, 2000; Kroes et al., 2008), inclusief uitgevoerde inventarisaties, uitgangspunten en modelopzet. Het doel is om te bepalen of potentiële maatregelen op of nabij percelen de gewenste hydrologische impact hebben op perceelsschaal.

1.2 Dwarsdiep gebied

Het Dwarsdiep gebied is gelegen in het zuidwesten van de provincie Groningen. Het stroomgebied bestaat grofweg uit drie trajecten: bovenstrooms is het komgebied van de Marumerlage en benedenstrooms (ten oosten van de Balktilsterstuw, zie figuur 1.1) bevinden zich twee polders die actief worden bemalen; de Wemerpolder en de Polder de Oude Riet.

Het stroomgebied van het Dwarsdiep is ca. 6500 ha en heeft met een hoogteverschil van +5 tot -1 m NAP over 11 km een relatief sterke hoogtetradiënt. Het Dwarsdiep watert af in noordoostelijke richting Boerakker, waar zich een debietmeetpunt bevindt (zie figuur 1.1). Het noordelijke deel van het stroomgebied (ten noorden van de A7) is grofweg te verdelen in twee deelgebieden: de hoger gelegen delen in het noordwesten (vanaf zandwinning Strandheem richting het oosten) en de lager gelegen polders Oude Riet en Wemerpolder ten oosten van de Marumerlag (vanaf de Balktilsterstuw tot het uitstroompunt nabij Boerakker).



Figuur 1.1: overzicht van de maaiveldhoogtes van het stroomgebied van het Dwarsdiep stroomgebied.

Het Dwarsdiep stroomt in het gebied wat de overgang vormt tussen de hoger gelegen zandgronden van het Drents Plateau en de lager gelegen veen- en kleigronden. Op de hoger gelegen delen in het westen komen ondiepe keilemlagen voor, waarvan de diepte toeneemt in de richting van het beekdal. Aan de zuidzijde van de beek houdt de hooggelegen keileem vrij abrupt op. In de gebieden waar keileem ondiep voorkomt, treden schijngrondwaterstanden (hangwater) op door de weerstand van de keileem. Het landgebruik in het Dwarsdiep is voornamelijk grasland ten behoeve van de melkveehouderij.

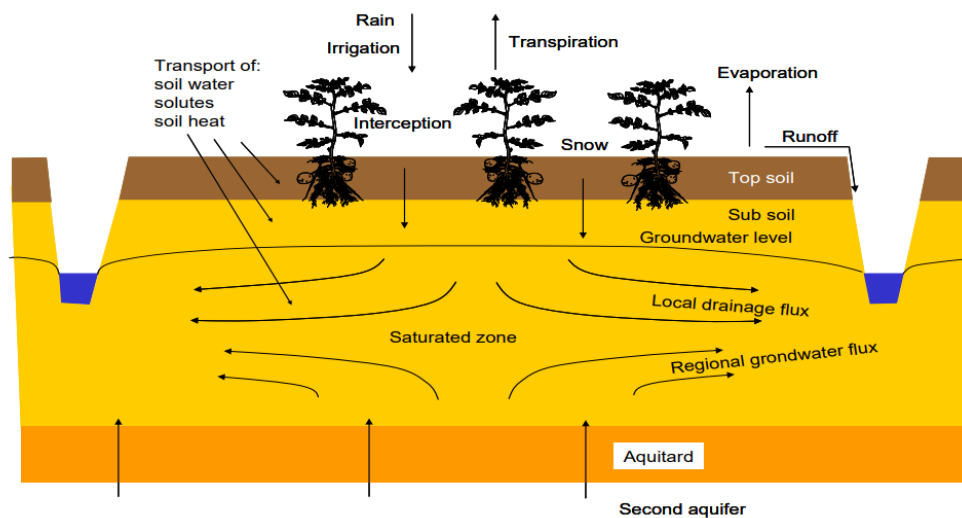
Het focusgebied voor in de huidige studie is de noordflank van het beekdal, vanaf de hoog gelegen zandgronden met keileem in het westen (omgeving zandwinning en recreatieplas Strandheem) tot de laag gelegen polders en het uitstroompunt van de

beek in het oosten. Dit gebied is als focusgebied gekozen omdat in het westelijk deel van dit deel van het stroomgebied geen mogelijkheden zijn tot aanvoer van water.

1.3 SWAP model

Voor de hydrologische analyse op perceelschaal is het Soil-Water-Atmosphere-Plant (SWAP) model (Van Dam, 2000; Kroes et al., 2008) gebruikt. SWAP simuleert transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde zone. Het verticale domein van SWAP reikt van net boven de vegetatie tot aan het freatische grondwater. Doordat er een interactie bestaat tussen de onverzadigde zone van de bodem en de vegetatie is het model uitermate geschikt voor studies naar de effecten van hydrologische maatregelen op gewasgroei en gewasproductie. Een gedetailleerde beschrijving van SWAP kan gevonden worden in Kroes et al. (2008).

Een schematisatie van het SWAP model en de te simuleren processen is weergegeven in figuur 1.2. In dit onderzoek is gebruikt gemaakt van SWAP versie 4.0.1.



Figuur 1.2: overzicht van SWAP domeinmodel en transport processen.

1.4 Gebiedsinventarisatie

Om te bepalen of potentiële maatregelen de gewenste hydrologische impact hebben is een modelstudie uitgevoerd met SWAP. Het model SWAP is conceptueel, maar de parameterisering is fysisch gebaseerd en voornamelijk afhankelijk van bodemopbouw, de vocht karakteristiek (pF-curve) en perceelsinrichting (zoals drainage). Om tot de juiste parameterisering te komen en een eerste inschatting te maken van het soort te selecteren maatregelen, zijn in voorbereiding op de modelstudie een aantal inventarisaties uitgevoerd in het Dwarsdiep gebied:

- keukentafelgesprekken met agrariërs en andere stakeholders (loonbedrijf Stuu, Gebiedscoöperatie Westerkwartier, Prolander, LTO Noord, Collectief Groningen-West) in voorjaar en zomer 2017: kennismaking met gebied en gebiedsbewoners, verkenning van relevante hydrologische processen en bedrijfsvoering in het gebied, ophalen van kwalitatieve hydrologische

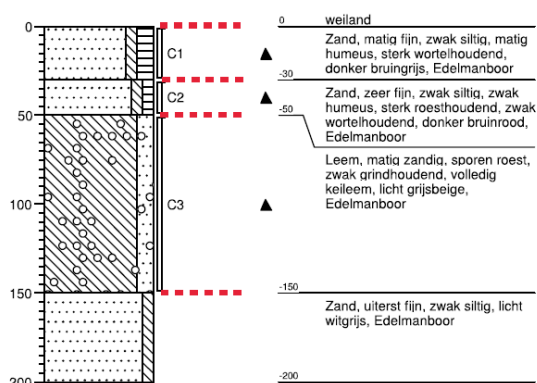
observaties door agrariërs en verkenning uitdagingen waterafvoer en waterbeschikbaarheid;

- bodeminventarisaties op 6 percelen in het projectgebied in zomer 2017 door middel van boringen en profielkuilen: beschrijving bodemopbouw, uitvoeren van bodemanalyses (textuur, organische stof gehalten), beoordeling beworteling (figuur 1.3);
- gebiedsbijeenkomst 2017: bespreken resultaten bodeminventarisaties, bespreking en waardering van een groslijst van voorgestelde maatregelen om tot een lijst van met uitvoerbare en door het gebied gedragen maatregelen te komen, als input van de modelering.

De voorlopige resultaten van de modelstudie zijn tevens met de gebiedsbewoners besproken in een gebiedsbijeenkomst in november 2018.

Meetpunt: C01

Datum: 24-08-2017



Figuur 1.3: voorbeelden veldinventarisaties: boorbeschrijving (links), profielkuil (rechts).


1.5 Potentiële maatregelen

Potentiële maatregelen zijn geselecteerd op basis van opgedane gebiedskennis, de resultaten van de bodeminventarisaties en gesprekken met agrariërs. Als basis voor de selectie van maatregelen is een door het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (zogenaamde BOOT lijst, versie juni 2017) gebruikt, waarin maatregelen zijn opgenomen om waterkwaliteit, waterkwantiteit en/of bodemkwaliteit te verbeteren.

In tabel 1.1 is de beoordeling van 10 potentiële maatregelen door gebiedsbewoners/perceeleigenaren weergegeven, zoals aangegeven tijdens de gebiedsbijeenkomst in november 2017. De laatste kolom geeft het standpunt van waterschap Noorderzijlvest weer.

Uit de waardering door perceeleigenaren en waterschap Noorderzijlvest zijn de volgende samengestelde maatregelen geselecteerd voor het TOPSOIL-Dwarsdiep onderzoek (nummers tussen haken verwijzen naar de maatregelen in tabel 1.1):

- verhogen organisch stofgehalte (maatregel 1 en 4);

- 
- bevorderen bewortelingsdiepte en bewortelingdichtheid (maatregel 2);
 - verbeteren afvoercapaciteit kavelsloten in najaar en winter (maatregel 3 en 6);
 - vasthouden water in kavelsloten in voorjaar (maatregel 9);
 - waterkwaliteit verbeteren door afvangen nutriënten (maatregel 8)
 - bevorderen nutriënten efficiëntie dor gewas (maatregel 7);
 - opheffen storende bodemlagen en bodemverdichting (maatregel 5).

Van deze maatregelen zijn de eerste 4 (organische stof, beworteling, afvoer in winter, vasthouden in voorjaar) geschikt geacht om te simuleren in SWAP. De implementatie en resultaten van deze simulaties worden in dit rapport besproken.



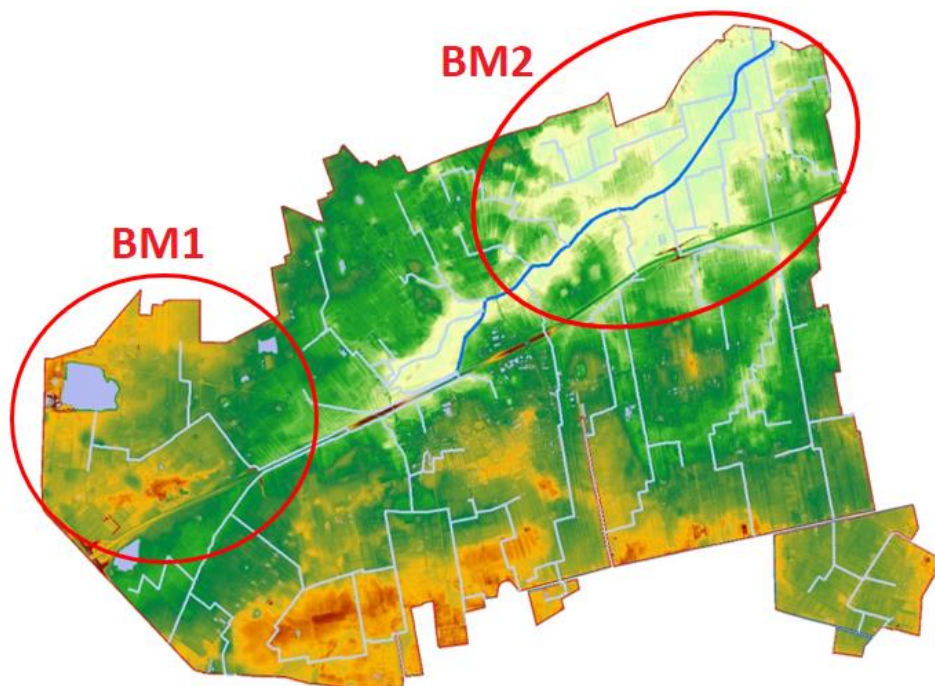
Tabel 1.1: tien potentiële maatregelen, inclusief beoordeling perceeleeigenaren/gebiedsbewoners en standpunt waterschap Noorderzijlvest.

Potentiële maatregel	Standpunt perceeleeigenaren (totaal = 8)			Standpunt Noorderzijlvest
	POSITIEF	NEUTRAAL	NEGATIEF	
1. Bodemstructuur Op peil houden organische stof gehalte door hergebruik gewasresten en maaisel, toevoegen compost of andere bronnen	7 - Gebeurt al	1		Zeer aanbevolen, in combinatie met maatregel 4
2. Gewas Diepere beworteling bevorderen door toepassing diepwortelende grassoorten/mengsels Graslandvernieuwing door doorzaaien in plaats van scheuren grasland*	7 - Diversiteit onder en bovengrond	1		Aanbevolen, in combinatie met maatregel 1, 3 en 6
3. Watersysteem Goed maabeleid kavelsloten voor betere afvoer ter voorkoming wortelsterfte in najaar en bevordering bodemtemperatuur in voorjaar	7 - Materiaal weer over land gebruiken - Zomerschouw in aanloop naar najaar	1		Aanbevolen, simpele en praktische maatregel
4. Waterhuishouding Water vasthouden in de bodem door verhogen organische stofgehalte en/of bijmengen met lutum	6 - Wat te doen met storende lagen? - De belangrijkste van alle stellingen	1	1	Zeer aanbevolen, in combinatie met maatregel 1
5. Bodemstructuur Aandacht voor storende bodemlagen en opheffen bodemverdichting	6 - Altijd al belangrijk geweest	2	1 - Gewassen telen die goed en sterk wortelen	Aanbevolen
6. Waterhuishouding Aanleg regelbare / peil gestuurde drainage: Water vasthouden indien mogelijk; afvoeren indien noodzakelijk	5	1 - Moeilijk toepasbaar	2 - Geld kan beter besteed worden aan bodembeheer	Aanbevolen, vraagt wel maatwerk
7. Nutriënten Efficiëntie (kunst)mestgift verbeteren (kostenreductie, opname-efficiëntie, voorkomen af-en uitspoeling)	4 - Dunne fractie als kunstmestvervanger - Efficiëntie mestgift, geen kunstmest, mest niet injecteren, C (koolstof) belangrijk	4		-
8. Nutriënten Waterkwaliteit verbeteren door afvangen van nutriënten in kavelsloot (door bijvoorbeeld helofytenfilter) Aanleg bufferstroken waar niet bemest wordt om afspoeling (en uitspoeling) nutriënten te beperken*	3	3 - Goede bodem laat niets lopen als bemest wordt zoals natuur dit wil - Kleinschalig zet geen zoden aan de dijk	2	-
9. Watersysteem Water vasthouden in kavelsloten door stuwen plaatsen, duikers en/of slootbodemp verhoging	3	2 - Maar in natte gebieden juist betere afvoer	3 - Bij ons niet van toepassing - één belang: zo snel mogelijke afvoer hemelwater	Aanbevolen
10. Opslag van hemelwater in bassin, vijver en/of plas t.b.v. beregening	2	1 - Niet toepasbaar	5 - Beregenen is tijdelijk: geef lui gewas - Teveel water nodig met beregenen	Niet aanbevolen

2 Opzet modellen

2.1 Introductie

De huidige situatie en de situatie na doorvoering van potentiële maatregelen (zie paragraaf 1.5) zijn gesimuleerd voor twee representatieve delen van het focusgebied (zie figuur 2.1): een perceel op de hooggelegen zandgrond met keileem (basismodel 1, gelegen aan de noordwest zijde van het focusgebied) en een perceel in de laaggelegen polder zonder keileem (basismodel 2 gelegen aan de oostzijde van het focusgebied). De basismodellen zijn opgezet aan de hand van resultaten van de bodeminventarisaties, gebiedskenmerken afgeleid uit gesprekken met agrariërs, de bodemfysische schematisatie volgens BODemFysische EenhedenKaart (BOFEK2012) (Wösten et al., 2012) en gegevens uit grondwatermodel MIPWA verkregen van Waterschap Noorderzijlvest.



Figuur 2.1: overzicht deelgebieden voor de twee representatieve basismodellen in het Dwarsdiep.

2.2 Basismodel I

Op basis van de bodemfysische parametrisatie volgens BOFEK is een dominant bodemtype gekozen voor het hooggelegen deel van het focusgebied. Aan elke horizont van de bodem zijn sets van bodemfysische parameters (Mualem-Van Genuchten parameters) toegekend op basis van de Staring reeks (“bouwstenen”). Deze parameters beschrijven de waterretentiecurve en doorlatendheidskarakteristieken van de bodem. In tabel 2.1 zijn de bodemfysische eigenschappen voor basismodel I weergegeven.

Op basis van BOFEK en uitgevoerde veldinventarisaties, is gekozen voor een zwak lemige (podzol-)grond met 5,4% organische stof en 3% klei in de bovenlaag. Er is een keileemlaag op 50 centimeter diepte opgenomen. De diepte van de keileemlaag zorgt er voor dat de maximaal mogelijke worteldiepte ook 50 cm is.

Tabel 2.1: bodemfysische eigenschappen bodemprofiel basismodel 1.

Diepte	Org. Stof (%)	Lutum (<2 µm)	Silt (2-50 µm)	Leem (<50 µm)	Dichtheid (g/cm ³)	Staring bouwsteen
0 – 30	5,4	3	10	13	1,375	B2
30 – 40	2,2	3	8	11	1,576	O2
40 – 50	1,0	3	8	11	1,633	O2
50 – 150	0,3	16	21	37	1,550	O6
150 – 300	0,3	3	6	9	1,672	O1

Het deelgebied waar basismodel 1 van afgeleid is, is neerslagafhankelijk doordat er geen afstroom uit andere gebieden plaatsvindt en aanvoer van water niet mogelijk is. Ook wordt er niet beregend. Dit resulteert in het droogvallen van de kavelsloten door diep uitzakkende grondwaterstanden in de zomer. In de winter is er juist sprake van natheid door de niet doorlaatbare keileemlaag (schijngrondwaterstand). Er zijn in dit basismodel geen drainagebuizen en stuwstijlen opgenomen. De bodemdiepte van de sloot is bepaald op 80 cm-mv.

De wegzijging in het model is ingesteld op 0,5 mm/d.

2.3 Basismodel 2

In basismodel 2 is een moerige grond (zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond) met 9,0% organische stof en 4% klei in de bovenlaag opgenomen. Bij de veldinventarisaties zijn veenresten aangetroffen in het bodemprofiel. Op basis hiervan is een hoger organisch stofgehalte toegekend (2,0%) aan de laag van 70 – 300 cm en is de moerige tussenlaag zoals opgenomen in BOFEK verwijderd.

Tabel 2.2: bodemfysische eigenschappen bodemprofiel basismodel 2.

Diepte	Org. Stof (%)	Lutum (<2 µm)	Silt (2-50 µm)	Leem (<50 µm)	Dichtheid (g/cm ³)	Staring bouwsteen
0 – 20	9,0	4	9	13	1,26	B2
20 – 50	3,0	3	9	12	1,464	O2
50 – 70	4,5	3	9	12	1,474	O2
70 – 300	2,0	3	5	8	1,671	O1

Basismodel 2 is een weergave van percelen die zijn gelegen in de Wemerpolder, met ondiepe grondwaterstanden en een vast slootpeil. De bodemdiepte van de kavelsloten is vastgesteld op 80 cm-mv. De drainage in de laaggelegen percelen ligt op een diepte van ca. 60 cm-mv. De drainafstand is 8 m. Interactie met grondwater (kwel of wegzijging) is berekend op basis van een inschatting van stijghoogte van het eerste watervoerend pakket en een de weerstand van de eerste scheidende laag.



2.4 Standaardinstellingen basismodellen

Uitgangssituatie

Voor de invoer van beide basismodellen zijn de meteorologische gegevens gebruikt van het dichtstbijzijnde KNMI weerstation Eelde (temperatuur, globale straling, referentie gewasverdamping, wind en luchtvochtigheid) in combinatie met neerslaggegevens van neerslagstation Marum. Het betreft daggegevens.

De simulaties in SWAP lopen van 1 januari 2014 tot en met 10 september 2018, omdat in deze jaren de hoeveelheid neerslag en potentiële verdamping varieert. Hierdoor kan er een goede beschouwing gemaakt worden van de uitgangssituatie en effecten onder verschillende omstandigheden. Het jaar 2018 is op een later moment toegevoegd aan de simulatie, omdat de zomer van dit jaar gekenmerkt uitzonderlijk droog was en zodoende een aanvulling was op de omstandigheden in de jaren daarvoor. Data van 2018 waren op het moment van simuleren slechts beschikbaar tot 10 september.

Verdamping is berekend met de Penman-Monteith methode. Voor de berekeningen van de gewasopbrengsten is gebruik gemaakt van de gedetailleerde gras module WOFOST in SWAP. In deze module kunnen eigenschappen zoals worteldiepte, worteldichtheid, lengte van het groeiseizoen en maaibeleid worden opgegeven. De gesimuleerde uitgangssituatie is voor beide basismodellen hetzelfde: grasland zonder weidegang, 5 keer per jaar gemaaid en een maximale worteldiepte van het gewas van 20 cm.

Onderrandvoorwaarde

De onderrandvoorwaarde in BMI is bepaald met een vaste wegzijgingsflux van 0,5 mm per dag. Tijdens het vaststellen van deze waarde bleek het model zeer gevoelig te zijn voor deze parameter. Een hogere flux zorgde voor leegloop van het systeem grondwaterstanden die zich in de winter niet herstelden zoals verwacht op basis van de (veld)inventarisaties. Een lagere flux zorgde voor een zeer nat systeem en met een volledig verzadigd profiel in de winter. Een wegzijgingsflux van 0,5 mm per dag zorgt ervoor dat het systeem in evenwicht blijft en realistische grondwaterstanden simuleert.

2.5 Opmerkingen implementatie

Voor het beoordelen en interpreteren van de modelresultaten zijn enkele afwegingen die zijn gemaakt bij het opzetten van de basismodellen en de implementatie van maatregelen van belang. Hieronder wordt nader ingegaan op enkele afwegingen.

Verhoging organisch stofgehalte

Omdat er in SWAP geen directe parameter is om het organisch stofgehalte van de bodem in te voeren, is voor het verhogen van het organisch stofgehalte gebruik gemaakt van sets van bodemfysische parameters (Mualem-Van Genuchten parameters) op basis van de Staring reeks ("bouwstenen"). Deze parameters beschrijven de waterretentiecurve en doorlatendheids-karakteristieken van de bodem. Er zijn bouwstenen geselecteerd, welke kenmerken zijn voor bodems met een hoger organisch stofgehalte dan de bouwstenen uit het basismodel, maar waarbij overige factoren (lutumgehalte, dichtheid) zo min mogelijk verschillen. Voor deze aanpak is gekozen om de invoergegevens zo realistisch mogelijk te houden. Hierdoor wordt



voorkomen dat individuele bodemparameters worden aangepast op basis van een verwacht effect van het verhogen van organische stofgehalte en dat een verwachting automatisch doorwerkt in de resultaten.

De beoordeling van het effect van een verhoging van het organisch stofgehalte is hierdoor echter lastig, aangezien er direct meerdere parameters aangepast worden, behorende bij de bouwstenen.

Gewasopbrengsten

De berekende potentiële gewasopbrengsten in SWAP zijn gebaseerd op input van meteorologische gegevens en gewaskenmerken. Het model houdt echter beperkt rekening met reductie van de gewasgroei door bijvoorbeeld ziektes, plagen, nutriëntenbeschikbaarheid en bodemverdichting. Hierdoor worden de actuele gewasopbrengsten waarschijnlijk overschat.

Koppeling transpiratie en gewasopbrengst

Tijdens het analyseren van de resultaten van de zomer van 2018 zijn onrealistische waarden voor de actuele gewasopbrengst gemodelleerd. De actuele gewasopbrengst bleek nauwelijks achter te lopen op de potentiële gewasopbrengst, zelfs in periodes met een aanzienlijke reductie door droogtestress.

De oorzaak hiervan is dat SWAP bij berekening van de actuele gewasopbrengst uitgaat van een opgegeven verdeling van de actuele transpiratie over een dag. In SWAP kan gekozen worden voor een ongelijke verdeling van de transpiratie over een dag (volgens een sinusvorm) of voor een uniforme verdeling van de transpiratie. Alleen wanneer gekozen wordt voor een uniforme verdeling van de transpiratie in een dag wordt er een betrouwbare reductie van de gewasgroei gesimuleerd, terwijl in dit onderzoek een verdeling volgens sinus vorm werd gehanteerd.

Het gewas bleek bij een uniforme verdeling van transpiratie nauwelijks meer te groeien in de zomer van 2018 (zoals verwacht). Waarom dit verschil in reductie van grasgroei ontstaat is niet duidelijk. Dit is gecommuniceerd met de ontwikkelaars van SWAP. Voor nu is de aanbeveling om altijd een uniforme verdeling van transpiratie te simuleren. Voor de resultaten van het huidige onderzoek wordt geen effect verwacht van het gebruik van deze uniforme verdeling.

2.6 Klimaatscenario

Om een beeld te krijgen van de effecten van maatregelen in de toekomst, is een vergelijking gemaakt tussen simulaties met huidige weersgegevens en simulaties met aangepaste weersgegevens op basis van een klimaatscenario. Met behulp van getransformeerde meteorologische reeksen kan de vergelijking worden gemaakt tussen de referentiesituatie (bijvoorbeeld 2017) en een klimaatscenario's (2050). Hieronder wordt eerst beschreven wat de klimaatscenario's inhouden (bron: <http://www.klimaatscenario's.nl>).

In totaal heeft het KNMI vier scenario's (KNMI'14-klimaatscenario's) voor toekomstige klimaatverandering in Nederland gedefinieerd. Ieder scenario geeft een samenhangend beeld van veranderingen in twaalf klimaatvariabelen, waaronder temperatuur, neerslag, zeespiegel en wind. De veranderingen gelden voor het klimaat rond 2050 en 2085 ten opzichte van het klimaat in de referentieperiode 1981-2010, gepubliceerd in de klimaatatlas van het KNMI.



Er zijn 4 KNMI'14-scenario's gedefinieerd: combinaties van twee waarden voor de wereldwijde temperatuurstijging ('Gematigd' (G) en 'Warm' (W)), en twee mogelijke veranderingen van het luchtstromingspatroon ('Lage waarde' (L) en 'Hoge waarde' (H)). Samen beschrijven ze de hoekpunten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich, volgens de nieuwste inzichten, waarschijnlijk zal voltrekken. Met deze KNMI'14-scenario's biedt het KNMI een leidraad voor berekeningen van de gevolgen van klimaatverandering en voor het ontwikkelen van mogelijkheden en strategieën voor adaptatie. Ze stellen gebruikers in staat om klimaatverandering te betrekken bij het nemen van besluiten voor een veilig en duurzaam Nederland in de toekomst.

Scenario-onderscheid: G versus W

De IPCC-berekeningen voor de uitstoot van broeikasgassen, de verontreiniging van de lucht en de verandering van het landgebruik vormen de basis voor de KNMI'14-scenario's. De wereldwijde temperatuurstijging is het eerste kenmerk waarmee de scenario's worden onderscheiden. In de G-scenario's is de wereldwijde temperatuurstijging 1 °C in 2050 en 1,5 °C in 2085 ten opzichte van 1981-2010; in de W-scenario's is de stijging 2 °C in 2050 en 3,5 °C in 2085 ten opzichte van 1981-2010. Binnen deze waarden voor de toekomstige opwarming valt ruwweg 80% van de modelberekeningen.

Scenario-onderscheid: L versus H

Naast de wereldwijde temperatuurstijging is ook de verandering van het luchtstromingspatroon van invloed op de klimaatverandering in Nederland. Verandering van het luchtstromingspatroon is daarom gekozen als het tweede kenmerk voor het onderscheiden van de scenario's. In de lage of L-scenario's (G_L en W_L) is de invloed van deze verandering klein, in de hoge of H-scenario's (G^H en W^H) is de invloed groot. In de H-scenario's waait het in de winter vaker uit het westen. Ten opzichte van de L-scenario's betekent dit een zachter en natter weertype. In de H-scenario's hebben hogedrukgebieden in de zomer een grotere invloed op het weer. Vergeleken met de L-scenario's zorgen ze voor meer oostenwinden, die in Nederland warmer en droger weer met zich meebrengen. Recente berekeningen met de wereldwijde klimaatmodellen voor het IPCC wijzen op deze veranderingen van het luchtstromingspatroon. Met behulp van het KNMI klimaatmodel voor Europa zijn ze vertaald naar Nederland.

Op basis van deze informatie is gekozen om de referentiejaren te vergelijken met klimaatscenario W^H 2050.

Neerslag, temperatuur en globale straling van 2014 tot en met 2017 zijn opnieuw berekend en omgezet naar reeksen zoals die volgens het klimaatscenario zullen voorkomen in het jaar 2050. Weersgegevens van 2018 zijn niet omgezet, omdat dit jaar (nat voorjaar, lange droge zomer) al als representatief voor de toekomst wordt gezien.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



3 Potentiële maatregelen

Hieronder worden de verwachte effecten en de implementatie van de in paragraaf 1.5 geselecteerde maatregelen besproken. Per maatregel wordt een hypothese over de effecten beschreven, gevolgd door de wijze van implementatie in de basismodellen.

3.1 Verhogen organisch stofgehalte

Hypothese

Het verhogen van het organisch stofgehalte (OS) kan meerdere positieve effecten hebben: verbetering van bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, watervasthoudend vermogen, buffering van nutriënten mineralen en stimuleren van bodemleven. Deze effecten zouden zich moeten uiten in een positief effect op gewasgroei en waterbeschikbaarheid (en dus watergebruik) door het gewas.

Implementatie basismodel 1

Voor het simuleren van een verhoogd organisch stofgehalte zijn twee bodemprofielen geselecteerd met vergelijkbare eigenschappen als het bodemprofiel in basismodel 1, maar zich kenmerken door een hoger percentage OS en lutum:

- lemige zandgronden met keileem in de ondergrond en een lichte verhoging van het OS gehalte (5,9%) en lutum (5%) in de bovenlaag ('scenario OS1') ;
- zwak lemige zandgronden met een kleidek en keileem in de ondergrond en een aanzienlijke verhoging in zowel OS gehalte (8%) als lutum (13%) in de bovenlaag ('scenario OS2').

Bijbehorende bodemeigenschappen zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: eigenschappen bodem bij verhoging organische stofgehalte.

OS1						
Diepte	Org. Stof (%)	Lutum (<2 µm)	Silt (2-50 µm)	Leem (<50 µm)	Dichtheid (g/cm ³)	Staring bouwsteen
0 – 30	5,9	5	19	24	1,330	B3
30 – 50	3,8	5	19	24	1,468	O3
50 – 150	0,8	5	19	24	1,550	O6
150 – 300	0,3	5	9	14	1,672	O1
OS2						
0 – 30	8,0	13	22	35	1,213	B8
30 – 50	3,0	4	10	14	1,403	O9
50 – 150	0,8	5	19	24	1,550	O6
150 – 300	0,3	5	9	14	1,672	O1

Implementatie basismodel 2

De bodem in basismodel 2 beschikt al over een hoog percentage organisch stofgehalte in de bovenlaag (9,0%) en een verdere verhoging wordt als niet-realistisch beschouwd. De maatregel is daarom geïmplementeerd als het vergroten van de laag met 9,0% organische stof van 20 naar 30 cm (in het vervolg van dit rapport 'scenario OS30' genoemd).



3.2 Bevorderen bewortelingsdiepte en bewortelingsdichtheid

Hypothese

Bewortelingsdiepte kan direct worden gestimuleerd door de toepassing van diepwortelende grassoorten (eventueel in mengsel met andere gewassen). Hierdoor wordt de potentiële waterbeschikbaarheid groter, omdat wortels dieper komen. Indirect kan beworteling (diepte en dichtheid; gezamenlijk de ondergrondse biomassa vormend) ook worden gestimuleerd door goede drainage en goed afwaterende sloten in de winter zodat het wortelstelsel niet afsterft door zuurstofstress. Daarnaast kan er ingezet worden op zo min mogelijk verstoring van de ontwikkeling van het gewas (inclusief ondergrondse biomassa) door maaien; met name door het verlagen van de maaifrequentie en diepte van de snedes (langer gras laten staan) en daarmee de productiviteit van het gewas minder te onderbreken.

Implementatie basismodel I en 2

Er is gekozen om drie verschillende scenario's door te rekenen.

- 1) Verhoging van de maximale worteldiepte tot 50 cm en maximale worteldichtheid van het gewas (in SWAP gedefinieerd als 100% worteldichtheid) in de bovenste 25 cm van de bodem ('scenario W1');
- 2) verlagen van de maaifrequentie naar 3x per jaar ('scenario W2');
- 3) verhogen van de bovengrondse biomassa door minder kort te maaien ('scenario W3').

Bovenstaande maatregelen zijn ook gecombineerd in een 'combinatiescenario W1+W2+W3'.

3.3 Verbeterde afvoer kavelsloten in winter

Hypothese

Door goede afvoer van het water op de percelen in de winter worden zuurstofloze omstandigheden en daarmee de wortelsterfte beperkt, waardoor de weerbaarheid in drogere periodes toeneemt omdat er een dieper en dichter wortelstelsel kan worden ontwikkeld.

Implementatie basismodel I en 2

De maatregel is gemodelleerd als verlaging van de bodemdiepte van de kavelsloot naar 100 cm-mv ('scenario bodemdiepte'), zodat waterafvoer in de sloot en drainage van de bodem gestimuleerd wordt.

3.4 Vasthouden water in kavelsloten in voorjaar

Hypothese

Door het plaatsen van kleine stuwtjes wordt water tijdelijk geborgen in kavelsloten. Hierdoor wordt er meer water vastgehouden, ook in de bodem van het perceel. Door een aanpasbare stuw kan het peil in het kavelsloten worden gereguleerd. Deze maatregel moet met mate worden toegepast en is alleen geschikt voor basismodel I,



omdat voor basismodel 2 (laaggelegen polders) een vast peil wordt gehanteerd in de kavelsloot.

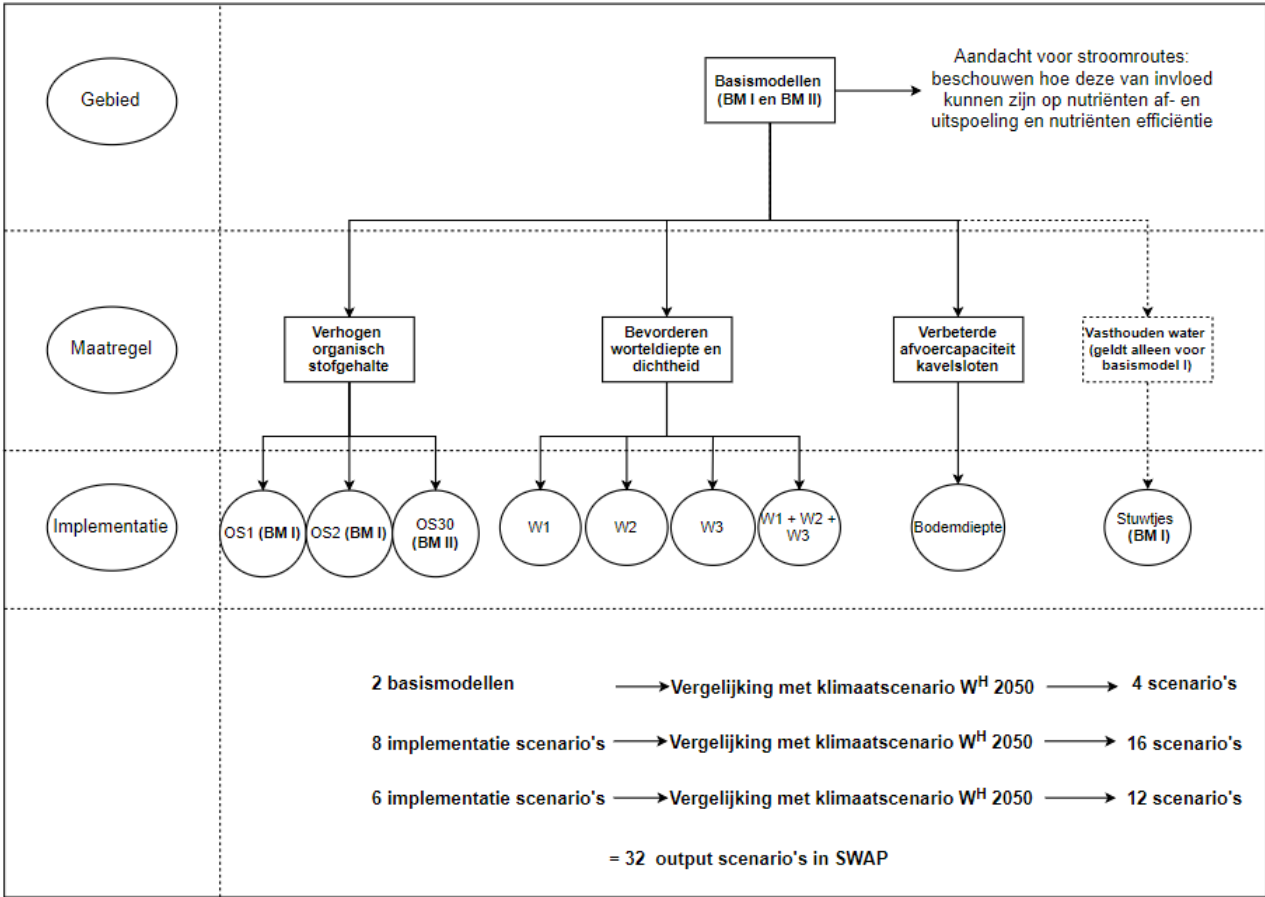
Implementatie basismodel I

In SWAP is de maatregel gemodelleerd als een brede overlaat met een standaard stage-discharge relatie. De stuwstand wordt tweemaal per jaar aangepast: op 1 april wordt de stuw ingesteld op 40 cm-mv en op 1 oktober wordt de stuw teruggezet naar 60 cm-mv ('scenario stuwetje').

3.5 Beoordeling potentiële maatregelen

De maatregelen zijn beoordeeld op watergebruik door het gewas, bodemvochttoestand, grondwateraanvulling op verschillende tijdstippen, ontwikkeling wortelstelsel, gewasgroei, mate van droogtestress en natstress en verdeling van snelle en langzame stroomroutes.

3.6 Schematisch overzicht implementatiescenario's





Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



4 Resultaten

Alleen de resultaten van de jaren 2017 en 2018 worden hier gepresenteerd, omdat deze de waargenomen variatie goed weergeven en op basis hiervan de impact van de maatregelen goed kan worden beoordeeld. Elk jaar is onderverdeeld in een zomerhalfjaar (1 april tot en met 30 september) en een winterhalfjaar (1 januari tot en met 31 maart en 1 oktober tot en met 31 december).

4.1 Basismodellen

Waterbalans

Tabel 4.1: waterbalans voor BM1 in de jaren 2017 en 2018.

	Zomer 2017	Winter 2017	Zomer 2018	Winter 2018
Evapotranspiratie	500	136	413	73
Transpiratie	342	58	309	36
Bodemverdamping	120	45	81	28
Interceptie	38	33	23	9
Drainage	0	9	0	86
Oppervlakkige afstroming	0	0	0	50
Neerslag	485	556	300	214

¹Het jaar 2018 loopt tot en met 10 september.

Tabel 4.2: waterbalans voor BM2 in de jaren 2017 en 2018.


	Zomer 2017	Winter 2017	Zomer 2018	Winter 2018
Evapotranspiratie	557	134	580	76
Transpiratie	393	57	481	39
Bodemverdamping	125	45	66	27
Interceptie	39	32	33	10
Drainage	-86	227	-105	117
Oppervlakkige afstroming	0	8	0	12
Neerslag	485	556	300	214

¹Het jaar 2018 loopt tot en met 10 september.

In bovenstaande tabellen 4.1 en 4.2 zijn de waterbalansen voor het jaar 2017 en 2018 (tot 10 september) weergegeven.

Totale neerslag in 2017 was 1041 mm; een relatief nat jaar. De evapotranspiratie was respectievelijk 61% (BM1) en 66% (BM2) van de neerslag. Het neerslagtekort (berekend door de hoeveelheid neerslag minus de potentiële verdamping (transpiratie en bodemverdamping)) in de periode van 1 april tot en met 30 september 2017 bedroeg 98 mm.

Totale neerslag in 2018 (tot en met 10 september) was 514 mm. Dit jaar is een stuk droger dan 2017 en was voornamelijk droog in de maanden juni tot en met september. Wat opvalt zijn de verschillen in evapotranspiratie in de zomer van 2018 voor beide basismodellen. Voor BM2 is er aanvoer van water mogelijk vanuit de kavelsloten richting het perceel. De wateraanvoer is terug te zien in de negatieve drainage in de tabel. Hierdoor is de transpiratie (wateropname door de wortels) van



het gewas hoger. Bij BMI is wateraanvoer niet mogelijk en daardoor vallen de kavelsloten snel droog in de zomer, waardoor er minder transpiratie is. Het neerslagtekort in de periode van 1 april tot en met 10 september 2018 bedroeg 344 mm.

Gewasopbrengsten

De gewasopbrengsten worden op twee manieren uitgedrukt: potentiële gewasopbrengst en actuele gewasopbrengst. De potentiële gewasopbrengst is berekend in SWAP als functie van het gesimuleerde CO₂-gehalte, de straling, de temperatuur en de gewaskenmerken. De actuele gewasopbrengst wordt vervolgens berekend op basis van beschikbaar hoeveelheid vocht (actuele transpiratie, eventueel gereduceerd door droogtestress, natstress, zoutstress en stress door bevroren condities). In de berekeningen van de actuele gewasopbrengsten is een factor van 0,9 gebruikt die in de berekening van de actuele gewasopbrengsten corrigeert voor verlies van gewasopbrengsten door bijvoorbeeld niet-optimale nutriëntenbeschikbaarheid of reductie door plagen, ziektes en bodemverdichting. Het uiteindelijke verschil tussen potentiële en actuele gewasopbrengst kan hoger uitvallen dan 10%, waarschijnlijk door feedbacks in de berekening.

Tabel 4.3: gewasopbrengsten in kg/ha voor BMI voor 2017 en 2018.

	2017	2018
Potentiële gewasopbrengst	22.376	23.814
Actuele gewasopbrengst	17.770	13.686

Tabel 4.4: gewasopbrengsten in kg/ha voor BM2 voor 2017 en 2018.

	2017	2018
Potentiële gewasopbrengst	22.376	23.814
Actuele gewasopbrengst	19.526	19.224

De hoge actuele transpiratie in BM2 ten opzichte van BMI is terug te zien in de actuele gewasopbrengst. Voor beide jaren ligt de actuele gewasopbrengst van BM2 hoger dan die voor BMI. De droge zomer van 2018 komt ook duidelijk naar voren in BMI: de actuele gewasopbrengst voor geheel 2018 is hier 57% van de potentiële gewasopbrengst. Zeker als er ingezoomd wordt op de gewasopbrengst die valt binnen de droge periode van begin juni tot en met half augustus 2018: hier is de actuele gewasopbrengst slechts 22% van de potentiële gewasopbrengst. De actuele opbrengst over het gehele jaar is voornamelijk gerealiseerd in het voorjaar en na de droge periode in augustus, waar voldoende water beschikbaar was door neerslag.

Afname actuele transpiratie

De reductie van wateropname door wortels (transpiratie van het gewas) wordt in SWAP beschreven door zuurstofstress (door natte condities), droogtestress, zoutstress en stress door bevroren condities. Zoutstress en stress door bevroren condities zijn niet gesimuleerd. De afname van de actuele transpiratie is dus direct te relateren aan de droogtestress en zuurstofstress. In de zomer van 2018 treedt in beide basismodellen droogtestress op.



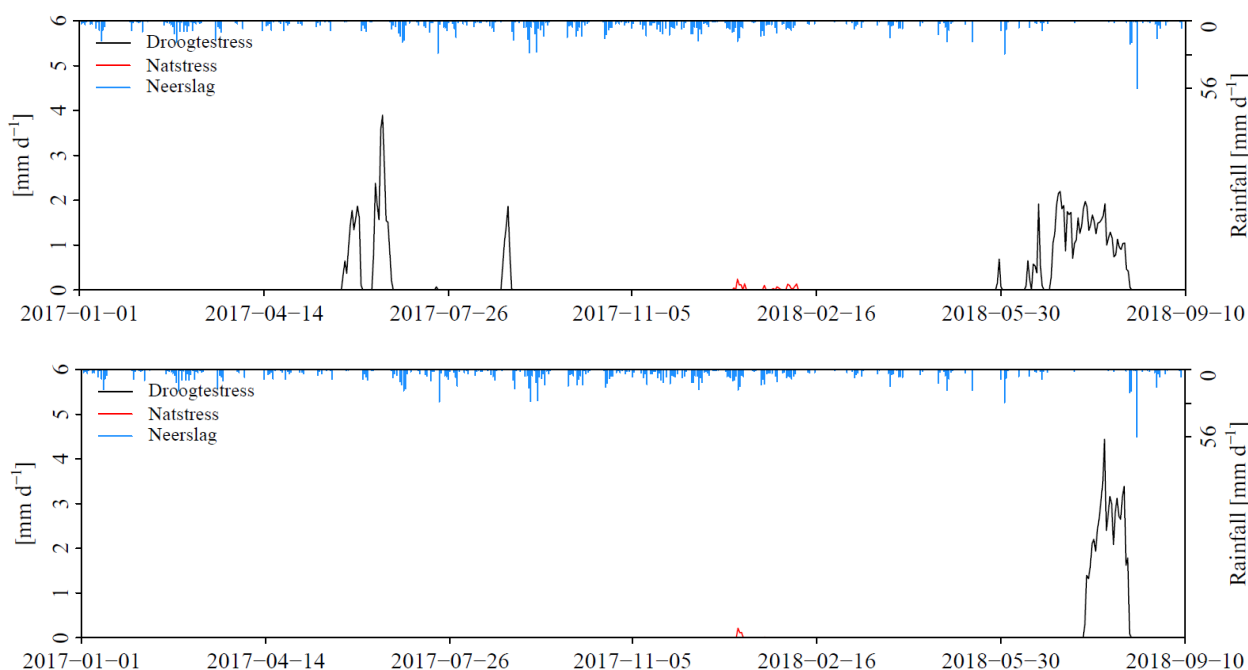
Tabel 4.5: totale hoeveelheid reductie in transpiratie door stress (in mm) voor BMI voor 2017 en 2018.

Parameter	2017	2018
Droogtestress	39	65
Natstress		1,4

Tabel 4.6: totale hoeveelheid reductie in transpiratie door stress (in mm) voor BM2 voor 2017 en 2018.

Parameter	2017	2018
Droogtestress		62
Natstress		0,4

Voor 2018 begon in BMI een reductie van transpiratie door droogtestress op 28 mei 2018. In totaal traden er in dit model 57 dagen met droogtestress op met een cumulatieve hoeveelheid van 65 mm. In BM2 begon reductie van transpiratie door droogtestress later: op 16 juli 2018. In totaal traden er in dit model 25 dagen met droogtestress op met een cumulatieve hoeveelheid van 62 mm. Dit betreft dus een minder lange periode met intensere droogtestress: het vaste slootpeil is op een gegeven moment niet meer toereikend om het hele perceel van voldoende vocht te voorzien. De intensere droogtestress wordt verklaard doordat het gewas in deze periode al wel sterk ontwikkeld is en daardoor naar verhouding een groot potentieel waterverbruik heeft: het verschil tussen potentiële en actuele transpiratie wordt dan erg groot. In figuur 4.1 is het verloop van de droogte- en natstress weergegeven voor de jaren 2017 en 2018.



Figuur 4.1: weergave van de droogtestress en natstress van 1 januari 2017 tot en met 10 september 2018 voor BMI (boven) en BM2 (onder).

4.2 Potentiële maatregelen

Hieronder zijn de effecten van de potentiële maatregelen weergegeven op basis van de waterbalans, gewasopbrengsten en reductie door droogtestress ten opzichte van beide basismodellen. Indien in onderstaande tabellen geen waarden staan weergegeven en de cel wit is, betekent dit dat er geen effect van het scenario is waargenomen in de modelresultaten. Groene cellen geven een toename weer, rode cellen geven een afname weer.

Waterbalans

Basismodel I

Tabel 4.7: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BMI (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2017.

	OS1	OS2	W1	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte	Stuw
Evapotranspiratie	10 (2%)	-12 (-2%)	15 (3%)	20 (5%)	22 (4%)	53 (11%)		
Transpiratie	8 (2%)	-22 (-6%)	13 (4%)	33 (10%)	33 (10%)	63 (18%)		
Bodemverdamping	2 (2%)	11 (9%)	3 (3%)	-30 (-25%)	-25 (-21%)	-37 (-31%)		
Interceptie		-1 (-3%)	-1 (-3%)	20 (53%)	14 (37%)	27 (71%)		
Drainage								
Oppervlakkige afstroming								

Tabel 4.8: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BMI (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2017.

	OS1	OS2	W1	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte	Stuw
Evapotranspiratie	-1 (-1%)	-1 (-1%)		4 (3%)	12 (9%)	13 (10%)		
Transpiratie	-1 (-2%)	-1 (-2%)	-1 (-2%)		3 (5%)	3 (5%)		
Bodemverdamping				-3 (-7%)	-6 (-13%)	-7 (-16%)		
Interceptie				7 (21%)	15 (45%)	17 (52%)		
Drainage	-7 (-78%)	18 (300%)	-9 (0/9*)	-9 (0/9*)	-9 (0/9*)	-9 (0/9*)	1 (11%)	4 (44%)
Oppervlakkige afstroming		1 (0/1*)						

* De verandering kan niet worden uitgedrukt in een percentage, omdat deze term in één van de simulaties 0 is. Daarom wordt het aantal millimeters van beide simulaties weergegeven (maatregel/basismodel).

Tabel 4.9: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BMI (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2018.

	OSI	OS2	WI	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte	Stuw
Evapotranspiratie	14 (3%)	-15 (-4%)	7 (2%)	5 (1%)	9 (2%)	15 (4%)		
Transpiratie	13 (4%)	-32 (-10%)	5 (2%)	6 (2%)	16 (5%)	20 (7%)		
Bodemverdamping	1 (1%)	19 (24%)	3 (4%)	-1 (-1%)	-9 (-11%)	-7 (-9%)		
Interceptie		-2 (-9%)	-1 (-4%)		2 (9%)	2 (9%)		
Drainage							-2 (-2/0*)	
Oppervlakkige afstroming								

* De verandering kan niet worden uitgedrukt in een percentage, omdat deze term in één van de simulaties 0 is. Daarom wordt het aantal millimeters van beide simulaties weergegeven (maatregel/basismodel).

Tabel 4.10: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BMI (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2018.

	OSI	OS2	WI	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte	Stuw
Evapotranspiratie					1 (1%)	3 (4%)		
Transpiratie					1 (3%)	3 (8%)		
Bodemverdamping						-1 (-4%)		
Interceptie						1 (11%)		
Drainage	-6 (-7%)	- (-5%)	-5 (-6%)	-8 (-9%)	-19 (-22%)	-64 (-74%)	9 (0%)	
Oppervlakkige afstroming	-2 (-4%)	7 (14%)	-17 (-34%)	-29 (-58%)	-34 (-68%)	-50 (0/50*)	-20	1 (2%)

* De verandering kan niet worden uitgedrukt in een percentage, omdat deze term in één van de simulaties 0 is. Daarom wordt het aantal millimeters van beide simulaties weergegeven (maatregel/basismodel).

In scenario OSI is een toename van actuele transpiratie met 2% voor zomer 2017 en 4% voor zomer 2018 te zien. In scenario OS2 is er juist een afname van 6% voor zomer 2017 en 10% voor zomer 2018 berekend. De bodemverdamping is in scenario OS2 toegenomen. Blijkbaar kan de beschikbare hoeveelheid vocht niet worden opgenomen door het gewas, maar verdampt deze uit de bodem, waardoor transpiratie afneemt.

De scenario's diepere beworteling, minder maaien en minder kort maaien geven allen een stijging van de actuele transpiratie weer. Het combinatiescenario geeft de grootste stijging van de actuele transpiratie. Opvallend is dat de stijgingen in 2017 hoger zijn dan voor 2018. Verklaring hiervoor is dat in de zomer van 2017 meer neerslag is gevallen dan in de zomer van 2018. De grotere hoeveelheid beschikbaar vocht (meer vocht bereikbaar door bijvoorbeeld een beter ontwikkeld wortelstelsel of door een

grotere hoeveelheid aanwezig vocht in de bodem) is daarom terug te zien in een hogere verdamping. Een hogere verdamping van het gewas betekent meer groei van het gewas. Het gevolg in de simulaties is dat de bodemverdamping afneemt en de interceptie juist toeneemt.

Het scenario bodemdikte geeft een stijging van de drainage in de winters van 2017 en 2018 van 11% en 10%. In winter 2018 is er ook een afname van de oppervlakkige afstroming van 20%. Het scenario stuw heeft niet tot nauwelijks effect op de waterbalans.

Basismodel 2

Tabel 4.11: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BM2 (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2017.

	OS30	W1	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte
Evapotranspiratie			48 (8%)	70 (13%)	96 (17%)	
Transpiratie			58 (15%)	81 (20%)	109 (28%)	
Bodemverdamping			-42 (-34%)	-27 (-22%)	-56 (-45%)	
Interceptie			32 (82%)	16 (41%)	43 (210%)	
Drainage	-1 (-1%)		-11 (-13%)	-18 (-21%)	-24 (-28%)	-1 (-1%)
Oppervlakkige afstroming						

Tabel 4.12: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BM2 (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2017.

	OS30	W1	W2	W3	W1+W2+W3	Bodem diepte
Evapotranspiratie			6 (5%)	13 (10%)	15 (11%)	
Transpiratie			1 (2%)	4 (7%)	4 (7%)	
Bodemverdamping			-3 (-7%)	-5 (-11%)	-7 (-16%)	
Interceptie			8 (25%)	14 (44%)	18 (56%)	
Drainage	4 (2%)		-53 (-23%)	-72 (-32%)	-96 (-42%)	4 (2%)
Oppervlakkige afstroming				-1 (-13%)	-1 (-13%)	-1 (-13%)



Tabel 4.13: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BM2 (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2018.

	OS30	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte
Evapotranspiratie		6		18 (3%)	77 (11%)	
Transpiratie		36 (8%)		27 (6%)	83 (17%)	
Bodemverdamping	-1 (-2%)	-1 (-2%)		-11 (-17%)	-12 (-18%)	
Interceptie		2 (6%)		2 (6%)	6 (18%)	
Drainage	-1 (-1%)	-4 (-4%)		-6 (-6%)	-13 (-12%)	-2 (-2%)
Oppervlakkige afstroming						

Tabel 4.14: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. BM2 (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2018.

	OS30	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte
Evapotranspiratie						
Transpiratie						
Bodemverdamping						
Interceptie						
Drainage				-1 (-1%)	-1 (-1%)	1 (1%)
Oppervlakkige afstroming						-1 (-8%)

In de waterbalans is bijna geen effect te zien van het scenario OS30 ten opzichte van BM2. Alleen in zomer 2018 is een verhoging van 0,4% in de actuele transpiratie berekend (afgerond 0 in tabel 4.13).

De scenario's diepere beworteling, minder maaien en minder kort maaien geven allen een stijging van de actuele transpiratie weer. Het combinatiescenario geeft de grootste stijging van de actuele transpiratie weer. De actuele transpiratie in zomer 2017 neemt met 28% sterk toe.

Het scenario bodemdiepte geeft een lichte stijging van de drainage in winter 2017 en 2018 van 2% en 1%. Tegelijkertijd neemt de oppervlakkige afstroming af met 13% en 8%.

Gewasopbrengsten

Basismodel 1

Tabel 4.15: verandering van de actuele gewasopbrengst in kg/ha en in procenten t.o.v. BMI voor 2017.

	OS1	OS2	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte	Stuw
Actuele gewasopbrengst	335 (2%)	-871 (-5%)	443 (3%)	1545 (9%)	533 (3%)	1525 (9%)		

Tabel 4.16: verandering van de actuele gewasopbrengst in kg/ha en in procenten t.o.v. BMI voor 2018.

	OS1	OS2	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte	Stuw
Actuele gewasopbrengst	461 (3%)	-1177 (-9%)	238 (2%)	191 (1%)	-515 (-4%)	-309 (-2%)		

In scenario OS1 is een toename van de gewasopbrengst van 2% voor 2017 en 3% voor 2018 berekend. Scenario OS2 heeft een lagere gewasopbrengst; 5% voor 2017 en 9% voor 2018.

Het scenario diepere beworteling heeft een positief effect op de gewasopbrengst; toename van 3% in 2017 en 2% in 2018. Door de diepere beworteling kan het gewas langer over voldoende vocht beschikken. Opvallend is dat de gewasopbrengsten lager uitvallen in 2018 voor het scenario minder kort maaien en het combinatiescenario, terwijl de transpiratie wel is toegenomen. Doordat er minder kort wordt gemaaid blijft er meer bovengrondse biomassa over na het maaien dat snel weer water verbruikt (de potentiële transpiratie is snel weer hoog). Dit zorgt ervoor dat het watertekort snel oploopt, wat zich uiteindelijk vertaalt in een lagere gewasopbrengst door waterstress. Voor 2017 is dit niet het geval, omdat er in dit jaar aanzienlijk meer vocht beschikbaar is in de zomer.

Basismodel 2

Tabel 4.17: verandering van de actuele gewasopbrengst in kg/ha en in procenten t.o.v. BM2 voor 2017.

	OS30	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte
Actuele gewasopbrengst			2815 (14%)	2183 (11%)	3665 (19%)	

Tabel 4.18: verandering van de actuele gewasopbrengst in kg/ha en in procenten t.o.v. BM2 voor 2018.

	OS30	W1	W2	W3	W1+ W2+ W3	Bodem diepte
Actuele gewasopbrengst		761 (4%)		-131 (-1%)	1170 (6%)	

Zowel in 2017 als 2018 is er geen effect van scenario OS30 op de gewasopbrengst berekend. Er zijn wel sterke toenames in de gewasopbrengsten in de scenario's minder maaien, minder kort maaien en het combinatiescenario, met name in 2017. Doordat er een vast peil wordt gehanteerd in BM2 is er continu vocht beschikbaar voor het gewas, wat beter benut kan worden door het gewas als de groei ervan

minder wordt verstoord door maaien. Dit levert grote toenames in de gewasopbrengst op. Een diepere beworteling heeft geen effect voor 2017, omdat vochtbeschikbaarheid geen beperking is.

In 2018 is de invloed van droogte te zien op de gewasopbrengsten. De gewasopbrengsten zijn lager dan in 2017. Het scenario diepere beworteling heeft wel een positief effect van 4%, omdat het gewas langer vocht tot zijn beschikking heeft.

Droogtestress

Een indicator voor de reden van afname van de actuele transpiratie is de reductie door droogtestress. Hieronder is het optreden van droogtestress met een aantal karakteristieken van droogtestress voor de potentiële maatregelen weergegeven. Alleen de resultaten voor 2018 zijn samengevat, omdat in dit jaar de droogtestress aanzienlijk was en daardoor goed beoordeeld kan worden of maatregelen deze droogtestress kunnen verminderen.

Basismodel 1

Tabel 4.19: droogtestress karakteristieken voor BMI in 2018. De totale hoeveelheid droogtestress (in mm) wordt in SWAP uitgedrukt als de afname van de actuele transpiratie.

	BMI	OSI	OS2	WI	W2	W3	WI+ W2+ W3	Bodem diepte	Stuw
Totale hoeveelheid (mm)	65	67	71	66	66	69	56	65	65
Start	28 mei	29 mei	9 mei	30 juni	28 mei	24 mei	17 juni	28 mei	28 mei
Aantal dagen	57	55	74	43	57	69	57	57	57

Het scenario diepere beworteling (WI) heeft een positief effect op het verminderen van de droogtestress. Ten opzichte van BMI treedt de droogtestress meer dan een maand later op (30 juni in plaats van 28 mei). Ook het combinatiescenario levert een aanzienlijk latere start op van de droogtestress en een vermindering van de totale hoeveelheid. Het aantal dagen waarover de stress verdeelt is, is aanzienlijk groter.

Basismodel 2

Tabel 4.20: droogtestress karakteristieken voor BM2 in 2018. De totale hoeveelheid droogtestress (in mm) wordt in SWAP uitgedrukt als de afname van de actuele transpiratie.

	BM2	OS30	WI	W2	W3	WI+ W2+ W3	Bodem diepte
Totale hoeveelheid (mm)	62	60	39	61	87	57	61
Start	16 juli	15 juli	25 juli	16 juli	2 juli	20 juli	16 juli
Aantal dagen	25	27	17	26	39	23	25

Het scenario diepere beworteling (WI) heeft ook in BM2 een duidelijk positief effect op het verminderen van de droogtestress. De periode van de droogtestress begint hier 9 dagen later dan in BM2 (25 juli in plaats van 16 juli). Verder valt op dat de totale reductie door droogtestress voor het scenario minder kort maaien (W3) 87 mm is. Doordat er minder kort gemaaid is, is er meer bovengrondse biomassa aanwezig; de groei van het gewas wordt minder verstoord door minder kort maaien, waardoor



waterverbruik door de plant sneller weer op een hoog niveau is. Dit zorgt in de droge zomer van 2018 voor meer reductie door droogtestress.

4.3 Klimaatscenario

Waterbalans klimaatscenario

In tabel 4.21 zijn verschillende waterbalanscomponenten weergegeven voor het zomerhalfjaar van 2017 en het zomerhalfjaar van 2017 met klimaatscenario (getransformeerde weersgegevens) voor beide basismodellen en de basismodellen met het klimaatscenario. Het jaar 2018 was een uitzonderlijk droog jaar, waardoor dit jaar al zonder transformatie van weersgegevens volgens het klimaatscenario als voorbeeld van een toekomstig klimaat kan dienen. De transformatie is daarom hier niet uitgevoerd.

Tabel 4.21: waterbalanscomponenten voor het zomerhalfjaar van 2017 en het zomerhalfjaar van 2017 met klimaatscenario voor BMI.

	2017	2017 klimaatscenario
Neerslag	485	439
Bodemverdamping	120	101
Actuele transpiratie	342	337
Bergingsverandering	-11	-13
Potentiële transpiratie	380	409
Verhouding Tact/Tpot	90%	82%
Droogtestress (Tpot – Tact)	38	72

Tabel 4.22: waterbalanscomponenten voor het zomerhalfjaar van 2017 en het zomerhalfjaar van 2017 met klimaatscenario voor BM2.

	2017	2017 klimaatscenario
Neerslag	485	439
Bodemverdamping	125	109
Actuele transpiratie	392	443
Bergingsverandering	-19	-8
Potentiële transpiratie	392	443
Verhouding Tact/Tpot	100%	100%
Droogtestress (Tpot – Tact)	0	0

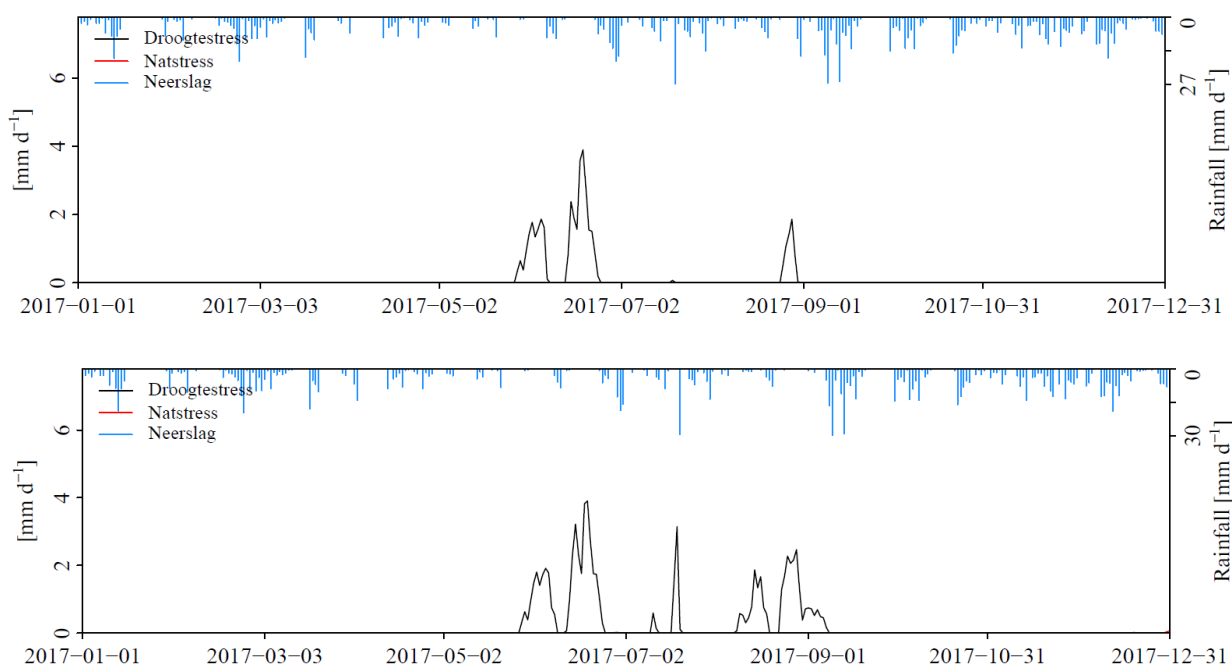
Onder het klimaatscenario W^H 2050 kenmerken de zomers zich door minder neerslag en een hogere temperatuur dan in het huidige klimaat. Met name door de hogere temperatuur is de potentiële transpiratie hoger (omdat deze bepaald wordt door de weerscondities). Op basis van de temperatuur en de straling zijn de groeicondities dus beter, waardoor ook de watervraag door het gewas groter is.

Voor BMI kan het plant-bodem systeem niet voldoen aan die watervraag voor optimale groei. Daardoor neemt de actuele transpiratie, in tegenstelling tot de potentiële transpiratie niet toe, maar een klein beetje af. De reden voor de beperkte waterbeschikbaarheid kan zijn dat er daadwerkelijk niet voldoende water in de bodem



aanwezig is, of dat het wortelstelsel niet genoeg ontwikkeld is om het aanwezige water op te nemen.

Over het hele jaar neemt de gewasgroei in het klimaatscenario iets toe door het effect van hogere temperaturen, welke niet geheel wordt tegengegaan door extra droogtestress (zie figuur 4.2). In het voorjaar is de actuele transpiratie hoger (en gelijk aan de potentiële transpiratie), dus hier wordt volop geprofiteerd van de betere weersomstandigheden als er nog voldoende water aanwezig is. Wel is te zien dat de periodes van droogtestress in de zomer langer en intenser worden. In het geval van een droge winter of geleidelijke uitputting van het bodem-water systeem kan dit effect al eerder in het jaar optreden en wel voor een lagere gewasproductie zorgen.



Figuur 4.2: weergaven van de droogtestress en natstress voor BMI voor 2017 (boven) en het klimaatscenario voor 2017 (onder).

Gewasopbrengsten klimaatscenario

In onderstaande tabellen worden de gewasopbrengsten voor BMI en BM2 weergegeven voor 2017 met klimaatscenario.

Tabel 4.23: gewasopbrengsten in kg/ha voor BMI voor 2017 met klimaatscenario.

	2017
Potentiële gewasopbrengst	25.974
Actuele gewasopbrengst	18.504

Tabel 4.24: gewasopbrengsten in kg/ha voor BM2 voor 2017 met klimaatscenario.

	2017
Potentiële gewasopbrengst	25.974
Actuele gewasopbrengst	22.426



Voor beide basismodellen is er een toename in zowel de potentiële als in de actuele gewasopbrengsten waargenomen in het klimaatscenario (vergelijk met Tabel 4.3 en 4.4), voornamelijk door meer optimale weersomstandigheden. Tevens is het groeiseizoen door voornamelijk hogere temperaturen langer in het klimaatscenario, waardoor de eerste en laatste snede meer opbrengst opleveren.

Potentiële maatregelen moeten er dus niet zozeer op gericht zijn om droogtestress zoals gedefinieerd in SWAP (het verschil tussen potentiële transpiratie en actuele transpiratie) geheel te voorkomen en het optreden van droogtestress per definitie te zien als een negatief effect ten opzichte van de huidige situatie: door de hogere potentiële transpiratie kan ook de gewasopbrengst worden verhoogd, mits er meer water beschikbaar is dan in de huidige situatie. De optimalere groeiomstandigheden voor het gewas in een veranderd klimaat (hogere temperaturen, hogere straling) moeten dus verder gefaciliteerd worden: door de actuele transpiratie dichterbij de toch al hogere potentiële transpiratie te krijgen door meer water beschikbaar te krijgen, wordt de gewasopbrengst verhoogd ten opzichte van de huidige situatie in BMI.

Het betreft dan dus een aanpassing om de gewasproductie omhoog te krijgen en niet alleen om de gewasproductie in stand te houden door beperkingen in de toekomst te voorkomen. Echter, op de lange termijn komt er waarschijnlijk minder grondwateraanvulling als de actuele verdamping door een maatregel omhoog gebracht wordt, waardoor het systeem kan verdrogen (met mogelijk gevolgen voor de kwelintensiteit in het beekdal van het Dwarsdiep).

Potentiële maatregelen klimaatscenario

Omdat er moet worden gezocht naar maatregelen die er voor zorgen dat er meer water beschikbaar komt, is het WI scenario verder uitgewerkt. Door diepere beworteling kan er namelijk meer water beschikbaar komen voor het gewas. Hieronder is voor maatregel WI de waterbalans, de gewasopbrengsten en de hoeveelheid droogtestress weergegeven.

Waterbalans maatregel

Om de effecten van diepere beworteling ten opzichte van het basismodel met een klimaatscenario te beoordelen zijn waterbalansen opgesteld voor zowel BMI als BM2. Onderstaande tabellen geven de verschillen tussen een basismodel met klimaatscenario en een basismodel met klimaatscenario én WI scenario weer.

Basismodel 1

Tabel 4.25: verandering in de waterbalanscomponenten voor BMI met WI scenario (mm en procenten) t.o.v. BMI voor de zomer van 2017 met klimaatscenario.

	WI
Evapotranspiratie	12 (3%)
Transpiratie	4 (1%)
Bodemverdamping	8 (8%)
Interceptie	
Drainage	



	WI
Evapotranspiratie	12 (3%)
Oppervlakkige afstroming	

Basismodel 2

Tabel 4.26: verandering in de waterbalanscomponenten voor BM2 met WI scenario (mm en procenten) t.o.v. BM2 voor de zomer van 2017 met klimaatscenario.

	WI
Evapotranspiratie	
Transpiratie	
Bodemverdamping	
Interceptie	
Drainage	-1 (-1%)
Oppervlakkige afstroming	-1 (7%)

Uit bovenstaande tabellen is te zien dat diepere beworteling alleen een effect heeft in BMI als de zomer van 2017 wordt beschouwd. Het watergebruik door het gewas (transpiratie) neemt heel licht toe. De bodemverdamping neemt wat meer toe. Deze toename is moeilijk te verklaren door een diepere beworteling. In BM2 is geen verandering te zien in evapotranspiratie. Drainage en oppervlakkige afstroming nemen enigszins af.

Gewasopbrengsten

Er zijn geen verschillen (minder dan 0,5%) in gewasopbrengsten berekend voor beide scenario's ten opzichte van de basismodellen met klimaatscenario. De lichte verhoging in transpiratie in BMI vertaald zich dus niet in meer opbrengst.

Droogtestress

Hieronder zijn de droogtestresskarakteristieken weergegeven voor BMI. Er is geen droogtestress waargenomen voor BM2, noch met als zonder het scenario WI.

Basismodel 1

Tabel 4.27: droogtestress karakteristieken voor BMI met klimaatscenario in 2017 en BMI met klimaatscenario en WI scenario. De totale hoeveelheid droogtestress (in mm) wordt in SWAP uitgedrukt als de afname van de actuele transpiratie.

Droogtestress	BMI	WI
Totale hoeveelheid (mm)	72	68
Start	28 mei 2017	4 juni 2017
Aantal dagen	59	54

Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij het WI scenario de totale droogtestress met 4 mm afneemt. Dit is overeenkomstig met de toename in transpiratie (zie Tabel 4.25). Diepere beworteling levert hier dus een lichte verbetering in hoeveelheid beschikbaar water, maar niet in gewasopbrengst.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



5 Conclusies

SWAP is gebruikt als instrument om de hydrologische impact van potentiële maatregelen op perceelschaal te bestuderen. Het opzetten van de modellen op basis van keukentafelgesprekken, bodeminventarisaties en de gebiedsbijeenkomst is geslaagd. Er zal voorzichtig omgegaan moeten worden met het vergelijken van de resultaten van de modelsimulaties met de realiteit, omdat niet alle processen en parameter nauwkeurig meegenomen kunnen worden. Aangezien er voornamelijk een beoordeling is gemaakt op basis van relatieve verschillen van de implementatiescenario's ten opzichte van de basismodellen, zullen de uiteindelijke waargenomen resultaten betrouwbaar zijn voor het doel van dit onderzoek.

De maatregel die het meeste effect sorteert in zowel de toename van de actuele transpiratie als de actuele gewasopbrengst is het combinatiescenario van een diepere beworteling, minder maaien en minder kort maaien. Of deze maatregelen ook gewenst/uitvoerbaar zijn voor de agrariërs valt te betwijfelen. Uit gesprekken met agrariërs blijkt dat gras dat te lang niet gemaaid wordt mogelijk niet de gewenste kwaliteit heeft. Ook is het in de praktijk niet mogelijk om het gewas minder kort te maaien, omdat het dan plat wordt gedrukt door de maaier. De individuele maatregel die het meest effect sorteert in drogere perioden is het toepassen van een dieper wortelend gewas (scenario W1). Uit de resultaten blijkt dat een dieper wortelend gewas langer vocht tot zijn beschikking heeft in droge tijden, en dus langer optimaal kan groeien dan een minder diep wortelend gewas. De scenario's W2 en W3 geven individueel ook beiden een stijging van de actuele transpiratie weer, maar een toename in gewasopbrengst is hier niet altijd aan gekoppeld: dit hangt er af van de timing van maaien ten opzichte van momenten met voldoende beschikbaar water.

Het verhogen van het organisch stofgehalte geeft wisselende resultaten. Bij een lichte verhoging zijn er toenames in transpiratie en gewasopbrengsten, maar bij een flinke verhoging van het organisch stofgehalte worden er dalingen in transpiratie en gewasopbrengsten waargenomen. Er wordt wel meer vocht in de bodem waargenomen, maar dit is dus niet direct beschikbaar voor het gewas. Het scenario stuw heeft niet tot nauwelijks effect op de waterbalans.

Het implementatiescenario bodemdiepte sorteerde nauwelijks effect op de actuele transpiratie en gewasopbrengsten. Wel zijn er verschuivingen in de waterbalans naar langzame stroomroutes via drainage (infiltratie via de bodem) dan naar snelle stroomroutes via oppervlakkige afstroming.

Bij het toepassen van het klimaatscenario is een flinke toename te zien in transpiratie indien voldoende vocht beschikbaar is (BM2) en een lichte afname als er minder vocht beschikbaar is (BM1). In beide modellen gaat de gewasopbrengst echter omhoog, doordat het klimaat warmer is en er meer straling is. De stijging is aanzienlijk voor BM2, omdat het geschiktere klimaatcondities niet belemmerd worden door een tekort aan vocht.

Diepere beworteling zorgt in BMI bij toepassen van het klimaatscenario voor een licht positief effect: er is een lichte verbetering in waterbeschikbaarheid, waardoor droogtestress licht afneemt. Dit is overeenkomstig met de resultaten van modelsimulaties zonder klimaatscenario. Het effect is groter in 2018, waardoor deze maatregel ook gezien kan worden als een goede klimaatadaptatie.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R01-77286-SBU
Datum 25 november 2019



6 Literatuur

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit en P.E.V. van Walsum, 2017. SWAP version 4; Theory description and user manual. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2780. Beschikbaar via:

<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/416321>

Van Dam, J.C., P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks en J.G. Kroes, 2008. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. Vadose Zone Journal, 7, 640-653. Beschikbaar via: <http://doi.org/10.2136/vzj2007.0060>

Kroes, J.G., J.G. Wesseling en J.C. Van Dam, 2000. Integrated modelling of the soil-water-atmosphere-plant system using the model SWAP 2.0 an overview of theory and an application. Hydrological Processes, 14, 1993-2002.

Wösten, H., F. de Vries, T. Hoogland, H. Massop, A. Veldhuizen, H. Vroon, J. Wesseling, J. Heijkers en A. Bolman. 2012. BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2387.

BOOT lijst <http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>, geraadpleegd 06-02-2019



Bijlage 3

Rapportage WALRUS modelering



Modelstudie stroomgebiedsmaatregelen WALRUS 'TOPSOIL-Dwarsdiep'



Datum: 20 november 2019

Project: TOPSOIL – Dwarsdiep

Combinatie Projectburo B.V. – Ingenieursbureau Land B.V



Projectnaam Topsoil-Dwarsdiep
Titel Modelstudie stroomgebiedsmaatregelen WALRUS
Projectnummer 77286
Opdrachtgever Waterschap Noorderzijlvest

Auteur(s) De heer S. Busink
Kwaliteitscontrole De heer B. te Brake

Paraaf

Paraaf

Datum 20-11-2019

Datum 20-11-2019

Ons kenmerk R02-77286-SBU
Status Definitief
Versienummer 2 (with English summary)
Datum 20 november 2019

Modelstudie stroomgebiedsmaatregelen WALRUS

Topsoil-Dwarsdiep

ingenieursbureau Land
Postbus 303
6710 BH EDE
T: 0318 - 437 639
F: 0318 - 438 710



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R02-77286-SBU
Datum 20 november 2019



Samenvatting


Waterschap Noorderzijlvest wil in het stroomgebied van het Dwarsdiep maatregelen nemen ten behoeve van de beleidskaders Deltaplan Zoetwater (DPZ) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Doelen hierbij zijn het effect van verdroging minimaliseren, meer zelfvoorzienendheid realiseren binnen het stroomgebied en het verbeteren van de waterkwaliteit en het natuurlijk habitat. Tevens zijn doelen met betrekking tot inrichting van het Nationaal Natuur Netwerk (NNN) en maatregelen in het kader van de studie Droge Voeten 2050 (DV2050) van belang. Om uit te vinden welke maatregelen hiervoor in aanmerking komen, is door de combinatie Projectburo BV en Ingenieursbureau Land een onderzoek uitgevoerd.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Europese INTERREG project 'Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface' (kortweg 'TOPSOIL'). Samen met het Waterschap Hunze & Aa's en de Provincie Drenthe levert Waterschap Noorderzijlvest de Nederlandse bijdrage aan het 'TOPSOIL' project, met elk eigen individuele projecten. Het TOPSOIL onderzoek van Waterschap Noorderzijlvest richt zich op het Dwarsdiep gebied: 'TOPSOIL-Dwarsdiep'.

TOPSOIL-Dwarsdiep richt zich zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal en daarmee worden zowel de belangen van perceel eigenaren (met name agrariërs) als het waterschap afgewogen. Het gehele project bestaat uit modelstudies, literatuuronderzoek en een gebiedsproces. De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal).

Dit onderzoek beschrijft de hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal met het neerslag-afvoer model WALRUS (the Wageningen Lowland Runoff Simulator, Brauer et al., 2014). Het doel is om te bepalen of de potentiële maatregelen die kunnen worden getroffen op perceelschaal (uit de SWAP simulaties) de gewenste hydrologische impact (hogere basisafvoer en minder hoge piekafvoeren) hebben op stroomgebiedsschaal. Het WALRUS model is speciaal ontwikkeld voor het modelleren van laaglandgebieden en polders. De processen die in dit soort gebieden van belang zijn, zoals grondwater-oppervlaktewater koppeling, vochttoestandsafhankelijke stroomroutes en dynamische koppeling tussen de verzadigde en onverzadigde zone, zijn in dit model expliciet aanwezig.

In WALRUS is het niet mogelijk om maatregelen één-op-één te simuleren zoals in SWAP, omdat er minder fysische processen expliciet gesimuleerd kunnen worden dan in SWAP. Daarom zijn uit de SWAP modellering de effecten met de grootste hydrologische impact afgeleid en vertaald naar WALRUS input. Het betreft dus een geen daadwerkelijk maatregelen, maar een vertaling van de effecten op perceelschaal naar stroomgebiedsschaal. De effecten die optreden in de SWAP simulaties zijn een verhoging van de actuele transpiratie met 5-10%, een verschuiving van snelle (oppervlakkige afstroming en afstroming via drains) naar langzame stroomroutes (infiltratie en afvoer via de bodem) en een verhoging van de waterberging in de bodem.



Een verhoging van de actuele transpiratie wordt geforceerd door een verhoging van de potentiële verdamping in de invoerreeks. Een verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes wordt gecreëerd door de parameter cQ te verhogen, omdat deze parameter het karakter van de stroomroutes beïnvloedt. Het verhogen van de waterberging wordt gecreëerd door het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging (θ_s) te verhogen. Deze potentiële maatregelen zijn ingevoerd in het reeds opgezette en gekalibreerde WALRUS model voor het gehele Dwarsdiep gebied (Bol, 2016).

De maatregel die het meeste effect sorteert in zowel een verlaging van de afvoerpieken als het verhogen van de basisafvoer van het Dwarsdiep is het verhogen van waterberging in de bodem. Opvallend bij deze maatregel is de verschuiving naar afvoer via langzame stroomroutes (drainage via de bodem), waardoor er minder afvoer via oppervlakkige afstroming plaatsvindt. Blijkbaar levert de hoge porositeit die door dit scenario wordt gesimuleerd een hoger infiltrerend vermogen op, waardoor minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt en water relatief makkelijk in de diepere bodem terecht komt. Op deze wijze vindt er meer vertraagd afvoeren plaats, wat terug te zien is in een hogere basisafvoer. Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit, doordat er mogelijk minder directe afspoeling optreedt van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en transportroutes meer via de bodem plaatsvinden waar opname, binding en afbraak van stoffen kan plaatsvinden. Echter, de actuele verdamping neemt af, wat kan inhouden dat er een lichte droogtestress kan optreden.

Het verhogen van de actuele verdamping sorteert in een afname van de afvoer. De toename in actuele verdamping zorgt ervoor dat de overige waterbalanscomponenten afnemen, omdat er minder vocht beschikbaar is. Dit is terug te zien in lagere afvoerpieken en een lagere basisafvoer in de zomerperiode. Maatregelen waarbij gewassen meer water gaan verbruiken, kunnen dus nadelig zijn voor de basisafvoer van de beek (in de zomer).

Het verhogen van de parameter cQ sorteert nauwelijks effect op het karakter van de afvoersimulaties. Alleen bij een flinke verhoging van de parameter cQ wordt een lichte afname van de afvoerpieken waargenomen en zakken de afvoerpieken langzamer uit. Ook wordt er een lichte afname waargenomen in oppervlakkige afstroming.



Summary

Waterboard Noorderzijlvest wants to take measures in the catchment area of the Dwarsdiep for the policy frameworks of Delta Programme on Freshwater supply (DPF) and the Water Framework Directive (WFD). The objective of these measures is to minimize the effect of drought, to achieve more self-sufficiency within the catchment area and to improve the water quality and natural habitat. Additional objectives relate to the National Nature Network (NNN) as well as the project 'Droge Voeten 2050' (DV2050). To find out which measures are suitable to achieve these goals, a comprehensive study was carried out by the combination Projectburo BV and Ingenieursbureau Land.

The research was carried out within the European INTERREG project "Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface" (in short "TOPSOIL"). Waterboard Noorderzijlvest together with waterboard Hunze & Aa's and the province of Drenthe provides the Dutch contribution of the "TOPSOIL" project, where each of these parties contributes with its own individual projects. The TOPSOIL study by Waterboard Noorderzijlvest focuses on the Dwarsdiep area: "TOPSOIL-Dwarsdiep".

The project focuses on the field scale as well as the catchment scale and deals with interests of both farmers and the waterboard. The project includes various approaches to achieve its goals and consists of modelling studies, literature research, fieldwork and a participation process with local farmers and stakeholders. The modelling studies are divided into a hydrological analysis with the ecohydrological model SWAP (hydrological analysis at the field scale) and an analysis with rainfall-runoff model WALRUS (hydrological analysis at the catchment scale).

In the TOPSOIL-Dwarsdiep study, mainly measures at the field scale are investigated, which have a potential positive effect on both the hydrological and agricultural function of the soil. The aim is to propose a package of measures at the field scale, which also have an effect on the catchment scale, and to investigate in what way greater involvement of local stakeholders can be achieved.

This report describes the hydrological analysis at the catchment scale with the rainfall-runoff model WALRUS (the Wageningen Lowland Runoff Simulator, Brauer et al., 2014). The aim is to determine if the potential measures at the field scale (simulated in SWAP) have the desired hydrological impact (higher base discharge and less peak flows) at the catchment scale. The WALRUS model has been explicitly developed for processes that are important in lowland areas like the Dwarsdiep area. Processes that are important in lowland areas are the groundwater-unsaturated zone coupling, wetness-dependent flow routes, groundwater-surface water feedbacks, and seepage and surface water supply. WALRUS consists of a coupled groundwater-vadose zone reservoir, a quickflow reservoir and a surface water reservoir.

It is not possible in WALRUS to simulate measures as physically based as in SWAP, because there are less physical processes that can be explicitly accounted for in WALRUS. Therefore, the effects of measures with a considerable hydrological impact in the SWAP simulations are translated into input for the WALRUS simulations.



Hence, no actual measures are simulated at the catchment scale in WALRUS, but rather a conversion of the effects at the field scale.

The main effects that are observed in the SWAP simulations are a 5-10% increase in actual transpiration, a shift from rapid (superficial drainage and drainage via drains) to slow flow routes (infiltration and drainage via the soil) and an increase in water storage in the soil.

An increase in the actual transpiration is forced in WALRUS by an increase in the potential evaporation. A shift from fast to slow flow routes is created by increasing the parameter cQ , since this parameter influences the character of the flow routes. An increased water storage is created by increasing the soil moisture content at full saturation (θ_{s}). These potential measures have been simulated in the calibrated WALRUS model for the entire Dwarsdiep area (Bol, 2016).

The measure that is most effective in both reducing the discharge peaks and increasing the baseflow of the Dwarsdiep, is an increase of water storage in the soil. Upon this measure a shift of discharge towards slow flow routes (drainage through the soil) is observed, thereby reducing the discharge through surface runoff. Apparently the high porosity simulated by this scenario results in a higher infiltration capacity so that water enters the deeper soil layers relatively easily, resulting in less superficial drainage. In this way more delayed discharge take place, which is observed in a higher baseflow. The shift towards slower flow routes could have a positive effect on the water quality as well, because there may be less direct runoff of fertilizers and plant protection products and there might be more root uptake, sorption and degradation of substances once infiltrated in the soil. On the downside, the actual evaporation is decreasing as a higher porosity is simulated, which means that drought stress can increase when applying this measure.

An increase the actual evaporation results in a decrease of the discharge and baseflow. The increase in actual evaporation affects the other water balance components negatively as there is less water available in general (more losses towards the atmosphere through soil evaporation and root water uptake by plants). This is reflected in lower discharge peaks and lower baseflow during summer. Measures that increase crop water use can therefore have a negative effect on the baseflow.

Increasing the cQ parameter has hardly any effect on the character of the discharge simulations. Only a substantial increase in the parameter cQ shows a slight decrease in the discharge peaks as well as a slower drop of the discharge peaks. Furthermore a slight decrease in superficial runoff is observed.



Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
SUMMARY.....	7
1 INTRODUCTIE	10
1.1 Aanleiding.....	11
1.2 Dwarsdiep gebied	12
1.3 WALRUS model.....	13
2 OPZET MODEL.....	14
2.1 Introductie	15
2.2 Uitgangssituatie basisrun	15
2.3 Meteorologische gegevens en beschouwde periode	16
2.4 Opmerkingen implementatie	16
3 POTENTIËLE MAATREGELEN.....	18
3.1 Verhogen actuele transpiratie.....	19
3.2 Verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes.....	19
3.3 Verhogen berging.....	19
3.4 Beoordeling potentiële maatregelen	20
4 RESULTATEN.....	21
4.1 Basisrun Dwarsdiep.....	21
4.2 Potentiële maatregelen.....	24
5 CONCLUSIES.....	29
6 LITERATUUR	30



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R02-77286-SBU
Datum 20 november 2019



I Introductie

I.1 Aanleiding

Waterschap Noorderzijlvest wil in het stroomgebied van het Dwarsdiep (figuur 1.1) maatregelen nemen ten behoeve van de beleidskaders Deltaplan Zoetwater (DPZ) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Doelen hierbij zijn het effect van verdroging minimaliseren, meer zelfvoorzienendheid realiseren binnen het stroomgebied (onafhankelijk van het inlaten van water), en het verbeteren van de waterkwaliteit en het natuurlijk habitat. Tevens zijn doelen met betrekking tot inrichting van het Nationaal Natuur Netwerk (NNN) en maatregelen in het kader van de studie Droge Voeten 2050 (DV2050) van belang. In opdracht van het waterschap heeft de combinatie Projectburo B.V. - Ingenieursbureau Land B.V. onderzocht welke maatregelen, zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal, voor het halen van deze doelen in aanmerking komen. Hierbij is voornamelijk gezocht naar maatregelen op perceelschaal, welke zowel de hydrologische als agrarische functie van de bodem ten goede komen. Doel is om tot een maatregelenpakket te komen van (perceels)maatregelen die hier in aanmerking komen en te onderzoeken hoe de betrokkenheid van gebruikers vergroot kan worden.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Europese INTERREG project 'Top soil and water - The climate challenge in the near sub-surface' (kortweg 'TOPSOIL'). Samen met de Waterschap Hunze & Aa's en Provincie Drenthe levert Waterschap Noorderzijlvest de Nederlandse bijdrage aan het 'TOPSOIL' project, met elk eigen individuele projecten. Het TOPSOIL onderzoek van Waterschap Noorderzijlvest richt zich op het Dwarsdiep gebied: 'TOPSOIL-Dwarsdiep'.

Aangezien het TOPSOIL-Dwarsdiep onderzoek zich zowel op perceelschaal als stroomgebiedsschaal richt en daarmee ook zowel de belangen van perceel eigenaren (met name agrariërs) als het waterschap afweegt, zijn er diverse onderzoeksrichtingen opgesteld: de omvang van het gehele project bestaat uit zowel een modelstudie als een gebiedsproces. De modelstudie is onder te verdelen in een hydrologische analyse met het agro-hydrologische model SWAP (hydrologische analyse op perceelschaal), alsmede een analyse met het neerslag-afvoer model WALRUS (hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal). Het gebiedsproces dient ervoor om informatie te ontvangen ten behoeve van de modelstudies, stakeholders te informeren over mogelijke maatregelen en voordelen voor hen, en om draagvlak te creëren voor het uiteindelijke maatregelenpakket.

In het rapport 'Modelstudie perceelsmaatregelen SWAP' (kenmerk R01-77286-SBU) zijn potentiële maatregelen genoemd en is beschreven hoe deze maatregelen zijn geselecteerd en beoordeeld door agrariërs en waterschap Noorderzijlvest (Tabel 1.1, R01-77286-SBU). De meest geschikt geachte maatregelen zijn gesimuleerd op perceelschaal met het model SWAP. De implementatie en resultaten van deze hydrologische analyse op perceelschaal worden in rapport R01-77286-SBU besproken en als input gebruikt in de hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal.

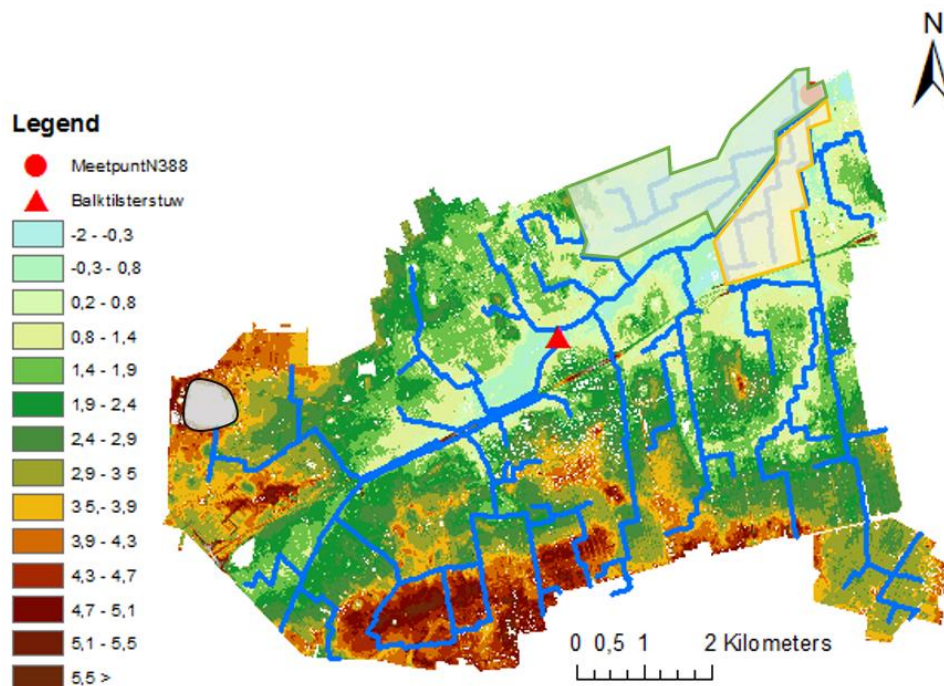
Voorliggend rapport beschrijft deze hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal: modelering van potentiële maatregelen met het neerslag-afvoer model WALRUS (the Wageningen Lowland Runoff Simulator, Brauer et al., 2014), inclusief uitgangspunten

en modelopzet. Het doel is om te bepalen of de potentiële maatregelen die kunnen worden getroffen op perceelschaal de gewenste hydrologische impact hebben op stroomgebiedsschaal. De gewenste hydrologische impact waarop maatregelen zijn beoordeeld zijn veranderingen in de afvoersimulaties (toename in de basisafvoer en afname in de piekafvoeren) en de verschuiving van snelle (via oppervlakkige afstroming) naar langzame (drainage via de bodem en/of grondwater) stroomroutes.

1.2 Dwarsdiep gebied

Het Dwarsdiep gebied is gelegen in het zuidwesten van de provincie Groningen. Het stroomgebied bestaat grofweg uit drie trajecten: bovenstrooms is het komgebied van de Marumerlage en benedenstrooms (ten oosten van de Balktilsterstuw, zie figuur 1.1) bevinden zich twee polders die actief worden bemalen; de Wemerpolder en de Polder de Oude Riet.

Het stroomgebied van het Dwarsdiep is ca. 6500 ha en heeft met een hoogteverschil van +5 tot -1 m NAP over 11 km een relatief sterke hoogtegradiënt. Het Dwarsdiep watert af in noordoostelijke richting naar Boerakker, waar zich een debietmeetpunt bevindt (zie figuur 1.1). Het noordelijke deel van het stroomgebied (ten noorden van de A7) is grofweg te verdelen in twee deelgebieden: de hoger gelegen delen in het noordwesten (vanaf zandwinning Strandheem richting het oosten – zwart omlijnd) en de lagergelegen polders Oude Riet (oranje omlijnd) en Wemerpolder (groen omlijnd) ten oosten van de Marumerlage (vanaf de Balktilsterstuw tot het uitstroompunt nabij Boerakker).



Figuur 1.1: Maaiveldhoogte en belangrijkste waterlopen in het stroomgebied van het Dwarsdiep..

Het Dwarsdiep stroomt in het gebied wat de overgang vormt tussen de hoger gelegen zandgronden van het Drents Plateau en de lager gelegen veen- en kleigronden. Op de hoger gelegen delen in het westen komen ondiepe keileemlagen voor, waarvan de diepte toeneemt in de richting van het beekdal. Aan de zuidzijde van de beek houdt de hooggelegen keileem vrij abrupt op. In de gebieden waar keileem ondiep voorkomt,

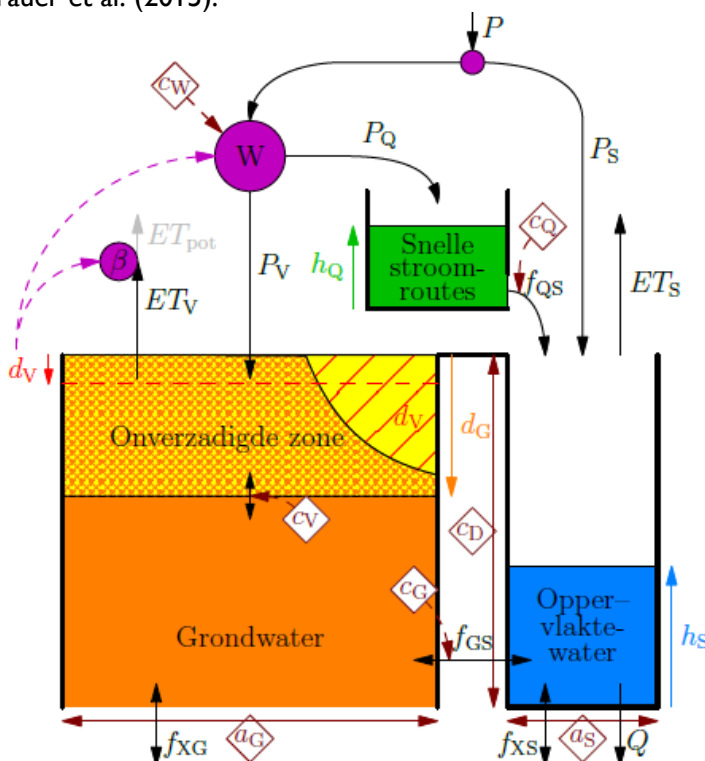
treden schijngrondwaterstanden (hangwater) op door de weerstand van de keileem (Terwisscha van Scheltinga Water en Hunzbreed, 2016). Het landgebruik in het Dwarsdiep is voornamelijk grasland ten behoeve van de melkveehouderij.

Het focusgebied voor in de huidige studie is de noordflank van het beekdal, vanaf de hoog gelegen zandgronden met keileem in het westen (omgeving zandwinning en recreatieplas Strandheem) tot de laag gelegen polders en het uitstroompunt van de beek in het oosten. Dit gebied is als focusgebied gekozen omdat in het westelijk deel van dit deel van het stroomgebied geen mogelijkheden zijn tot aanvoer van water.

1.3 WALRUS model

Voor de hydrologische analyse op stroomgebiedsschaal is het neerslag-afvoer model WALRUS (the Wageningen Lowland Runof Simulator, Brauer et al., 2014) gebruikt. Het WALRUS model is speciaal ontwikkeld voor het modelleren van laaglandgebieden en polders. De processen die in dit soort gebieden van belang zijn, zoals grondwater-oppevlaktewater koppeling, vochttoestandafhankelijke stroomroutes en dynamische koppeling tussen de verzadigde en onverzadigde zone, zijn in dit model expliciet aanwezig.

WALRUS is een reservoirmodel met drie verschillende reservoirs; een oppervlaktereservoir, een snelle afvoerreservoir en een bodemwaterreservoir. Met behulp van deze reservoirs worden de verschillende afvoerprocessen gemodelleerd. Met een set van modelparameters en toestand afhankelijke modelvariabelen wordt de verdeling van water over de verschillende reservoirs gesimuleerd. Een schematisatie van het WALRUS model en de te simuleren processen is weergegeven in figuur 1.2. Een gedetailleerde beschrijving van de afvoerprocessen in WALRUS is beschikbaar in Brauer et al. (2015).



Figuur 1.2: Overzicht van WALRUS modelopzet.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R02-77286-SBU
Datum 20 november 2019



2 Opzet model

2.1 Introductie

In rapport R01-77286-SBU is beschreven hoe tot een lijst van potentiële maatregelen is gekomen, hoe deze maatregelen met het SWAP model gesimuleerd zijn op perceelschaal en welke impact deze maatregelen op deze schaal hebben. In WALRUS zijn de simulaties van maatregelen niet één-op-één op te nemen, omdat er minder fysische processen expliciet gesimuleerd kunnen worden dan in SWAP. Daarom zijn uit de SWAP modellering de effecten van maatregelen met de grootste hydrologische impact afgeleid om deze effecten ook in de WALRUS simulaties te bewerkstelligen. De simulaties in WALRUS betreffen dus niet zozeer een directe implementatie van maatregelen, maar het effect van de maatregelen op perceelschaal wordt getracht te vertalen naar stroomgebiedsschaal.

De meest relevante effecten uit de SWAP modellering zijn:

- 1) bij de maatregelen dieper wortelend gewas, minder intensief maaien en verhoging van het organisch stofgehalte gaat de actuele transpiratie 5-10% omhoog;
- 2) bij de maatregelen dieper wortelend gewas, minder intensief maaien en verlaging van de bodemdikte vindt er een verschuiving plaats van snelle stroomroutes (oppervlakkige afstroming, afstroming via drains) naar langzame stroomroutes (infiltratie en afvoer via de bodem) en een hogere transpiratie;
- 3) bij de maatregel verhoging organisch stofgehalte gaat de waterberging in de bodem omhoog.

De conclusies op basis van de SWAP simulaties worden op drie verschillende wijzen doorgevoerd in WALRUS. Een verhoging van de actuele transpiratie wordt geforceerd door een verhoging van de potentiële verdamping in de invoerreeks. Een verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes wordt gecreëerd door de parameter cQ te verhogen, omdat deze parameter het karakter van de stroomroutes beïnvloedt. Het verhogen van de waterberging wordt gecreëerd door het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging (K_{sat}) te verhogen. De aanpak is afgestemd in overleg met Claudia Brauer (ontwikkelaar WALRUS, Wageningen Universiteit).

2.2 Uitgangssituatie basisrun

Uitgangssituatie is het reeds opgezette en gekalibreerde WALRUS model voor het gehele Dwarsdiep gebied (Bol, 2016). In overleg met waterschap Noorderzijlvest is besloten om recente en toekomstige wijzigingen in het stroomgebied (aanleg Marumerlage, herinrichting gebied) niet mee te nemen in het model.

Onderstaande tabel geeft de gekalibreerde parameterwaarden voor het gehele Dwarsdiep (Bol, 2016). De simulaties worden gerund op basis van dagwaarden, waardoor de tijdstappen in de modeluitvoer ook dagen zijn.



Tabel 2.1: Gekalibreerde parameterwaarden voor het gehele Dwarsdiep.

	C _w (mm)	C _v (uur)	C _G (mm*uur)	C _Q (uur)	C _s (mm/uur)	C _D (mm)	A _s	st
Uur	352,3	1	6994200	1,21	0,88	2500	0.01455	Loamy sand
Dag	367.0	1,1	7002571	1,0	0,88	2500	0.01455	Loamy sand

Waterfluxen die in de basisrun zijn meegenomen zijn de externe inlaten vanuit de Jonkersvaart, van de RWZI te Marum en van de AWZI van FrieslandCampina (proceswater en koelwater) te Marum. Dit vormt samen een influx van 0,25 mm/d in de zomermaanden en van 0,062 mm/d in de wintermaanden. De kwelflux van het Dwarsdiep bedraagt over het gehele jaar gemiddeld 0,43 mm/d. Deze waardes zijn afkomstig uit een hydrologische analyse van het Dwarsdiep (Bol, 2016).

2.3 Meteorologische gegevens en beschouwde periode

WALRUS gebruikt invoerreeksen van neerslag en potentiële verdamping als input. Voor de neerslagreeksen wordt gebruik gemaakt van de gesimuleerde netto-neerslag uit SWAP. De netto-neerslag wordt berekend door de interceptieverdamping (hoeveelheid neerslag welke door het bladoppervlak wordt 'onderschept' en daar van verdamppt) van de bruto-neerslag (neerslagstation Marum) af te trekken. Er is gekozen voor de netto-neerslag als invoerreeks in WALRUS, omdat WALRUS geen rekening houdt met interceptie. Indien bruto-neerslag als invoerreeks wordt gebruikt in WALRUS, zal er teveel vocht in de bodem terecht komen en worden er minder droge omstandigheden gecreëerd ten opzichte van het SWAP model. Voor de invoerreeks van potentiële verdamping wordt gebruik gemaakt van de berekende potentiële evapotranspiratie (potentiële transpiratie en bodemverdamping) in SWAP.

Er is gekozen om de berekende gegevens uit SWAP basismodel I (BMI) te gebruiken voor de simulaties in WALRUS. In dit deel van het stroomgebied, wat gelegen is op de hoger gelegen zandgronden ten westen van het stroomgebied, valt de grootste hydrologische winst te behalen (met betrekking tot de waterkwantiteit) voor zowel de agrariërs als waterschap Noorderzijlvest. In dit deel van het stroomgebied is aanvoer van water niet mogelijk, waardoor de waterlopen in de zomer droog komen te staan en er vaak te weinig water beschikbaar is voor het gewas. Hierdoor treedt droogtestress op. In de laaggelegen veen- en kleigronden wordt een vast waterpeil aangehouden en treedt er nauwelijks droogtestress op.

De periode van 1 januari 2017 tot en met 10 september 2018 wordt beschouwd. De jaren variëren in hoeveelheid neerslag en potentiële verdamping, waardoor een goede beschouwing gemaakt kan worden van de uitgangssituatie en effecten onder verschillende omstandigheden.

2.4 Opmerkingen implementatie

Voor het beoordelen en interpreteren van de modelresultaten zijn enkele afwegingen die zijn gemaakt bij het opzetten van de basisrun en de implementatie van maatregelen van belang. Hieronder wordt nader ingegaan op enkele afwegingen.



Vertaling perceelsmaatregelen naar stroomgebiedsmaatregelen

De maatregelen uit de SWAP simulaties die sorteerde in de grootste hydrologische impact zijn vertaald naar maatregelen in de WALRUS simulaties. Hierbij wordt er dus van uitgegaan dat de maatregelen op perceelschaal in het gehele stroomgebied worden toegepast. In de praktijk zullen de effecten van de maatregelen kleiner zijn, omdat in werkelijkheid alleen maatregelen op percelen in het noordelijk deel van het Dwarsdiep gebied worden toegepast. Verder zijn de maatregelen alleen geschikt voor grasland, waardoor de maatregelen in een deel van het grondgebruik in het stroomgebied de niet toepasbaar zijn.

Verhogen actuele verdamping

Omdat er in WALRUS geen directe invoerparameter is om de actuele verdamping te verhogen, is hiervoor gebruik gemaakt van het verhogen van de potentiële verdamping met 5% en 10%.

Verhogen parameter cQ

Tijdens het analyseren van de gevoeligheid van de parameter cQ bleek dat er nauwelijks effecten werden waargenomen bij de scenario's cQ2 en cQ5. De keuze om de parameter cQ in eerste instantie te verhogen naar 2 en 5 uur, is gebaseerd op de beperkte verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes uit de SWAP modellering. Er is toen gekozen om de parameter cQ te verhogen naar 30 uur om toch een effect te kunnen waarnemen in het karakter van de afvoersimulaties. Alle waarden die zijn gekozen voor de scenario's vallen binnen de door Bol (2016) gerapporteerde realistische range van 0,1 tot 34 (uur).

Verder is de parameter cQ geen werkelijke maatregel, maar alleen een methode om het effect (een verschuiving van de stroomroutes) van andere maatregelen (waargenomen in de SWAP simulaties) in WALRUS te simuleren.

Validatie met debietdata Dwarsdiep

Ter plaatse van het debietmeetpunt bij de N388 nabij Boerakker wordt iedere 15 minuten de afvoer van het Dwarsdiep gemeten. Echter is de afvoerdata voor een groot deel van 2018 (periode van jan t/m april) niet betrouwbaar door de vele uitschieters en negatieve debietmetingen. De gemeten en gemodelleerde debieten komen daarom in 2018 beperkt overeen. Voor 2017 is de validatie wel voldoende en komen de gemeten en gesimuleerde debieten goed met elkaar overeen.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R02-77286-SBU
Datum 20 november 2019



3 Potentiële maatregelen

Hieronder worden de implementatie en de verwachte effecten van de in paragraaf 2.1 geïntroduceerde maatregelen besproken. Per maatregel wordt beschreven hoe dit effect is geïmplementeerd in WALRUS.

3.1 Verhogen actuele transpiratie

Er is geen directe toepassing in WALRUS om de actuele transpiratie te verhogen. In WALRUS wordt daarnaast geen onderscheid gemaakt tussen bodemverdamping en transpiratie, maar is dit samengevoegd in de term 'verdamping'. Om toch meer transpiratie te forceren in WALRUS wordt de invoerreeks van potentiële verdamping met een factor van 5 en 10% verhoogd ('scenario ET5%' en 'scenario ET10%'). Door een verhoging van de potentiële verdamping zal ook de actuele verdamping naar verwachting toenemen.

3.2 Verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes

Bij het verhogen van de potentiële verdamping (ten behoeve van een hogere actuele transpiratie, zie paragraaf 3.1) in de invoerreeks zal er waarschijnlijk al een verschuiving plaatsvinden van snelle naar langzame stroomroutes. Dit komt doordat het bergingsdeficiet (WALRUS term voor vochttekort in de bodem) groter wordt en daardoor de natheidsindex kleiner wordt. Hierdoor komt er minder water in het snelle afvoer reservoir terecht.

Voor het simuleren van een verschuiving in stroomroutes is de parameter cQ verhoogd. Deze parameter beïnvloedt het karakter in de stroomroutes (minder pieken door verschuiving van oppervlakkige afstroming naar infiltratie en afvoer via de bodem). Er is gekozen om drie verschillende scenario's door te rekenen.

- 1) Verhoging van de parameter cQ naar 2 uur ('scenario $cQ2$ ');
- 2) verhoging van de parameter cQ naar 5 uur ('scenario $cQ5$ ');
- 3) verhoging van de parameter cQ naar 30 uur ('scenario $cQ30$ ').

3.3 Verhogen berging

Hypothetisch neemt bij het verhogen van het organisch stofgehalte (en mogelijk ook door diepere beworteling van het gewas) de waterberging in de bodem toe door een betere bodemstructuur. Hierbij zal het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging groter zijn. Deze bodemeigenschap kan in WALRUS worden gesimuleerd door direct θ_s aan te passen. In het gekalibreerde model is hiervoor een waarde van $0,41 \text{ (cm}^3/\text{cm}^3)$ gebruikt. Deze waarde zal worden verhoogd naar $0,44 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ('scenario θ_{s44} ') om zo het effect van meer berging in de bodem bij volledige verzadiging te kunnen kwantificeren.



3.4 Beoordeling potentiële maatregelen

De maatregelen zijn beoordeeld op toe/afname potentiële en actuele verdamping, afvoersimulaties (zowel in basisafvoer als piekafvoer), verdeling van snelle (via oppervlakkige afstroming) en langzame (drainage via de bodem en/of grondwater) stroomroutes.



4 Resultaten

Hieronder zijn de resultaten van de jaren 2017 en 2018 gepresenteerd. Elk jaar is onderverdeeld in een zomerhalfjaar (1 april tot en met 30 september) en een winterhalfjaar (1 januari tot en met 31 maart en 1 oktober tot en met 31 december).

4.1 Basisrun Dwarsdiep

Waterbalans

In tabel 4.1 is de waterbalans (in mm) voor de basisrun van WALRUS weergegeven voor de verschillende periodes. De cijfers in de waterbalans zijn goed te vergelijken met basismodel 1 van de SWAP simulaties, maar door de verschillende manier van modeleren en het schaalverschil treden verschillen in de waterbalans op. Opgemerkt wordt dat 'drainage' in WALRUS de term is voor stroming via de bodem en/of grondwater, en hier geen eventuele drainagebuizen in percelen mee wordt bedoeld.

Totale neerslag in 2017 was 1040 mm; een relatief nat jaar. De actuele verdamping was 56% van de neerslag. Het neerslagtekort in de periode van 1 april tot en met 30 september 2017 bedroeg 100 mm (berekend door de hoeveelheid bruto-neerslag minus potentiële verdamping (transpiratie en bodemverdamping)).

Totale neerslag in 2018 (tot en met 10 september) was 514 mm. Dit jaar is een stuk droger dan 2017 en was voornamelijk droog in de maanden juni tot en met september. Het neerslagtekort in de periode van 1 april tot en met 10 september 2018 bedroeg 246 mm.

Tabel 4.1: Waterbalans voor de basisrun in WALRUS

	Winter 2017	Zomer 2017	Winter 2018	Zomer 2018
Potentiële verdamping	109	585	72	646
Actuele verdamping	89	496	71	467
Afvoer	469	202	271	138
Bruto-neerslag	555	485	214	300
Netto-neerslag	522	447	205	277
Drainage	235	108	147	71
Oppervlakkige afstroming	225	52	113	29

¹Het jaar 2018 loopt tot en met 10 september.

Figuur 4.1 laat de afvoersimulatie zien van de basisrun voor het gehele Dwarsdiep. Er zijn plots gemaakt van de jaren 2017 en 2018 apart. De eerste grafiek laat in blauw de gemodelleerde afvoer (Q_{mod}) zien en in zwart de gemeten afvoer (Q_{obs}). In geel is de waterflux van het grondwater naar het oppervlaktewater (f_{GS}) weergegeven. Op de rechteras, lopend van boven naar beneden, is de neerslag (P) in het paars weergegeven.

De tweede grafiek laat in grijs de ingevoerde potentiële verdamping (ET_{pot}) en in rood de gesimuleerde actuele verdamping (ET_{act}) zien. In paars is de natheidsindex (W) weergegeven. De natheidsindex bepaalt aan de hand van de bodemvochtigheid welke



fractie van de neerslag naar het grondwater stroomt en welke fractie in het snelle afvoer reservoir terecht komt. Des te hoger de W , des te meer water naar het snelle afvoer reservoir.

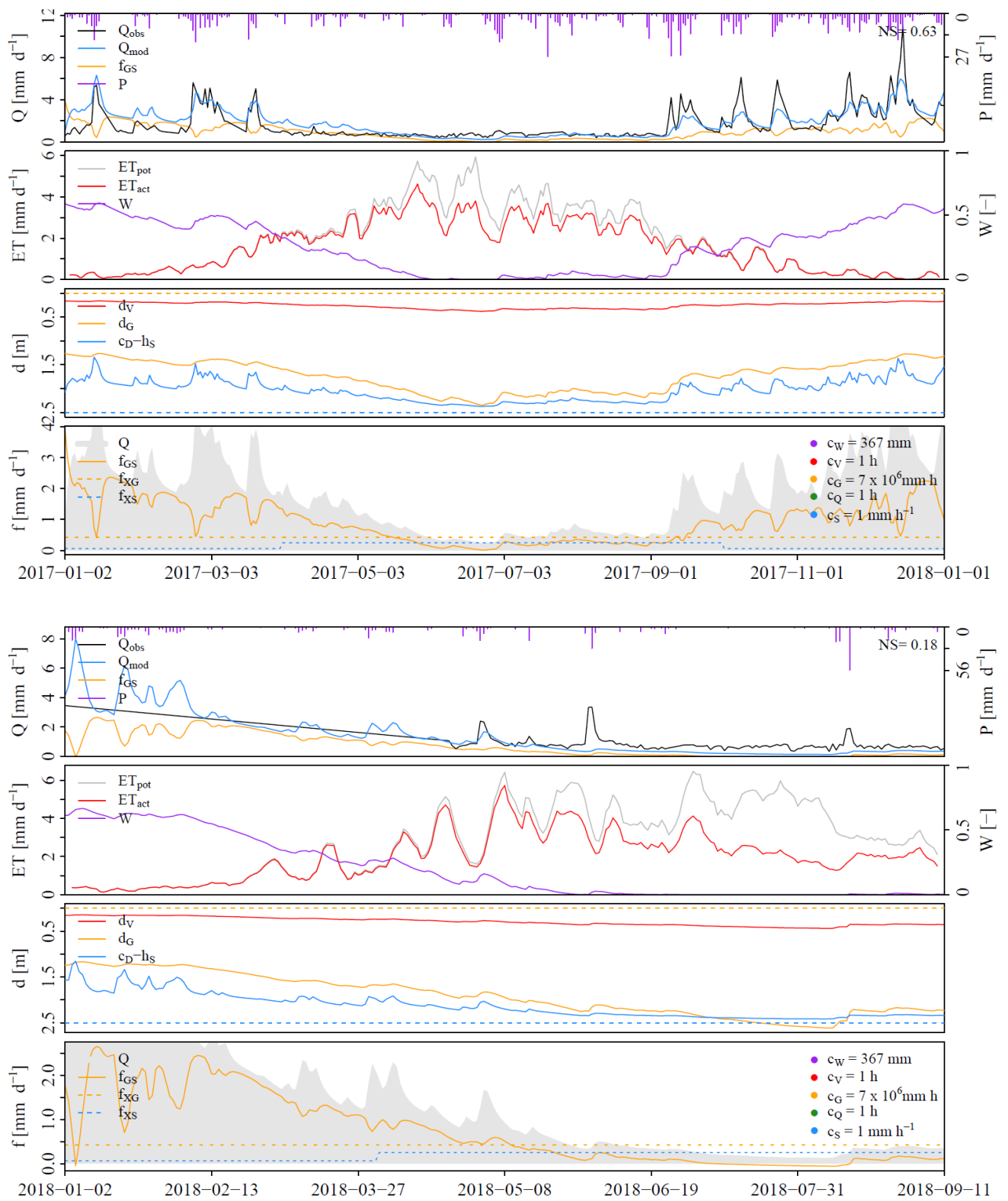
De derde grafiek is in rood het vochttekort (d_v) te zien. Het vochttekort wordt bepaald door het verschil tussen het verzadigde bodemvochtgehalte en het daadwerkelijke bodemvochtgehalte te integreren over de diepte van de onverzadigde zone. In geel is het grondwaterniveau ten opzichte van maaiveld (d_G) en in blauw het oppervlaktewatervlakte ten opzichte van de beekbodem ($C_d - h_s$) weergegeven. De gestreepte blauwe lijn geeft de onderkant van het open water reservoir (onderkant van de beek) aan en de gestreepte oranje lijn geeft het maaiveld aan.

De vierde grafiek laat de eerste grafiek opnieuw zien, maar met een kleinere y-as schaal. Hier is in het grijs de gemodelleerde afvoer (Q_{mod}) te zien. In het gestreepte geel is de kwelflux (f_{xG}) weergegeven. In het gestreepte blauw is de externe waterinlaat (f_{xS}) weergegeven. De gebruikte parameterwaarden staan rechts in deze grafiek samengevat.

De Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) die wordt bereikt in 2017 is 0,63. Dit is een maat voor de overeenstemming tussen gemodelleerde afvoer en gemeten afvoer, welke tussen min oneindig en 1 ligt. Hoe dichterbij 1, hoe beter de overeenstemming. Indien de NSE kleiner is dan 0 dan geeft dit aan dat het model niet beter is in het simuleren van de afvoeren dan het nemen van het gemiddelde. De timing van de afvoerpieken worden goed herkend, maar de gemeten afvoer is piekiger dan dat de simulatie laat zien. Daarnaast zakken de afvoerpieken in de simulatie te langzaam in vergelijking met de gemeten debietdata.

De NSE die wordt bereikt in 2018 is 0,18. Deze lage NSE wordt verklaard doordat de gemeten debieten in 2018 bijna volledig ontbreken. Om deze reden is de NSE laag doordat de gesimuleerde afvoer voor grote delen niet overeenkomt met de gemeten afvoer. In de simulatie in de zomer van 2018 valt op dat sommige pieken worden gemist, terwijl de debietmetingen wel pieken aangeven.

De gemiddelde grondwaterstand zit dicht bij het gemiddelde oppervlaktewaterpeil en fluctueert tussen de 1,3 en 2,6 m onder maaiveld. In de zomer van 2018 komt het Dwarsdiep droog te liggen en zakt de grondwaterstand tot 2,6 m onder maaiveld. Er vindt zich in deze periode ook een aanzienlijke reductie van de actuele verdamping plaats, wat te zien is aan het verschil tussen ET_{pot} en ET_{act} .



Figuur 4.1: Gevalideerde dagsimulatie basisrun Dwarsdiep voor de jaren 2017 en 2018.

4.2 Potentiële maatregelen

Hieronder zijn de effecten van de potentiële maatregelen weergegeven op basis van de waterbalans en de afvoersimulaties. Effecten zijn uitgedrukt ten opzichte van de basisrun. Indien in onderstaande tabellen geen waarden staan weergegeven en de cel wit is, betekent dit dat er geen effect van het scenario is waargenomen in de modelresultaten. Groene cellen geven een toename weer, rode cellen geven een afname weer.

Waterbalans

Tabel 4.2: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. de basisrun (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2017.

	ET5%	ET10%	theta_s44	cQ2	cQ5	cQ30
Potentiële verdamping	29 (5%)	59 (10%)				
Actuele verdamping	16 (3%)	31 (6%)	-14 (-3%)			
Afvoer	-11 (-5%)	-20 (-10%)	11 (5%)			
Drainage	-6 (-5%)	-11 (-10%)	20 (19%)			
Oppervlakkige afstroming	-5 (-9%)	-9 (-17%)	-9 (-17%)		-1 (-1%)	-2 (-4%)

Tabel 4.3: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. de basisrun (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2017.

	ET5%	ET10%	theta_s44	cQ2	cQ5	cQ30
Potentiële verdamping	6 (5%)	11 (10%)				
Actuele verdamping	3 (3%)	6 (7%)	-2 (-2%)			
Afvoer	-7 (-2%)	-14 (-3%)				-3 (-1%)
Drainage	-3 (-1%)	-6 (-3%)	21 (9%)			
Oppervlakkige afstroming	-4 (-2%)	-8 (-3%)	-20 (-9%)			-4 (-2%)

Tabel 4.4: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. de basisrun (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de zomer van 2018¹.

	ET5%	ET10%	theta_s44	cQ2	cQ5	cQ30
Potentiële verdamping	32 (5%)	65 (10%)				
Actuele verdamping	11 (2%)	21 (5%)	-15 (-3%)			
Afvoer	-6 (-4%)	-11 (-8%)	9 (7%)			
Drainage	-4 (-6%)	-7 (-10%)	14 (20%)			
Oppervlakkige afstroming	-2 (-5%)	-3 (-9%)	-5 (-15%)			-0.2 (-1%)

¹Het jaar 2018 loopt tot en met 10 september.

Tabel 4.5: verandering in de waterbalanscomponenten t.o.v. de basisrun (mm en procenten) voor de verschillende scenario's in de winter van 2018¹.

	ET5%	ET10%	theta_s44	cQ2	cQ5	cQ30
Potentiële verdamping	4 (5%)	7 (10%)				
Actuele verdamping	3 (5%)	7 (10%)	-0,4 (-1%)			
Afvoer		-3 (-1%)				
Drainage	-1 (-1%)	-2 (-1%)	8 (6%)			
Oppervlakkige afstroming		-1 (-1%)	-9 (-8%)			

¹Het jaar 2018 loopt tot en met 10 september.

In de scenario's ET5% en ET10% zien we dat in gedurende het hele jaar de toename van actuele verdamping de toename in potentiële verdamping volgt. In de zomerperiode en in de winter van 2017 is de toename minder dan de toename in potentiële verdamping. Een verklaring hiervoor is dat er minder vocht beschikbaar is in de zomermaanden (en wellicht het vroege najaar) en verdamping en transpiratie niet optimaal plaatsvinden.

In de scenario's ET5% en ET10% zien we afnames in zowel de afvoer, drainage als de oppervlakkige afstroming. De toename in actuele verdamping zorgt ervoor dat de overige waterbalanscomponenten afnemen, omdat er meer aan het bodem-water systeem wordt onttrokken of dat de grondwateraanvulling vermindert is.

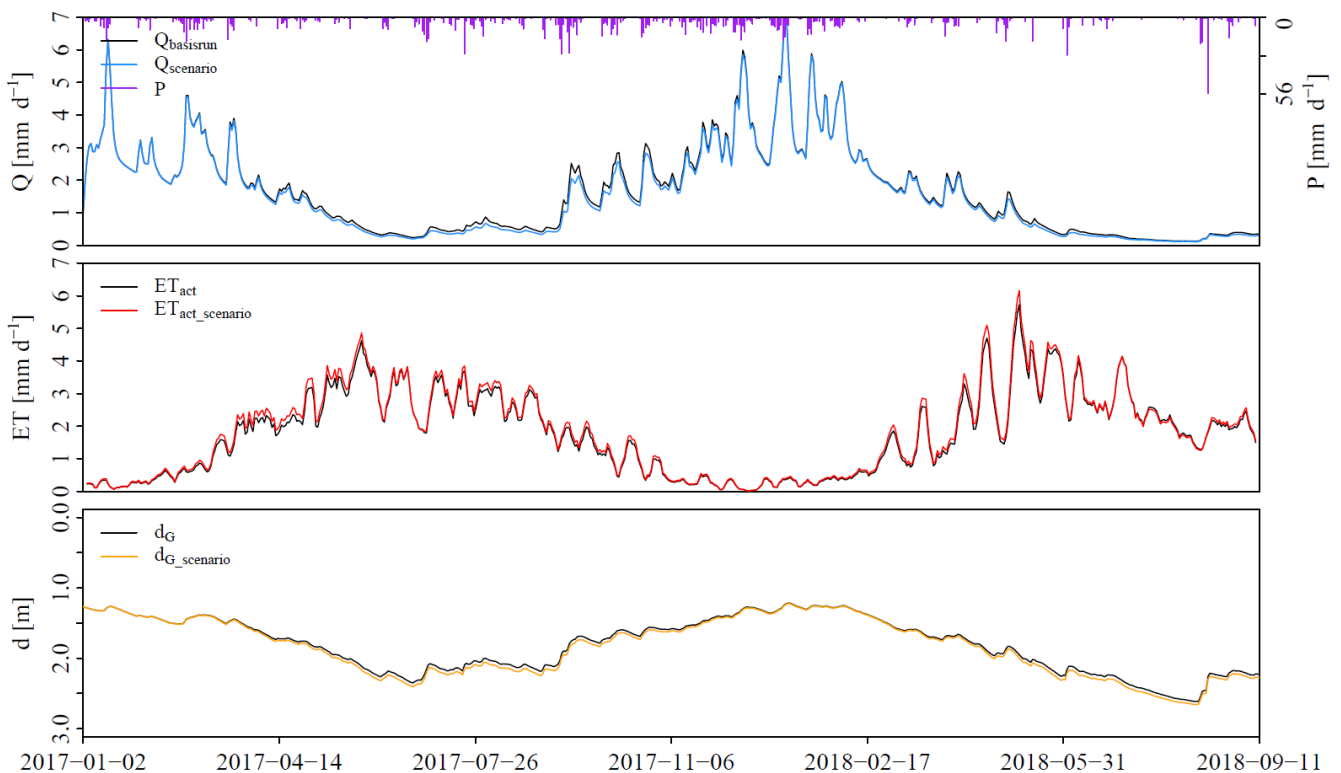
Het scenario theta_s44 geeft een afname in de actuele verdamping. Opvallend zijn de grote stijgingen in de afvoer via drainage en de afname in de afvoer via oppervlakkige afstroming. Blijkbaar levert de hoge porositeit in dit scenario een hoger infiltrerend vermogen, waardoor minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt, water relatief makkelijk in drains terecht komt en als gevolg daarvan ook de actuele verdamping afneemt. Dit heeft mogelijk een positief effect op de waterkwaliteit, doordat er minder uitspoeling optreedt van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen.

De scenario's cQ veranderen voornamelijk het karakter van de afvoersimulaties en hebben daardoor niet tot nauwelijks effect op de waterbalans.

Simulaties afvoer

Verhogen actuele transpiratie

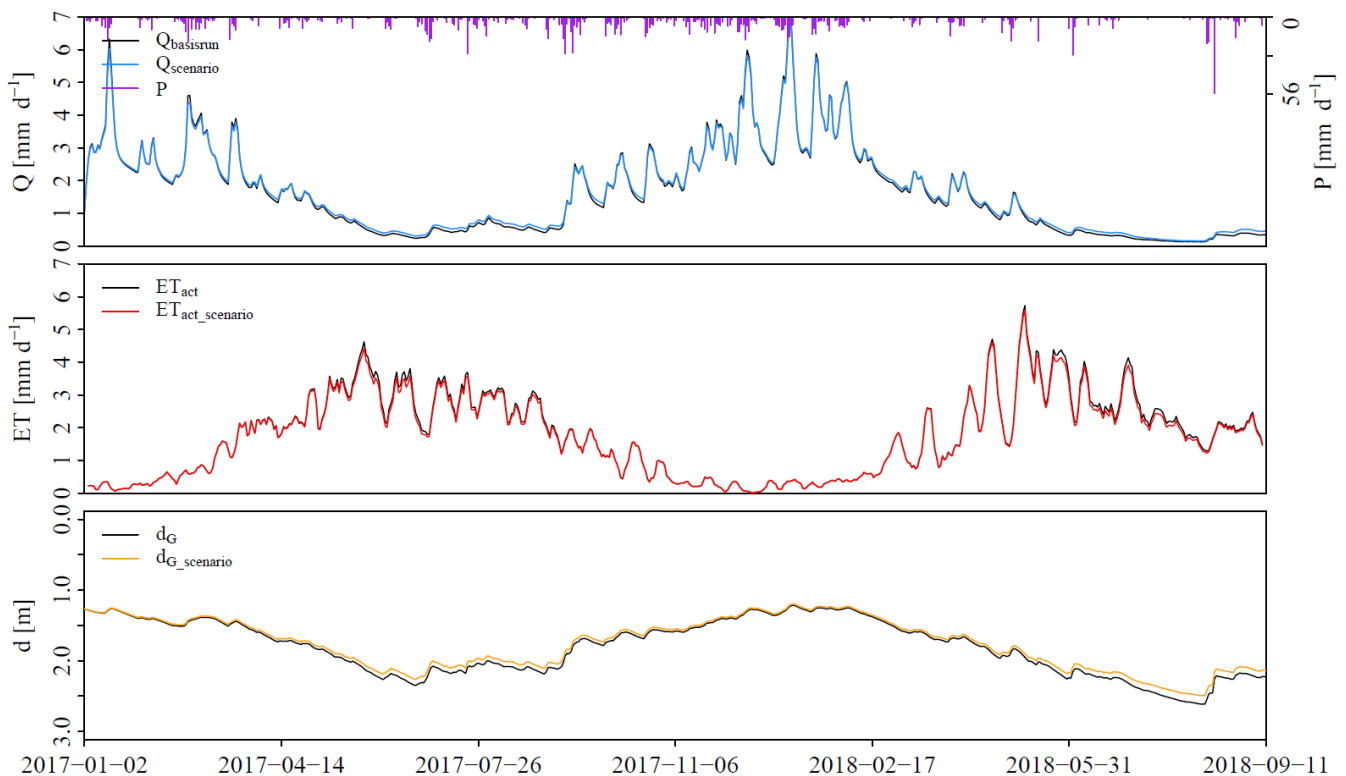
Bij het verhogen van de potentiële verdamping is er een lichte afname te zien in de afvoer. Bij de afvoer wordt er zowel een afname in de piekafvoeren in de zomer als in de basisafvoer waargenomen. De toename in potentiële verdamping zorgt voor een toename in de actuele verdamping. De grondwaterstand neemt af, omdat er minder aanvulling is vanuit de bovenkant van het systeem. Een toename van de actuele verdamping zorgt voor deze afname en dus voornamelijk voor een iets lagere grondwaterstand in de zomerperiode.



Figuur 4.2: Effect verhoging van de invoerparameter potentiële verdamping met 10%. De basisrun is geplot als zwarte lijn.

Verhogen berging

In figuur 4.3 is te zien dat over de gehele simulatieperiode de basisafvoer iets toeneemt door het verhogen van het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging. De hoogte van de pieken verandert echter niet in dit scenario. In tegenstelling tot de waterbalans (tabel 4.2 t/m 4.5) zien we wel een effect van de maatregel in de grafiek voor de kortere periodes. Er vindt minder oppervlakkige afstroming plaats en meer afvoer via de bodem (drainage). Op deze wijze vindt er meer vertraagd afvoeren plaats, wat terug te zien is in een hogere basisafvoer. Het effect van het verhogen van het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging is ook terug te zien in een hogere grondwaterstand (d_G) en dus in meer berging.

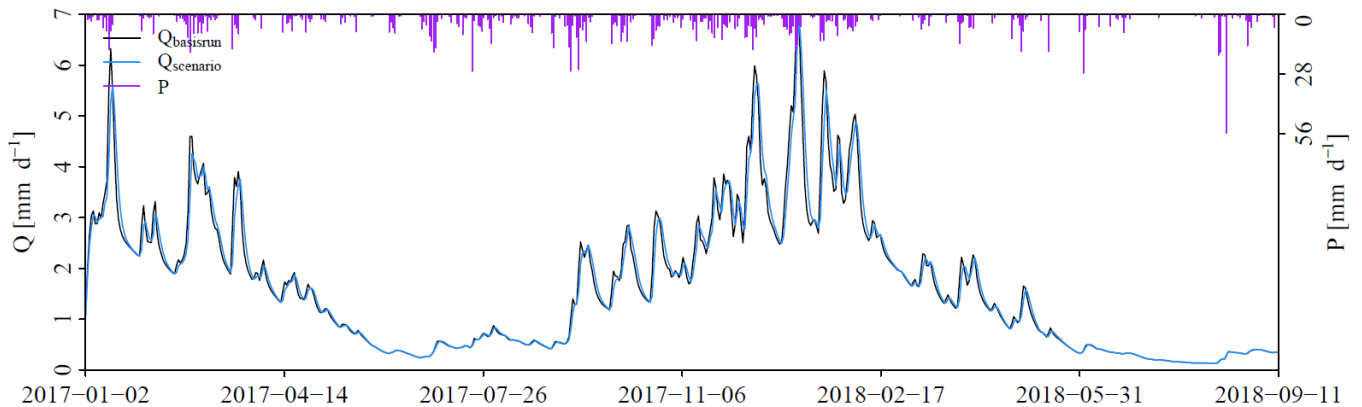


Figuur 4.3: Effect verhoging van de parameter θ_s naar $0,44 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. De basisrun is geplot als zwarte lijn.



Verschuiving van snelle naar langzame stroomroutes

Bij dit scenario wordt de parameter cQ verhoogt om hiermee het karakter in de stroomroutes aan te passen (minder pieken door verschuiving van oppervlakkige afstroming naar infiltratie en afvoer via de bodem). Alleen bij een aanzienlijke verhoging van cQ van 1 naar 30 uur wordt er lichte afname waargenomen in de afvoerpieken. Dit leidt echter niet tot een hogere basisafvoer. Wel zakken de afvoerpieken in het scenario langzamer uit dan in de basisrun. Verder is een lichte afname in de oppervlakkige afstroming waargenomen in voornamelijk het $cQ30$ scenario. In de scenario's $cQ2$ en $cQ5$ zien we niet tot nauwelijks effecten optreden.



Figuur 4.4: Effect verhoging van de parameter cQ naar 30 uur. De basisrun is geplot als een zwarte lijn.



5 Conclusies

WALRUS is gebruikt als instrument om de hydrologische impact van potentiële maatregelen op stroomgebiedsschaal te kwantificeren. Het opzetten van het WALRUS model is gebaseerd op de conclusies uit de SWAP simulaties. Er zal voorzichtig omgegaan moeten worden met het vergelijken van de resultaten van de modelsimulaties met de realiteit, omdat niet alle processen en parameters nauwkeurig meegenomen kunnen worden.

Uit de vergelijking met gemeten debieten blijkt dat de timing van afvoerpieken redelijk goed gesimuleerd kan worden, maar dat de hoogte van de piekafvoeren minder goed gesimuleerd kan worden. Met name in de zomer worden enkele afvoerpieken gemist in de simulaties. De afvoer blijkt in deze periode lastig te simuleren, omdat de externe fluxen (kwel, inlaat Jonkersvaart en aanvoer vanuit de RWZI en AWZI) lastig te kwantificeren zijn, maar wel een relatief grote invloed hebben. De vergelijking met gemeten debieten is niet onomstreden, door de lage kwaliteit van de meetdata (met name in 2018). Omdat er echter voornamelijk een beoordeling is gemaakt op basis van relatieve verschillen van de scenario's ten opzichte van de basisrun, zullen de uiteindelijke waargenomen resultaten betrouwbaar zijn voor het doel van dit onderzoek.

De maatregel die het meeste effect sorteert in zowel een verlaging van de afvoerpieken als het verhogen van de basisafvoer van het Dwarsdiep is het scenario theta_s44 (verhogen van het bodemvochtgehalte bij volledige verzadiging, oftewel de porositeit van de bodem; een scenario dat een betere bodemstructuur simuleert). Opvallend bij deze maatregel is de verschuiving naar afvoer via langzame stroomroutes (drainage via de bodem), waardoor er minder afvoer via oppervlakkige afstroming plaatsvindt. Blijkbaar levert de hoge porositeit die door dit scenario wordt gesimuleerd een hoger infiltrerend vermogen op, waardoor minder oppervlakkige afstroming plaatsvindt en water relatief makkelijk in de diepere bodem terecht komt. Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit, doordat er mogelijk minder directe afspoeling optreedt van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en transportroutes meer via de bodem plaatsvinden waar opname, binding en afbraak van stoffen kan plaatsvinden. Echter, de actuele verdamping neemt af, wat kan inhouden dat er een lichte droogtestress kan optreden.

De scenario's ET5 en ET10 (verhoging van de actuele verdamping) sorteren in een afname van de afvoer in de zomerperiode. De toename in actuele verdamping zorgt ervoor dat de overige waterbalanscomponenten afnemen, omdat er minder vocht beschikbaar is. Dit is terug te zien in lagere afvoerpieken en een lagere basisafvoer in de zomerperiode. Maatregelen waarbij gewassen meer water gaan verbruiken, kunnen dus nadelig zijn op de basisafvoer van de beek in de zomer. Een vermindering van de basisafvoer kan oplopen tot ca. 10% in de zomerperiode.

De cQ scenario's sorteren nauwelijks effect op het karakter van de afvoersimulaties. Alleen bij een flinke verhoging van de parameter cQ wordt een lichte afname van de afvoerpieken waargenomen en zakken de afvoerpieken langzamer uit. Ook wordt er een lichte afname waargenomen van de oppervlakkige afstroming.



Projectnaam Topsoil Dwarsdiep
Kenmerk R02-77286-SBU
Datum 20 november 2019



6 Literatuur

Brauer, C.C., Teuling, A.J., Torfs, P.J.J.F. en Uijlenhoet, R., 2014. The Wageningen Lowland Runoff Simulator (WALRUS): a lumped rainfall-runoff model for catchments with shallow groundwater. *Geoscientific Model Development*, 7, 2213-2332.

Bol, D.C.C., 2016. WALRUS hydrologische analyse van het Dwarsdiep, Groningen.

Brauer, C.C., Torfs, P.J.J.F., Teuling, A.J. en Uijlenhoet, R., 2015. The Wageningen Lowland Runoff Simulator WALRUS 1.10, User Manual.

Terwisscha van Scheltinga Water en Hunzebreed, 2016 (eindconcept). Mogelijkheden voor waterconservering Dwarsdiep.



Bijlage 4

Fotorapportage 2016 – 2019





Hooiweg Lucaswolde – augustus 2018



Hooiweg Lucaswolde – september 2019



Marumerlage – oktober 2016



Marumerlage – augustus 2018



Kolonieweg 24 Opende – augustus 2017



Kolonieweg 24 Opende – augustus 2018





Bijlage 5

Instructies gebruik Waterwijzer Landbouw





Waterwijzer Landbouw

De Waterwijzer Landbouw is een instrument voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities op gewasopbrengsten. Deze veranderingen kunnen worden veroorzaakt door waterbeheer, herinrichtingsprojecten, (drink)waterwinningen, maar ook door het klimaat. Met Waterwijzer Landbouw kunt u zelf een inschatting van het effect van waterhuishoudkundige maatregelen op landbouwkundige opbrengsten krijgen. Het effect wordt weergegeven als opbrengstvermindering door droogteschade, natschade en zoutschade.

De Waterwijzer Landbouw is afgeleid van het detailmodel SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant), waarmee ook de effectenstudie van maatregelen voor de studie TOPSOIL-Dwarsdiep zijn uitgevoerd. Dezelfde inputgegevens voor bodem en weer als in het detailmodel kunnen worden gebruikt in de Waterwijzer Landbouw. De output bestaat uit een overzichtelijke grafiek met opbrengstvermindering in percentage, gesplitst naar droogte, zuurstof (nat) en indirecte (door beperking in weidegang, bereikbaarheid, verkorting groeiseizoen) schades.

De Waterwijzer Landbouw houdt alleen rekening met hydrologische effecten in de zin van droogte, zuurstofstress en zoutschade. Hierbij houden we dus geen rekening met de beschikbaarheid van nutriënten terwijl dit in de landbouw-praktijk natuurlijk veel invloed heeft. Zoutschade speelt alleen in rol in kuststreken of bij gebruik van irrigatie of beregening.

Zelf maatregelen beoordelen

Zelf kennismaken met de Waterwijzer Landbouw tool en zien hoe opbrengstvermindering afhangt van verschillende omgevingsfactoren kan via de interactieve online versie op: <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/tool.html>. Zie het voorbeeld in de figuur op de volgende pagina.

Hieronder worden de kenmerken besproken die kunnen worden ingevuld in Waterwijzer Landbouw en welke opties gebruikt kunnen worden om de berekening op maat te maken voor uw percelen in het Dwarsdiep:

Gewas: keuze uit vele gewassen en meerdere een vijftal varianten voor graslandmanagement, variërende van alleen maaien tot alleen beweiding. Hier kunt u dus de bedrijfsvoering kiezen welke het dichtst bij uw aanpak komt.

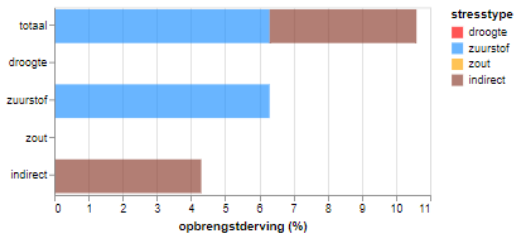
Klimaat: zowel het huidige als een toekomstig klimaat (volgens KNMI, <http://www.klimaatscenario.nl/>) kunnen worden gesimuleerd. Hiermee kan het effect van klimaatverandering (volgens scenario W^H 2050 van het KNMI) worden bekeken op de opbrengstderiving (door bijvoorbeeld droogtestress) en kan worden bekeken welke aanpassingen (bijvoorbeeld in de bedrijfsvoering of in de grondwaterstand) effect hebben.

Weerstation: er kan uit 5 weerstations gekozen worden. Het KNMI station Eelde ligt het dichtst bij het Dwarsdiep.



Opbrengstderving

Waterwijzer Landbouw maakt het mogelijk om de opbrengstderving te voorspellen als functie van gewastype, klimaat, weer, bodem, en hydrologische omstandigheden.



Selecteer via onderstaande tabbladen de gewenste instellingen. Je ziet dan direct de voorspelde opbrengstderving in de figuur.

Gewas	gras (beweiding)
Klimaat	Huidig
Weerstation	Eelde (280)
Bodem	(304) Zwak lemige (podzol-)gronden
GHG	30 cm-mv
GLG	110 cm-mv
Zoutconcentratie	n.v.t.

Gewas **Klimaat** Weerstation Bodem Grondwater Berekening

Binnen Waterwijzer Landbouw zijn de volgende hoofdgroepen gewassen onderscheiden:

- veeteelt (gras met verschillende mairegimes)
- mais
- akkerbouw
- groenteteelt
- bloembollen en
- boomteelt



Daar waar mogelijk is WOFOST gebruikt als gewasgroei-model, in andere gevallen is een eenvoudig gewasgroei-model (onderdeel van SWAP) gebruikt.

Kies hieronder het gewas waarvoor u de opbrengstderving wilt voorspellen.

gras (beweiding)

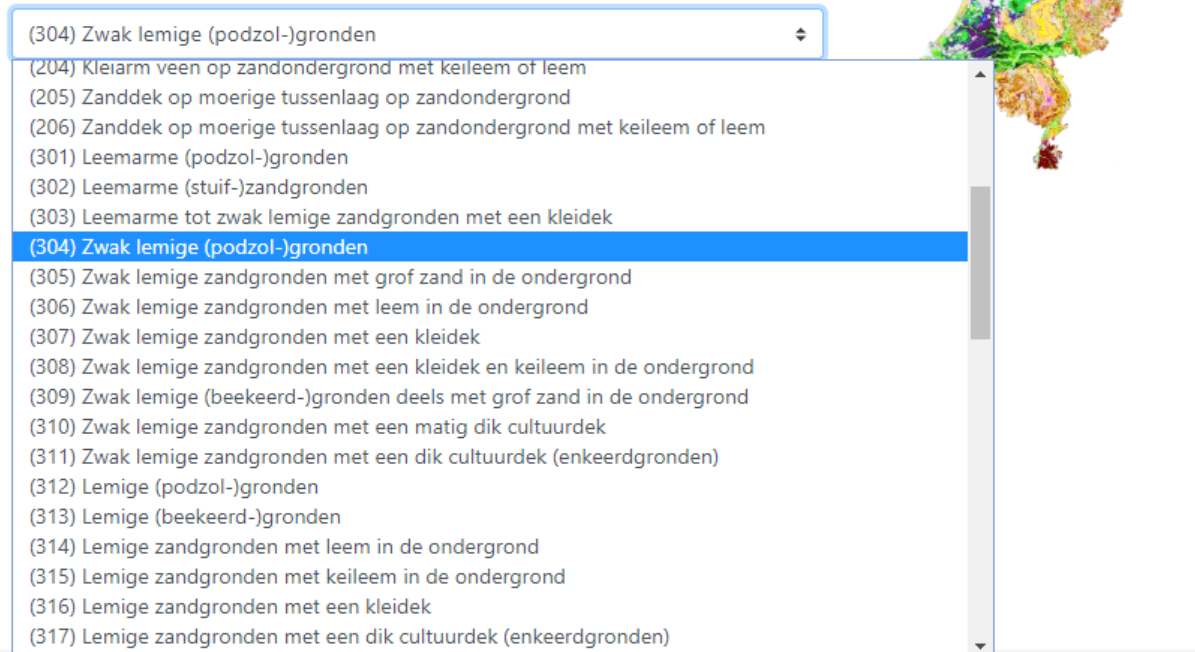
Figuur hierboven: beginscherm Waterwijzer Landbouw (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/tool.html>) met daarin de kenmerken gewas, klimaat, weerstation, bodem, grondwater en berekening (eerste rood kader) en het keuzeveld (in dit geval voor gewas, onderste rode kader).

Bodem: hier kunnen vele verschillende bodemsoorten gekozen worden. In het Dwarsdiep gebied varieert het bodemtype. Voor een groot deel kan uitgegaan worden van een zwak-lemige podzol gronden (nummer 304) of zwak lemige zandgronden met (kei)leem in de ondergrond (nummer 306), met name op de hoger gelegen delen. Voor de lager gelegen delen (basismodel 2, SWAP) kan worden uitgegaan van zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond (205).



De bodem bepaalt hoeveel vocht er kan worden vastgehouden en hoeveel grondwater kan worden nageleverd.

Selecteer een bodem waarvoor u wilt rekenen.



(304) Zwak lemige (podzol-)gronden

(204) Kleiarm veen op zandondergrond met keileem of leem

(205) Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond

(206) Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond met keileem of leem

(301) Leemarme (podzol-)gronden

(302) Leemarme (stuif-)zandgronden

(303) Leemarme tot zwak lemige zandgronden met een kleidek

(304) Zwak lemige (podzol-)gronden

(305) Zwak lemige zandgronden met grof zand in de ondergrond

(306) Zwak lemige zandgronden met leem in de ondergrond

(307) Zwak lemige zandgronden met een kleidek

(308) Zwak lemige zandgronden met een kleidek en keileem in de ondergrond

(309) Zwak lemige (beekeerd-)gronden deels met grof zand in de ondergrond

(310) Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek

(311) Zwak lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)

(312) Lemige (podzol-)gronden

(313) Lemige (beekeerd-)gronden

(314) Lemige zandgronden met leem in de ondergrond

(315) Lemige zandgronden met keileem in de ondergrond

(316) Lemige zandgronden met een kleidek

(317) Lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)

Figuur hierboven: voorbeeld keuzeveld voor het kenmerk bodem.

Grondwater: de grondwaterstanden kunnen worden ingevuld aan de hand van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG: grofweg aan het eind van de winter) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG: aan het eind van de zomer). In het lage deel van het Dwarsdiep gebied (polders) zal de dynamiek beperkt zijn (GHG omstreeks 50 cm en GLG omstreeks 120 cm; zie voorbeeld in figuur hieronder). In het hoge deel is juist veel dynamiek te verwachten, onder anderen door storende lagen zoals keileem (GHG omstreeks 50 cm, GLG omstreeks 250 cm).

Aanpassingen

Hierboven zijn de te kiezen opties aangegeven. Voor het beoordelen van het effect van een maatregel kan vervolgens een aanpassing gedaan worden in één of meerdere opties. Het is aan te raden om de aanpassingen één voor één te doen om het effect individueel te kunnen beoordelen.

Aanpassingen waar aan gedacht kan worden zijn:

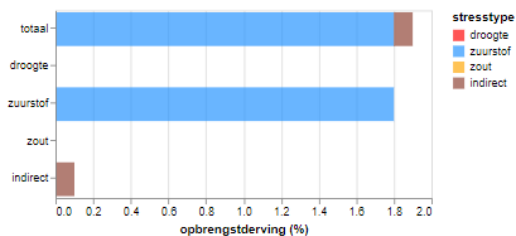
- Aanpassing klimaat om het effect van klimaatverandering op de huidige situatie te beoordelen.
- Aanpassingen van grondwaterstanden door bijvoorbeeld het toepassen van drainage of het verbeteren van de afvoer van kavelsloten. Hierdoor kan de GHG verlaagd worden.
- Aanpassingen in gewaskeuze, en dan met name de wijze van beheer (maaien, weiden of een tussenvorm).



Opbrengstderving

Waterwijzer Landbouw maakt het mogelijk om de opbrengstderving te voorspellen als functie van gewastype, klimaat, weer, bodem, en hydrologische omstandigheden.

Selecteer via onderstaande tabbladen de gewenste instellingen. Je ziet dan direct de voorspelde opbrengstderving in de figuur.



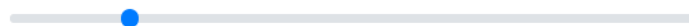
Gewas	gras (maaien)
Klimaat	Huidig
Weerstation	Eelde (280)
Bodem	(205) Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond
GHG	50 cm-mv
GLG	120 cm-mv
Zoutconcentratie	n.v.t.

Gewas Klimaat Weerstation Bodem Grondwater Berekening

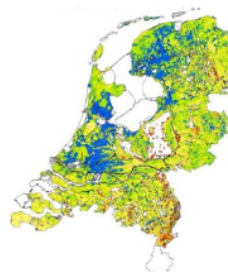
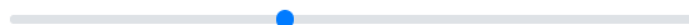
Momenteel wordt aangenomen dat de opbrengstderving enkel een functie is van de hydrologische condities. In deze situatie zijn nutriënten niet limiterend en spelen ziekten en plagen geen rol.

Stel de gewenste grondwaterstandsdynamiek in met onderstaande schuifjes.

GHG: 50 cm-mv



GLG: 120 cm-mv



Figuur hierboven: voorbeeld keuzeveld voor het kenmerk grondwater (onder) en resultaten opbrengstderving in grafiek (linksboven) en samenvatting gekozen instellingen (rechtsboven).

Vragen of hulp?

Indien u vragen heeft over het toepassen van de Waterwijzer Landbouw of over de instellingen die bij een bepaalde maatregelen horen, dan kunt u contact opnemen met Waterschap Noorderzijlvest en verwijzen naar het TOPSOIL-Dwarsdiep project.

Waterwijzer Landbouw is niet ontwikkeld door Waterschap Noorderzijlvest of projectpartners binnen het project TOPSOIL-Dwarsdiep. Deze partijen dragen daarom geen verantwoordelijkheid voor de inhoud.